

# REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES e a resiliência no meio rural e urbano



2ª Edição



## **Organizadores**

Lourenço Magnoni Júnior  
Carlos Machado de Freitas  
Eymar Silva Sampaio Lopes  
Gláucia Rachel Branco Castro  
Humberto Alves Barbosa  
Luciana Resende Londe  
Maria da Graça Mello Magnoni  
Rocicler Sasso Silva  
Tabita Teixeira  
Wellington dos Santos Figueiredo

# **REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES e a resiliência no meio rural e urbano**

2ª Edição

São Paulo  
Centro Paula Souza  
2020

## Expediente:

Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Bauru (AGB/Bauru)

Diretor:

**Elían Alabi Lucci**

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)

Diretor:

**Oswaldo Luiz Leal de Moraes**

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Diretora Superintendente:

**Laura Laganá**

Centro Paula Souza – Escola Técnica Estadual Astor de Mattos Carvalho – Cabrália Paulista – SP

Diretora:

**Gláucia Rachel Branco Castro**

Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde (CEPEDES) – Fundação Oswaldo

Cruz (Fiocruz)

Coordenador:

**Carlos Machado de Freitas**

Escritório das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UNDRR)

Secretariado do Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (Bonn – Alemanha)

Chefe:

**David Stevens**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Diretor:

**Clezio Marcos De Nardin**

Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Coordenador:

**Humberto Alves Barbosa**

Normatização bibliográfica:

Bibliotecária **Rosicler Sasso Silva** (CRB/8-5631)

– Centro Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Lins – SP

Revisão:

**Laurenço Magnoni Júnior** (Centro Paula Souza)

**Maria da Graça Mello Magnoni** (UNESP Bauru)

**Wellington dos Santos Figueiredo** (Centro Paula Souza)

Projeto Gráfico e Diagramação:

**Nilton de Araújo Júnior**

Ilustrações da capa e inserções do miolo:

**Tabita Teixeira**

O conteúdo e opiniões expressas nos artigos são de inteira responsabilidade de seus autores.



Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional. Para ver uma cópia desta licença, visite [https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt\\_BR](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR). Direitos para esta edição foram cedidos pelos autores e organizador. Qualquer parte ou a totalidade do conteúdo desta publicação pode ser reproduzida ou compartilhada. Obra sem fins lucrativos e com distribuição gratuita. O conteúdo dos artigos publicados é de inteira responsabilidade de seus autores, não representando a posição oficial do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.

### Dados para Catalogação

Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano [recurso eletrônico]. / organizado por Laurenço Magnoni Junior, Carlos Machado de Freitas, Eymar Silva Sampaio Lopes, Gláucia Rachel Branco Castro, Humberto Alves Barbosa, Luciana Resende Londe, Maria da Graça Mello Magnoni, Rosicler Sasso Silva, Tabita Teixeira e Wellington dos Santos Figueiredo. – 2. ed. – São Paulo: CPS, 2020. 865 p. : il.

Inclui Bibliografia

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de Acesso: [https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao\\_2ed-2020.pdf](https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao_2ed-2020.pdf)

ISBN: 978-65-87877-12-9

1.Redução do risco de desastre. 2.Resiliência no meio rural e urbano. I.Magnoni Junior, Laurenço. II.Freitas, Carlos Machado de. III.Lopes, Eymar Silva Sampaio. IV. Castro, Gláucia Rachel Branco. V.Barbosa, Humberto Alves. VI.Londe, Luciana Resende. VII.Magnoni, Maria da Graça Mello. VIII.Silva, Rosicler Sasso. IX.Teixeira, Tabita. X.Figueiredo, Wellington dos Santos. XI.Título.

CDD 363.7

Ficha elaborada pela Bibliotecária Rosicler Sasso Silva – CRB/8-5631

ISBN 978-65-87877-12-9



9 786587 877129

## Corpo Editorial:

- Dr<sup>a</sup> **Carla Gracioto Panzeri** (Pesquisadora do CEMADEN – São José dos Campos – SP)  
Dr. **Carlos Machado de Freitas** (Pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz - Rio de Janeiro – RJ)  
Dr. **Cláudio Artur Mungói** (Faculdade de Letras e Ciências Sociais da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo – Moçambique)  
Dr<sup>a</sup> **Débora Olivato** (Pesquisadora do CEMADEN – São José dos Campos – SP)  
Dr. **Diamantino Pereira** (Professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP – São Paulo – SP)  
Dr. **Eduardo Soares Macedo** (Pesquisador IPT – São Paulo – SP)  
Dr. **Eronildo Braga Bezerra** (Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM – Manaus – AM)  
Dr. **Eymar Silva Sampaio Lopes** (Pesquisador INPE – São José dos Campos – SP)  
Dr. **Fábio Betioli Contel** (Professor do Departamento de Geografia da USP – São Paulo – SP)  
Dr. **Humberto Alves Barbosa** (Representante da EUMETSAT no Brasil e pesquisador do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS) da UFAL – Maceió – AL)  
Dr. **José Luiz Zezere** (Pesquisador do Centro de Estudos Geográficos, IGOT da Universidade de Lisboa – Portugal)  
Dr. **João Carlos Cury Saad** (Professor da Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus de Botucatu – UNESP)  
Dr. **Joseph Dean Straubhaar** (Professor de Comunicação – University of Texas – Austin Texas/USA)  
Dr. **José Misael Ferreira do Vale** (Departamento de Educação UNESP – Bauru – SP)  
Dr. **José Mauro Palhares** (Departamento de Geografia UFAP – Oiapoque – AP)  
Dr. **Jurandyr Luciano Sanches Ross** (Professor do Departamento de Geografia da USP – São Paulo – SP)  
Dr. **Ladislau Martin Neto** (Pesquisador da Embrapa Instrumentação – São Carlos – SP)  
Dr. **Luciano Lourenço** (Departamento de Geografia da Faculdade de Letras – Universidade de Coimbra – Portugal)  
Dr. **Lucivânio Jatobá** (Departamento de Geografia da UFPE – Recife – PE)  
Dr. **Marcos David Ferreira** (Pesquisador da Embrapa Instrumentação – São Carlos – SP)  
Dr<sup>a</sup> **María Laura Silveira** (Professora do Instituto de Geografia da Universidade de Buenos Aires – Argentina)  
Dr. **Oswaldo Massambani** (Professor IAG/USP – São Paulo – SP)  
Dr<sup>a</sup> **Rachel Trajber** (Pesquisadora do CEMADEN – São José dos Campos – SP)  
Dr. **Ruy Moreira** (Departamento de Geografia UFF – Niterói – RJ)  
Dr. **Sergio Luiz Dias Portella** (Pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro – RJ)  
Dr<sup>a</sup> **Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá** (Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária – Campinas – SP)  
Dr<sup>a</sup> **Vera Lúcia Monteiro** (Professora da Fatec (Centro Paula Souza) de São José dos Campos – SP)  
Dr. **Wilson Tadeu Lopes da Silva** (Pesquisador da Embrapa Instrumentação – São Carlos – SP)

## Instituições Parceiras:

- Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Bauru (AGB/Bauru)  
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)  
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza:  
Escola Técnica Estadual Astor de Mattos Carvalho – Cabralia Paulista – SP  
Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde (CEPEDES) – Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

## Apoio:

Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Bauru – SP



Departamento de Física da Universidade de Aveiro – Portugal



Escritório das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UNDRR)



Embrapa Instrumentação Agropecuária – São Carlos – SP



Organização Europeia para a Exploração de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT)



Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC/ONU)



# SUMÁRIO

<b>Campanha #aprenderparaprevenir: inspirações para reduzir riscos de desastres</b> .....	<b>10</b>
Carla Gracioto Panzeri • Patrícia Mie Matsuo • Rachel Trajber • Débora Olivato • Maria Francisca A. Velloso • Anderson Mululo Sato • Rejane Lucena • Milene Soares Barbosa • Anderson Guerra Pinheiro	
<b>Dimensões da vulnerabilidade de populações expostas a inundação: apontamentos da literatura</b> ..	<b>27</b>
Simone Santos Oliveira • Sergio Luiz Dias Portella • Michele Nacif Antunes • José Luiz Zezere	
<b>Redução de risco de desastre por seca – implementando o Marco de Sendai no semiárido brasileiro</b> .....	<b>45</b>
Aderita Ricarda Martins de Sena • Tais de Moura Ariza Alpino • Carlos Machado de Freitas	
<b>Saúde, vulnerabilidade e desastres em ambientes rurais e urbanos de Santa Catarina</b> .....	<b>61</b>
Luciana Resende Londe • Rafael Brito Silveira • Daniel Pires Bitencourt • Lindberg Junior • Juliana Ramalho Barros	
<b>Prevenir e antecipar para não remediar: o ensino de Geografia, a redução do risco de desastres e a resiliência no mundo globalizado</b> .....	<b>76</b>
Lourenço Magnoni Júnior • Maria da Graça Mello Magnoni	
<b>Onde os desastres se escondem? Das crises compósitas aos horizontes de incertezas</b> .....	<b>101</b>
Norma Valencio	
<b>Tecnologia para captação e armazenamento de água da chuva, baseada em estruturas funcionais de cactáceas do semiárido brasileiro</b> .....	<b>120</b>
Wedscley Oliveira de Melo • Itamar Ferreira da Silva • Catarina de Oliveira Buriti • Humberto Alves Barbosa	
<b>Resiliência urbana e bem-estar no Brasil: reflexões a partir dos objetivos do desenvolvimento sustentável</b>	<b>132</b>
César Marques	
<b>Understanding risks associated with the São Francisco inter-basin water transfer in the semiarid region of Brazil</b> .....	<b>146</b>
Flavio Lopes Ribeiro	
<b>Vulnerabilidade agrária-socioambiental em São Paulo</b> .....	<b>162</b>
Antoniane Arantes de Oliveira Roque • Jansle Vieira Rocha • Sonia Regina da Cal Seixas • Alexandre Betinardi Strapasson • Paulo Henrique Interliche	
<b>Práticas agroecológicas para enfrentar riscos na agropecuária do semiárido brasileiro</b> ....	<b>200</b>
Alineaurea Florentino Silva	
<b>Base de dados geoespaciais no apoio à gestão participativa de riscos de desastres: o caso da bacia hidrográfica do Córrego D`Antas - Nova Friburgo - RJ</b> .....	<b>223</b>
Flavio Souza Brasil Nunes • Leonardo Esteves de Freitas	
<b>Efeitos do ambiente térmico no conforto e desempenho: um estudo empírico numa escola secundária</b>	<b>246</b>
Mário Talaia	
<b>O modo de produção da sociedade atual e a questão dos resíduos sólidos</b> .....	<b>258</b>
José Misael Ferreira do Vale	
<b>Avaliação da resiliência municipal nos setores da saúde e educação como instrumento de auxílio para redução de riscos e desastres</b> .....	<b>265</b>
Lidiane dos Santos Lima • Isadora Vida de Mefano e Silva	

<b>Monitoramento do desastre por derramamento de óleo no litoral brasileiro, a partir do satélite Sentinel-1A</b>	<b>290</b>
Catarina de Oliveira Buriti • Humberto Alves Barbosa	
<b>Geotecnologias e informações de risco socioambiental em sites e em aplicativos de celular .....</b>	<b>300</b>
Christian Nunes da Silva	
<b>Riscos costeiros e mitigação em setores urbanizados do litoral do Estado do Ceará, nordeste do Brasil</b>	<b>313</b>
Vanda de Claudino-Sales • Fabio Perdigão Vasconcelos • Adely Pereira Silveira	
<b>Desastres tecnológicos em barramentos de rejeitos de mineração: impactos, danos e perspectivas de gestão de risco .....</b>	<b>326</b>
Mariano Andrade da Silva • Carlos Machado de Freitas	
<b>Ciclovias, políticas públicas e desastres: estudo de caso para São José dos Campos - SP .....</b>	<b>359</b>
Luciana Resende Londe • Lívia Rodrigues Tomás	
<b>Geotecnologias aplicadas a análise espaço-temporal das queimadas e incêndios em escala estadual: conhecer para prevenir .....</b>	<b>372</b>
André Luiz Nascentes Coelho • Ana Christina Wigner Gímenes • Antônio Celso de Oliveira Goulart	
<b>A geotecnologia no monitoramento, alerta e prevenção de desastres os desastres naturais e tecnológicos no cenário brasileiro e estudos de caso do emprego de geotecnologias como subsídio a sua mitigação .....</b>	<b>390</b>
Claudia Vanessa dos Santos Corrêa	
<b>Mapeamento e análise de áreas degradadas no semiárido alagoano por meio de sensoriamento remoto</b>	<b>418</b>
Luiz Eduardo dos Santos Costa • Leandro Rodrigo Macedo da Silva • Humberto Alves Barbosa • Tatiana Vanessa dos Santos • Edson Matias dos Santos • Anselmo Manoel dos Santos	
<b>Aplicação de Q-Methodology no processo de envolvimento de entidades municipais na prevenção e gestão de desastres ao nível intermunicipal .....</b>	<b>433</b>
Pedro Pinto Santos • Alexandre Oliveira Tavares	
<b>Panorama dos riscos costeiros no Estado do Amapá: conhecer para agir .....</b>	<b>454</b>
Orleno Marques da Silva Junior • Leonardo Sousa dos Santos • Marcus Roberto Cascaes Rodrigues	
<b>O papel dos solos na avaliação de perigo e risco de desastres .....</b>	<b>473</b>
Ana Christina Wigner Gímenes • Antonio Celso de Oliveira Goulart • André Luiz Nascentes Coelho	
<b>Prevenir e enfrentar: um estudo sociológico sobre o cumprimento dos preceitos da campanha 'cidades resilientes a desastres' no Município de Araraquara-SP .....</b>	<b>489</b>
Henrique Almeida Forini • Victor Marchezini	
<b>Análise de vulnerabilidade ao incêndio em núcleos urbanos antigos os centros históricos brasileiros e a Metodologia ARICA Simplificada .....</b>	<b>505</b>
Julio Tozo Neto • Tiago Miguel Ferreira • Marcelo Bevilacqua Remor	
<b>O impacto das inundações na bacia hidrográfica urbana do córrego Ipiranga, São Paulo/SP ....</b>	<b>523</b>
Rosângela do Amaral • Jurandyr Luciano Sanches Ross • Aline Rodrigues dos Santos	
<b>Jovens na composição de diálogos cartografados sobre prevenção de desastres .....</b>	<b>537</b>
Débora Olivato • Liana Oighenstein Anderson • Patrícia Mie Matsuo • Ulisses Denache Vieira Souza • Victor Marchezini • Rachel Trajber	
<b>A importância das comunicações e o papel das tecnologias da informação na Gestão de Riscos de Desastres</b>	<b>550</b>
Vera Lúcia Monteiro • Roque Antônio de Moura	
<b>Uso da bacia-escola na redução do risco de desastres: uma abordagem socio-hidrológica</b>	<b>560</b>
Masato Kobiyama • Franciele Maria Vanelli • Hannah Uruga Oliveira • Sofia Melo Vasconcellos • Karla Campagnolo • Mariana Madruga de Brito • Luana Lavagnoli Moreira	
<b>Potencialidades do uso do biochar para melhoria dos atributos edáficos .....</b>	<b>584</b>
Igor Polla Marcelino • Arcangelo Loss • Marcio Antonio Nogueira Andrade	

<b>Ciência e sociedade: buscando caminhos para a educação ambiental em tempos de comunicação digital</b>	<b>602</b>
Tabita Teixeira • Fernanda da Rocha Brando	
<b>Google Earth como recurso midiático no ensino de geografia: estudo de caso das paisagens e dos impactos ambientais existentes nos domínios morfoclimáticos do território brasileiro</b>	<b>616</b>
Luis Fernando Chimelo Ruiz • Pâmela Caroline Barros Fernandes • Laurindo Antonio Guasselli	
<b>Mapa de múltiplas ameaças: um sobreaviso a população amazônica</b>	<b>626</b>
Leonardo Sousa dos Santos • Orleno Marques da Silva Junior • Marco Aurélio Nunes da Rocha	
<b>Análise dialético-materialista de evento extremo de precipitação</b>	<b>642</b>
Lucivânio Jatobá	
<b>Contribuição do conhecimento geográfico para a Redução do Risco de Desastres (RRD): conhecimentos, experiências e ações</b>	<b>659</b>
Carla Juscélia de Oliveira Souza	
<b>Município + resiliente em afogamento: uma nova estratégia</b>	<b>679</b>
Antonio Schinda • David Szpilman • Jonatas Barrionuevo Theodoro • Ricardo Doum Fornalski Tavares • Claudenir de Jesus Celestino	
<b>Eventos climáticos extremos e o bioma caatinga</b>	<b>688</b>
Lidiane Costa • Paloma Angelina Simões • Ana Paula Martins do Amaral Cunha • Valesca Fernandes • Javier Tomasella	
<b>Análise das características das nuvens convectivas geradoras e não geradoras de descargas elétricas atmosféricas no estado de Alagoas</b>	<b>705</b>
Edson Matias dos Santos • Humberto Alves Barbosa • Leandro Rodrigo Macedo da Silva • Luana dos Santos Ferreira	
<b>Formação e destruição de dunas suscita risco para zona costeira urbana. Uma abordagem de conflito</b>	<b>729</b>
Mário Talaia	
<b>O ensino da geografia pautado nas relações entre a sociedade e a natureza: reflexões sobre crise socioambiental e desastres naturais</b>	<b>744</b>
Susana Marilu Mainini Sakamoto • Lourenço Magnoni Junior	
<b>Materiais educacionais para incentivo à percepção de desastres naturais</b>	<b>753</b>
Rosângela do Amaral • Jair Santoro • Sandra Moni	
<b>Manejo da zona ripária para redução de risco de desastres no ambiente montanhoso</b>	<b>764</b>
Masato Kobiyama • Karla Campagnolo • Danrlei de Menezes • Maurício Andrades Paixão	
<b>Evolução temporal da atuação enos sobre elementos climáticos no norte do estado do Paraná e a influência sobre evento extremo na bacia do ribeirão Cafezal em janeiro de 2016</b>	<b>795</b>
Maurício Moreira dos Santos • Maria José Sartor • Ângela Cristina Alves de Melo	
<b>A educação ambiental e seu papel na compreensão do espaço geográfico para a redução do risco de desastres</b>	<b>812</b>
Matheus Stangherlin • Lourenço Magnoni Junior	
<b>Os processos de regularização fundiária e as áreas de risco de escorregamento</b>	<b>830</b>
Eduardo Soares de Macedo • Alessandra Cristina Corsi • Marcela Penha Pereira Guimarães • Marcelo Fischer Gramani	
<b>Infraestrutura verde: alternativa para a criação de cidades resilientes e sustentáveis</b>	<b>841</b>
Maria Lucia Solera • Aline Ribeiro Machado • Caroline Almeida Souza • Giuliana Del Nero Velasco • Mariana Hortelani Carneseca Longo • Priscila Ikematsu • Raquel Dias de Aguiar Moraes Amaral	
<b>Geografia, globalização e desastres naturais</b>	<b>855</b>
Elian Alabi Lucci • Saulo Roberto de Oliveira Vital	

# PREFÁCIO

Este E-Book nos oferece um importante conjunto de capítulos sobre a Redução do Risco de Desastres e a Resiliência no Meio Rural e Urbano, os quais foram preparados por pesquisadores de várias instituições de ciência e tecnologia localizadas em diferentes regiões de nosso País e do exterior, os quais revelam um significativo avanço no conhecimento sobre esse tema, ao mesmo tempo que compartilham um amplo espectro de recomendações sobre o que fazer para reduzir os riscos de desastres e para fortalecer a resiliência nos ambientes urbanos e rurais.

É notório que os desastres são uma ameaça crescente ao desenvolvimento socioeconômico sustentável e há evidências de que os riscos de desastres estão aumentando a uma taxa que ultrapassa significativamente o progresso que se vem alcançando na construção da resiliência. Nesse sentido, a redução do risco de desastres é, portanto, uma estratégia sistemática que deve estar sendo permanentemente aprimorada com o objetivo de identificar, avaliar e reduzir as vulnerabilidades socioeconômicas.

O aumento implacável nas perdas por desastres - de vidas e de bens, continuará provavelmente como resultado predominante de fatores que incluem o crescimento urbano não planejado, a má gestão de recursos naturais e as alterações meteorológicas associadas às mudanças climáticas.

Se não houver um relevante avanço global nas negociações sobre o clima, a expectativa é de que a temperatura média de nosso Planeta Terra irá provavelmente exceder a +2°C ainda antes do fim deste século, o que impactará de forma relevante os ecossistemas globais, agricultura, abastecimento de água, a ampliação dos extremos climáticos e o aumento do nível do mar.

Nesse sentido, é fundamental promover a conscientização e a prática da Agenda 2030 sobre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, que se constituiu num passo muito importante para a conexão entre os temas relacionados ao Desenvolvimento Socioeconômico Sustentável e os temas da agenda de Redução de Riscos de Desastres e a Resiliência no Meio Rural e Urbano.

Assim, recomendo a leitura e a reflexão sobre os conteúdos deste relevante compêndio.

Professor OSWALDO MASSAMBANI  
Físico, Ph.D. pela McGill University e Professor Titular do IAG/USP



# INTRODUÇÃO

O Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres estabeleceu metas ambiciosas as quais incluem redução da mortalidade e minimização das perdas econômicas e de infraestrutura. Entretanto, tão importante quanto tais metas, foi o compromisso assumido pelos países na adoção de estratégias para a redução dos riscos de desastres. O Marco de Sendai possui quatro prioridades: compreender o risco em todas as suas dimensões (vulnerabilidade, capacidade de proteção, exposição; ameaças e meio ambiente); fortalecer a governança nos níveis nacional, regional e global e promover a cooperação; investir na redução do risco para resiliência por meio de medidas estruturais e não estruturais e melhorar a preparação para uma resposta eficaz e para “reconstruir melhor” na recuperação, reabilitação e reconstrução. O Marco de Sendai representou um avanço significativo em relação ao Marco de Hyogo pois, além de propor a adoção de medidas que abordam as três dimensões do risco de desastre desenvolveu uma metodologia poderosa para monitorar e acompanhar os avanços conseguidos.

Alcançar os objetivos de Sendai é um desafio que possui muitos obstáculos. Países em desenvolvimento enfrentam obstáculos em todos os pilares. Deve-se enfatizar que o Brasil, apesar de permanecer priorizando a fase de resposta do ciclo de desastres, adotou uma política de Gestão de Risco que engloba os demais objetivos de maneira adequada. O que resta é a tarefa extremamente urgente de operacionalizar este plano com a definição das tarefas entre os atores que possuem responsabilidades. Esta operacionalização não pode, apenas, focar no diagnóstico das áreas de risco, mas também determinar a atual capacidade administrativa e organizacional, bem como os recursos técnicos e financeiros disponíveis. Como parte do Plano Nacional de Gestão de Riscos, a seleção de prioridades na área de gestão de riscos deve ser feita em conjunto com a definição das principais tarefas e indicadores para atingir os objetivos. Os planos operacionais ainda são inexistentes e, conseqüentemente, aquém de serem estratégicos.

Simultaneamente, a adoção plena do Marco de Sendai exige uma articulação clara entre Ciência e Tecnologia. Os dois devem estar efetivamente ligados, com foco nas necessidades em todos os níveis. As avaliações de risco, a previsão das ameaças e seus potenciais impactos, particularmente a nível local, requerem abordagem multi e transdisciplinar para comunicação imediata usando as tecnologias disponíveis, de uma maneira que a informação seja clara e atenta às prioridades de diferentes grupos e partes interessadas.

Neste sentido o e-book “Redução do Risco de Desastres e a Resiliência no Meio Rural e Urbano”, é uma contribuição significativa, para o avanço das quatro prioridades de Sendai e com orientações objetivas aos tomadores de decisão. Paralelamente abre as portas de novos desafios a serem enfrentados por cientistas e educadores. Finalmente, merece destaque o leque de autores e abrangência de capítulos. Isto é, sem dúvida alguma, o reconhecimento de que um olhar holístico é o caminho para adequado para a construção de uma sociedade resiliente no meio rural e urbano.

OSVALDO LUIZ LEAL DE MORAES

Diretor do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)

## CAMPANHA #APRENDERPARAPREVENIR: INSPIRAÇÕES PARA REDUZIR RISCOS DE DESASTRES

Carla Gracioto Panzeri<sup>1</sup>

Patrícia Mie Matsuo<sup>2</sup>

Rachel Trajber<sup>3</sup>

Débora Olivato<sup>4</sup>

Maria Francisca A. Velloso<sup>5</sup>

Anderson Mululo Sato<sup>6</sup>

Rejane Lucena<sup>7</sup>

Milene Soares Barbosa<sup>8</sup>

Anderson Guerra Pinheiro<sup>9</sup>

### Apresentação

Este capítulo aborda a Campanha #AprenderParaPrevenir enquanto estratégia nacional de mobilização e Educação em Redução de Riscos de Desastres (ERRD) desenvolvida como parte integrante do Programa Cemaden Educação. O texto apresenta projetos realizados por escolas, defesas civis e universidades brasileiras, orientados para a construção de conhecimentos e práticas na prevenção de riscos de desastres com as comunidades escolares. Foram selecionadas algumas iniciativas reconhecidas como referências inspiradoras que podem contribuir para o crescimento desse campo ainda emergente na construção de políticas públicas em ERRD. Na última parte são apresentadas reflexões sobre os desafios, oportunidades e lições aprendidas oriundas da prática pedagógica dos coordenadores e coordenadoras dessas iniciativas para a construção de sociedades sustentáveis e resilientes.

1 Pesquisadora do Programa Cemaden Educação, Bolsista CNPq, Cemaden. E-mail: carla.panzeri@cemaden.gov.br.

2 Doutoranda do Programa Interunidades Ensino de Ciências, Bolsista CNPq, Universidade de São Paulo. E-mail: pati.matsuo@gmail.com.

3 Coordenadora do Programa Cemaden Educação, Bolsista CNPq, Cemaden. E-mail: rachel.trajber@cemaden.gov.br.

4 Pesquisadora do Programa Cemaden Educação, Bolsista CNPq, Cemaden. E-mail: debora.olivato@cemaden.gov.br.

5 Pesquisadora do Programa Cemaden Educação, Bolsista CNPq, Cemaden. E-mail: maria.veloso@cemaden.gov.br.

6 Professor Adjunto, Instituto de Educação de Angra dos Reis, Universidade Federal Fluminense. E-mail: andersonsato@id.uff.br.

7 Doutoranda e pesquisadora pela UFPE, Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies. E-mail: lucenarejane@hotmail.com.

8 Mestre Projetos Educacionais de Ciências. Universidade de São Paulo, USP. E-mail: milene.barbosa@educacao.sp.gov.br.

9 Secretário de Defesa Civil e Ações Voluntárias de Petrópolis/RJ. E-mail: andersonpinheirodc@gmail.com.

#### Agradecimentos:

A todas as escolas, defesas civis e universidades participantes da Campanha #AprenderParaPrevenir e todos parceiros e colaboradores que tornaram a realização da campanha possível: Secretaria de Estado da Educação de São Paulo (SEE-SP), Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil de São Paulo (CEDEC-SP), União dos Dirigentes Municipais de Educação (UNDIME), Conselho Nacional de Secretários de Educação (CONSED), Conselho Nacional de Gestores de Proteção e Defesa Civil (CONGEPEDDEC), Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públicas de Educação Superior Brasileiras (FORPROEX), União Geofísica Americana (AGU), Instituto Geológico, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Rede Clima, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Defesa Civil do Município do Rio de Janeiro, escritora Gianinna Bernardes, Centro Paula Souza (CPS), Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Bauru (AGB/Bauru), Pluvi.On, RedeComCiência, Rock com Ciência, Eureka Brasil, Laboratório de Gestão de Riscos da Universidade Federal do ABC (LabGRIS/UFABC), Universidade Federal de São João del Rei, toda equipe Cemaden e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas.

## Introdução

Campanhas são utilizadas em diversas áreas, especialmente em marketing comercial, para a promoção de vendas. O conceito de campanha, geralmente é apresentado como processo de mobilização para persuadir um grupo específico a adotar determinado comportamento. São utilizadas especificações que diferenciam as propostas, assim, Lacava (2004) usa o termo “campanha de mobilização” e define como sendo:

“[...] um conjunto de ações integradas de grande visibilidade com o intuito de atingir determinado segmento do público e de fazer que certas ideias ou comportamentos sejam adotados, num prazo estabelecido”. Para o autor a campanha pode ter um caráter motivacional, introduzir novas ideias, influenciar políticas públicas, entre outros (LACAVA, 2004, p. 155).

Na área educacional as campanhas ganharam novas dimensões e passaram a ter como objetivo principal esclarecer e mobilizar a respeito de determinado assunto específico. As campanhas educativas são amplamente utilizadas no setor ambiental, tendo como foco a defesa de uma espécie em extinção, a divulgação de selos de produtos orgânicos, a conservação de recursos hídricos, a mitigação às mudanças climáticas, entre outros. Essas iniciativas, frequentemente, têm como objetivo a sensibilização e mudança de atitude frente à causa ambiental de modo geral ou algum aspecto específico, tal como os exemplos citados acima.

Tamaio (2010), ao pesquisar cinco campanhas educativas sobre mudanças climáticas, afirma que:

“[...] tais campanhas possuem uma modalidade de ação que podemos chamar de Educação Ambiental Difusa, ou seja, é disseminada na sociedade sem uma preocupação sobre procedimentos teórico-metodológicos de avaliação elaborados, e conseguem gerar processos de sensibilização e mudanças” (TAMAIIO, 2010, p. 16).

Campanhas também representam uma das estratégias adotadas na criação da cultura de redução e resiliência frente aos desastres socioambientais e às mudanças climáticas. Desde 2000 o Escritório das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastre (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR*) promove campanhas temáticas que visam mobilizar, sensibilizar e educar a sociedade, apoiar a aprendizagem mútua e compartilhar boas práticas. São iniciativas recomendadas no Marco de Ação de Hyogo 2005-2015 e o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030 (UNICEF; UNISDR, 2011; UNISDR, 2015).

Bordenave (1992) afirma que não se deve pensar numa campanha somente como uma “orquestração de meios de comunicação massivos” e sim como processos complexos de intervenção social que combinam eventos de diferentes tipos, tais como reuniões, concursos, contatos pessoais com líderes entre outros, para atingir os efeitos esperados (BORDENAVE, 1992, p. 67). O autor traz a noção de campanha enquanto processo de intervenção social, que pode ocorrer por meio de abordagem difusionista ou relacional. Na primeira, os participantes são considerados “público-alvo” e recebem passivamente as informações; enquanto na última se utiliza mecanismos que promovem a ampliação constante da participação dos grupos envolvidos (BORDENAVE, 1992, p. 69).

Este capítulo apresenta a Campanha #AprenderParaPrevenir, implantada em 2016, enquanto estratégia do Programa Cemaden Educação para a mobilização das

comunidades escolares com foco na Educação em Redução de Riscos de Desastres (ERRD). A Campanha privilegia a abordagem relacional enquanto processo de intervenção social, na qual, as escolas, defesas civis e universidades se tornam as comunicadoras de ações e projetos de ERRD e compartilham seus relatos. Desde seu início, a Campanha tem o objetivo de mapear e dar visibilidade a “quem”, “como” e “onde” estão as propostas e práticas educacionais desenvolvidas pelas e/ou com as comunidades escolares no Brasil.

## 1 O que é a Campanha #AprenderParaPrevenir?

A Campanha #AprenderParaPrevenir, coordenada pelo Programa Cemaden Educação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden/MCTI), difunde no Brasil o Dia Internacional da Redução de Desastres Naturais (13 de outubro) promovido pela Organização das Nações Unidas (ONU).

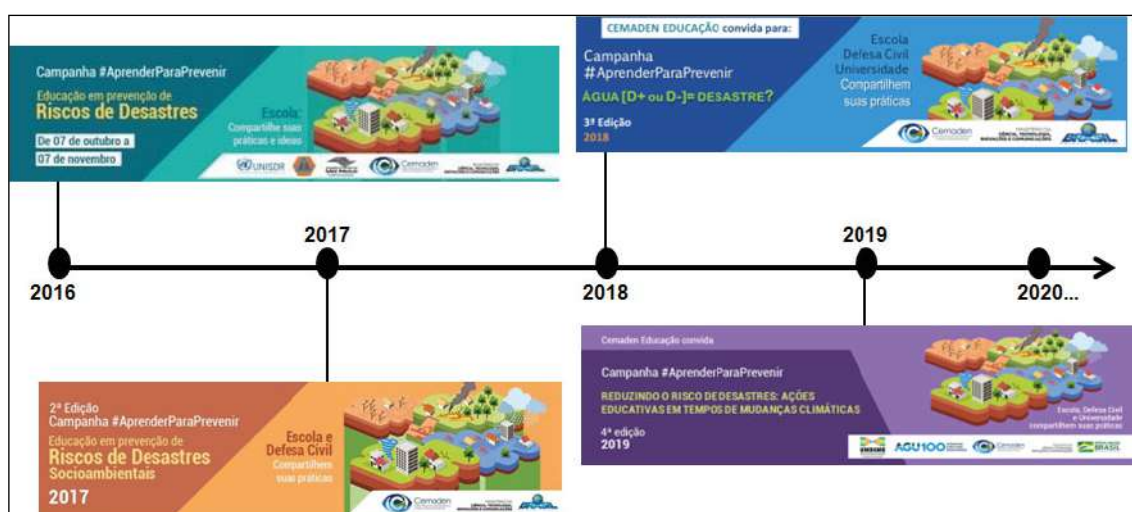
A iniciativa ocorre anualmente, se encontra em sua 5ª edição e em cada uma a campanha adota um tema diferente sempre relacionado a contribuir com a prevenção e redução do risco de desastres. As instituições são convidadas a compartilhar suas práticas, que são disponibilizadas no site de cada edição<sup>10</sup> de forma a dar visibilidade às iniciativas, fortalecer os vínculos entre as diferentes instituições que desenvolvem ERRD e destacar as práticas que podem se constituir em referências para as demais.

A primeira edição da Campanha #AprenderParaPrevenir teve como tema “Educação em prevenção de risco de desastres”, foi realizada de 07 de outubro a 18 de novembro de 2016, e voltada para as escolas (Figura 1). Ela foi criada e promovida conjuntamente pelo Cemaden/MCTI; a Secretaria de Estado da Educação de São Paulo (SEE-SP) e; a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil de São Paulo (CEDEC-SP).

A segunda edição da campanha abordou tema semelhante, foi lançada durante o 1º Workshop Brasileiro de Avaliação de Ameaças acontecendo de junho a outubro de 2017. A principal novidade da edição foi o ingresso das defesas civis que realizavam atividades de ERRD com escolas ou instituições com fins educacionais.

Avaliações, reflexões e aprendizados resultaram em inovações que incrementaram a terceira edição: a inserção das instituições de ensino superior (programas de extensão) como a terceira categoria de participantes da campanha; um tema que interagiu com o Ano da Água e a 4ª Conferência Nacional Infantojuvenil pelo Meio Ambiente, “Vamos cuidar das águas com as escolas” e foi lançada em 22 de abril (Dia da Terra). O tema proposto foi uma equação que questionava o papel da água nos desastres socioambientais: “Água [D+ ou D-] = Desastre?”.

A quarta edição, realizada de junho a novembro de 2019, se propôs a levantar práticas acerca da relação entre mudanças climáticas e desastres socioambientais, uma temática percebida como abstrata e distante das escolas e quase ausente da Base Nacional Comum Curricular: “Reduzindo o risco de desastres: ações educativas em tempos de mudanças climáticas” (Figura 1).



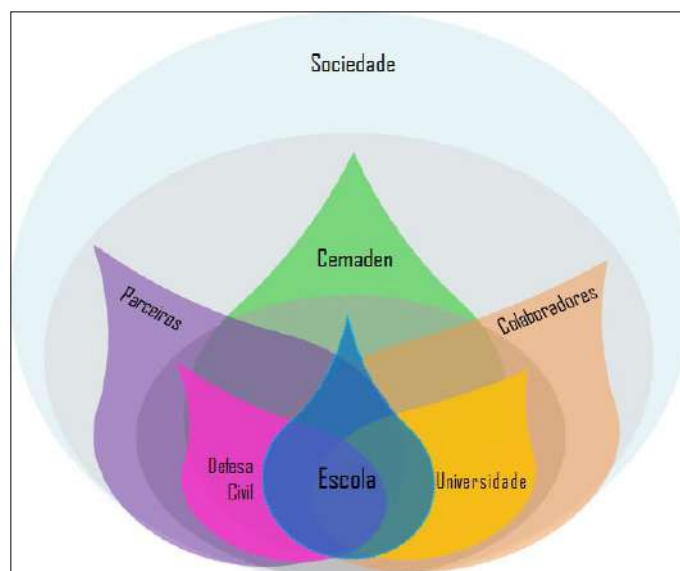
**Figura 1.** Linha do tempo com as edições da Campanha #AprenderParaPrevenir.

As escolas/comunidades escolares ocupam a centralidade da Campanha, sendo que a incorporação dos demais atores se relaciona diretamente à intencionalidade educadora no desenvolvimento de projetos em RRD. Para o Programa Cemaden Educação a escola é considerada polo irradiador da cultura de prevenção de desastres, em uma perspectiva de aprendizagem permanente, continuada e ao longo da vida.

A exemplo da Defesa Civil de Jabotão dos Guararapes que envolveu 23 escolas com projetos de ERRD (8 escolas em 2018 e 15 em 2019) com iniciativas temáticas que abordavam as ameaças, os riscos e aspectos da sustentabilidade de acordo com a realidade de cada comunidade escolar. E também dos processos de formação continuada organizados pela Universidade Federal Fluminense que envolveram o município de Angra dos Reis inteiro. Além dos professores da Rede Municipal de Ensino participaram de cursos os agentes de Defesa Civil e profissionais da Saúde e do Serviço Social. Tal colaboração entre essas diferentes institucionalidades oportuniza uma multiplicidade de arranjos de projetos educativos complexos, significativos e abrangentes.

Ademais, em levantamento realizado por Marchezini, Muñoz e Trajber (2018) a partir do cruzamento de dados do INEP/MEC com as áreas de riscos nos 957 municípios monitorados pelo Cemaden sobre a vulnerabilidade das escolas brasileiras, se identificou 2.443 escolas em área de risco alto e muito alto, sendo 729 escolas em área de risco hidrológico, destas 533 são escolas públicas e 196 privadas; 1.714 escolas em área de risco geológico, destas 1.265 são escolas públicas e 449 privadas. Tais informações corroboram os aspectos acima ressaltados quanto à necessidade de se mobilizar as comunidades escolares de formas inovadoras com vistas a reduzir as vulnerabilidades.

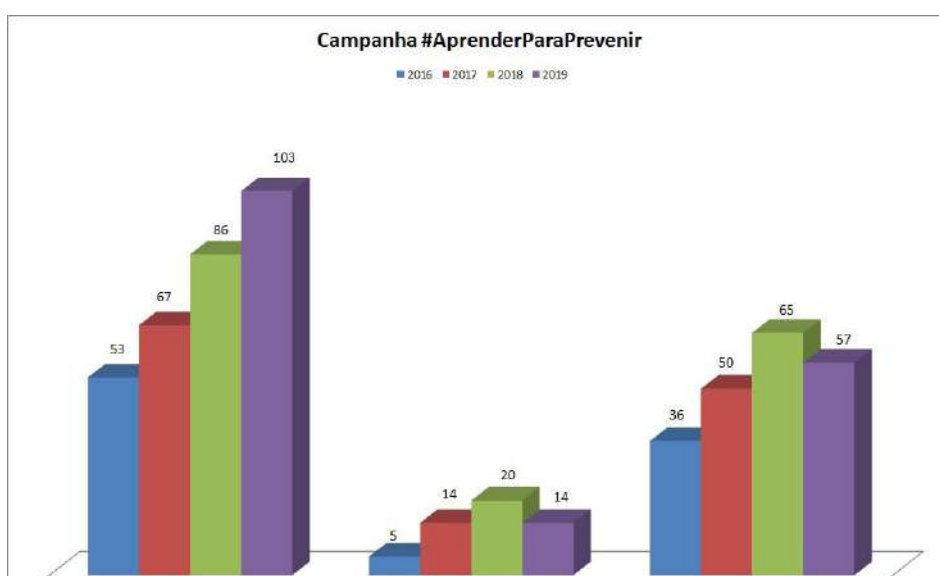
Para a realização da Campanha #AprenderParaPrevenir faz-se necessária a participação em diferentes esferas. Na primeira esfera está a rede de participantes, formada por escolas, defesas civis e universidades que inscrevem seus projetos educacionais em RRD, autorizando que sejam compartilhados no site da edição. No que poderíamos chamar de segunda esfera encontram-se o Cemaden e os parceiros e colaboradores (instituições de pesquisa, agências financiadoras, órgãos públicos federais, estaduais e municipais, universidades, colegiados) que por meio de apoio técnico e financeiro, oferecem aporte em termos de doação de material didático/informativo, divulgação, entre outros. Na terceira esfera, a mais abrangente, se encontra a sociedade como um todo, onde o processo de desenvolvimento da campanha está imerso (Figura 2).



**Figura 2.** Esferas de participação e envolvimento na Campanha #AprenderParaPrevenir.

Ao observar o crescimento da participação na Campanha, se pode depreender que os números são bastante tímidos. Ao longo das quatro edições foram recebidas 309 inscrições, entre projeto de escolas, defesas civis e universidades. Sendo 53 inscrições em 2016, 67 em 2017, 86 em 2018 e na quarta edição, em 2019, foram recebidas 103 inscrições (Figura 3). Contudo, é possível verificar o incremento de 94,3% no número de projetos inscritos ao longo das quatro edições.

Em termos de estados e municípios participantes houve uma elevação crescente até a terceira edição. Na primeira edição fizeram parte 05 estados e 36 municípios; na segunda edição foram 14 estados e 50 municípios; na terceira edição, 20 estados e 65 municípios. Já na quarta edição houve um decréscimo nesses números, sendo que 57 municípios de 14 estados enviaram inscrições (Figura 3), embora o número total de projeto tenha aumentado. Observando-se a participação dos estados ao longo das quatro edições, verifica-se que somente seis estados brasileiros não tiveram projetos inscritos na campanha.



**Figura 3.** Número de inscrições, estados e municípios participantes por edição da Campanha #AprenderParaPrevenir

## Reconhecimento de mérito de projetos-referência

Desde a primeira edição há dois tipos de premiação fundamentada no princípio da não competição: por sorteio e por mérito. Todos os projetos com inscrição aceita por atender integralmente ao pré-requisitos<sup>11</sup> expressos nos guias de orientação participam do sorteio de pluviômetros semiautomáticos e kits de materiais paradidáticos sobre RRD. Os sorteios são realizados em interação com o público durante transmissão ao vivo, via *Facebook* do Cemaden Educação. Para a premiação por mérito, a equipe do Cemaden Educação faz uma pré-seleção com critérios divulgados e encaminha os projetos para análise de uma comissão avaliadora formada por pesquisadores e educadores da área de RRD e Educação Ambiental (Quadro 1).

Em educação é reconhecida a complexidade de se avaliar projetos pedagógicos (TOMAZELLO; FERREIRA, 2001) e para a campanha foram seguidas algumas proposições apresentadas por Guerra (1993 *apud* TOMAZELLO; FERREIRA, 2001).

“a avaliação deve ser qualitativa e tem por objetivo melhorar os programas através de sua compreensão, do conhecimento de sua natureza e resultados. Ela deve ser democrática, deve ser posta a serviço dos usuários e da comunidade” (TOMAZELLO; FERREIRA, 2001, p. 204).

A análise realizada tem o objetivo principal de entender, de forma abrangente, a relevância, o grau de capilaridade e o potencial de disseminação do projeto junto à comunidade em função da prevenção dos riscos de desastres. Com isso em mente, foram propostos cinco critérios baseados nos princípios e fundamentos da Educação Ambiental apresentados na Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9795/99) (BRASIL, 1999), no Tratado Internacional de Educação Ambiental e Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global (1992), e também nos Marcos Internacionais de Hyogo e Sendai, uma vez que não se tem diretrizes nacionais para ERRD.

**Quadro 1.** Critérios utilizados na avaliação dos projetos para os prêmios de mérito

<b>Critérios</b>	<b>Definição</b>
Interdisciplinaridade do projeto e ações educativas	Abordagem sob a perspectiva de várias disciplinas escolares.
Criatividade	Criatividade do projeto: nos conteúdos, estratégias e metodologias adotadas.
Envolvimento da comunidade escolar	Participação de mais de um professor/professora, mais de uma classe escolar, podendo envolver funcionários da escola, pais e vizinhança.
Estabelecimento de parcerias	Envolvimento de outras instituições no projeto, preferencialmente a Defesa Civil e/ou Universidades.
Intenção de continuidade e ampliação do projeto	Sustentabilidade do projeto ao longo dos anos com possibilidades de ampliação e formalização/integração curricular.

Vale destacar que as avaliações são realizadas a partir do conteúdo disponibilizado pela instituição no ato da inscrição na campanha, composto pelo relato do projeto de ERRD com objetivo, público-alvo, atividades realizadas e resultados. Após análise da comissão avaliadora, os projetos que recebem a pontuação mais alta por categoria são os escolhidos por mérito e recebem um prêmio especial.

Neste texto se aprofunda especificamente os projetos indicados para os prêmios de mérito das edições de 2018 e 2019 da Campanha #AprenderParaPrevenir. Os projetos representam práticas consideradas inspiradoras, que podem funcionar como referências para seus pares. Esse recorte se deve ao fato de que ambas edições tinham as mesmas três categorias, ou seja, escolas, defesas civis e universidades receberam os prêmios (Quadro 2).

**Quadro 2.** Projetos premiados por mérito na Campanha (2018 e 2019)

Categoria		Edição da Campanha #AprenderParaPrevenir	
		2018	2019
<b>Escola</b>	Instituição	E.E. Belo Porvir	E.E. Prof. Geraldo Martins dos Santos
	Projeto	Tecendo Resiliência	Patrulha da Prevenção contra as mudanças climáticas
	Município/Estado	Epitaciolândia/AC	Paraibuna/SP
<b>Defesa Civil</b>	Instituição	Defesa Civil de Petrópolis	Defesa Civil de Jaboatão dos Guararapes
	Projeto	Política Pública de Defesa Civil nas Escolas	Revegetando o morro
	Município/Estado	Petrópolis/RJ	Jaboatão dos Guararapes/PE
<b>Universidade</b>	Instituição	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Instituto de Educação de Angra dos Reis – Universidade Federal Fluminense (IEAR/UFF) (integrante da Rede de Educação para Redução de Desastres)
	Projeto	Espaço Fluir	Cursos de Formação de Educadores e Agentes Locais em Desastres
	Município/Estado	Rio de Janeiro/RJ	Angra dos Reis/RJ

Devido ao apoio da AGU Celebrate 100 Grant - American Geophysical Union (União Americana de Geofísica) para o Programa Cemaden Educação: Rede de Escolas e Comunidades na Prevenção de Riscos de Desastres foi possível entregar uma estação meteorológica para cada categoria de mérito de 2019.

## 2 Projetos da 3ª edição da Campanha - 2018 - Água [D+ ou D-] = Desastre?

Desastres hidrológicos foram escolhidos porque predominam nas cidades brasileiras e se relacionam com a falta ou excesso de água, a exemplo de desastres como secas, enxurradas, inundações, deslizamentos de encostas, entre outros. O guia da campanha de 2018 apresenta questionamentos e provocações para incentivar reflexões sobre desastres, que não podem ser chamados de 'naturais', mas de socioambientais:

“Mas será que é a água, ou a chuva, que gera tantos desastres? Apenas o excesso ou a falta de água podem causar desastres? Está certo ‘culpar’ a água pelos desastres? O meio ambiente está tão reordenado pela vida sociocultural humana, que algum desastre pode ser chamado com certeza de “natural”?” (CEMADEN, 2018).

### Projeto Tecendo Resiliência - E.E. Belo Porvir – Acre

Com forte ênfase na temática da edição da campanha, o projeto foi desenvolvido por meio de atividades diversas tais como workshop sobre gestão de riscos, mapeamento ambiental, caminhadas, experimentos de aproveitamento e captação de



água de chuva, registro mensal do índice de chuva, oficina de produção de pluviômetro artesanal, conferência do meio ambiente, simulado de situação de risco (enchente e queimadas), entre outras (Figura 4).



Fonte: E.E. Belo Porvir

**Figura 4.** Equipe do Projeto Tecendo Resiliência. Epitaciolândia/AC.

As ações envolveram estudantes dos três anos do Ensino Médio e a formação de um grupo de multiplicadores para promover a construção e fortalecimento da rede de resiliência foi a principal estratégia adotada. O fortalecimento do currículo mediante a articulação interdisciplinar dos conteúdos e a compreensão da importância da participação na gestão dos riscos configuram importantes resultados do projeto.

### Política Pública de Defesa Civil nas Escolas - Defesa Civil - Petrópolis/RJ

O projeto elaborado e realizado pela Defesa Civil de Petrópolis foi estruturado pela política pública municipal e tem na sazonalidade das ameaças importante elemento estruturante. As atividades estão organizadas em: i) Plano Inverno - as principais ameaças abordadas são os incêndios florestais e a estiagem, e; ii) Plano Verão - quando os temas tratados são deslizamentos de solo, inundações, rolamento de blocos rochosos, vendavais e tempestades de raios.

Considerando-se esses temas como foco, as escolas, os professores e os alunos são convidados a realizar atividades diversas como concursos de redação e desenho, simulados de evacuação, visita à Defesa Civil, entre outros (Figura 5).



Fonte: Defesa Civil de Petrópolis

**Figura 5.** Atividade da Política Pública de Defesa Civil nas Escolas. Petrópolis/RJ.

Por se tratar de uma política pública, todos os alunos da rede municipal de ensino participam da iniciativa, bem como várias escolas particulares por meio de adesão voluntária. Em 2018 foram aproximadamente 29.700 estudantes, entre Ensino Fundamental I e II e Ensino Médio.

O desenvolvimento de uma cultura de prevenção de riscos de desastres aparece como principal objetivo e resultado dessa iniciativa. Outro aspecto a ser destacado é a noção dos estudantes enquanto multiplicadores entre familiares e comunidade dos aprendizados decorrentes da participação na iniciativa.

### **Espaço Fluir - Universidade Federal do Rio de Janeiro e E. M. Tagore - Rio de Janeiro/RJ**

Trata-se de um projeto de extensão universitária que tem como cerne a estruturação de espaço formativo lúdico e elaboração de atividades educacionais voltadas à Redução de Risco de Desastres. Nesse sentido, os conhecimentos associados aos movimentos de massa são o foco temático do projeto.

As atividades são organizadas em módulos e foram realizadas, em 2018, com aproximadamente 300 estudantes, entre Educação Infantil, Ensino Fundamental I e classe especial (estudantes portadores de necessidades especiais) da Escola Municipal Tagore.

Os módulos são temáticos: processo de formação de solo e rocha; movimento de massa; somos todos agentes de transformação do ambiente onde vivemos; proteção e defesa civil. Destaca-se a importância dada à avaliação e planejamento, uma vez que entre os módulos temáticos há momentos dedicados a esses aspectos.

As principais atividades dos módulos foram: oficinas, rodas de conversa, experimentos, jogos, maquetes, exposição e observação (Figura 6).



Fonte: UFRJ

**Figura 6.** Atividades do projeto Espaço Fluir. Rio de Janeiro/RJ.

Quanto ao projeto de extensão, os resultados referem-se à construção e fortalecimento da relação com a comunidade escolar, à estruturação do projeto e ao planejamento das atividades. Quanto ao processo de ensino-aprendizagem destaca-se a compreensão de conceitos/processos/fenômenos relacionados aos movimentos de massa; bem como o desenvolvimento de habilidades necessárias à prevenção de desastres.

### **3 Projetos da 4ª edição da Campanha - 2019 - “Reduzindo o risco de desastres: ações educativas em tempos de mudanças climáticas”**

De acordo com o Guia de orientações, o tema aponta para as relações importantes entre os desastres e as mudanças no clima:

“As pesquisas mostram alterações na frequência e intensidade de eventos extremos como tempestades, secas prolongadas, vendavais, entre outros. Os impactos são desastrosos para as comunidades mais pobres que geralmente se concentram em áreas de maior risco e, portanto, são mais frágeis e vulneráveis a essas mudanças” (CEMADEN, 2019).

### **Patrulha da Prevenção contra as mudanças climáticas - E. E. Prof. Geraldo Martins dos Santos - Paraibuna/SP**

O projeto da Escola Estadual Prof. Geraldo Martins dos Santos, localizada na zona rural do município, foi desenvolvido em duas etapas:

- i. os 36 estudantes do segundo ano do Ensino Médio conceberam o roteiro e o projeto gráfico do livro “A Patrulha da prevenção contra as mudanças climáticas” com a mediação da professora de Geografia (Figura 7).
- ii. em seguida, o livro gerou a realização de atividades com outros 200 estudantes do Ensino Fundamental (entre 9 e 11 anos) da rede pública e particular do município, tais como plantio de mudas de espécies nativas e concurso de redação e desenho com tema “Sustentabilidade no dia-a-dia e preservação ambiental no mundo globalizado”.



Fonte: E.E. Prof. Geraldo Martins dos Santos.

**Figura 7.** Atividade do projeto Patrulha da Prevenção contra as Mudanças Climáticas. Paraibuna/SP.

Conceitos de Educação Ambiental aparecem como importantes referências no projeto. Outras ideias que ganharam força nesta iniciativa foram: o desenvolvimento do aprendizado científico; a restauração ecológica como uma possibilidade de continuidade das ações do projeto; a intergeracionalidade, os estudantes educam outras crianças e são vistos como multiplicadores das ideias entre seus familiares e; o debate da temática das mudanças climáticas de forma lúdica.

### **Revegetando o morro - Defesa Civil de Jaboatão dos Guararapes/PE e Centro Educacional Cultural e Social João Martins**

O projeto apresenta a relação entre solo e plantas para tratar a temática da prevenção dos desastres em tempos de mudanças climáticas.

As atividades do projeto foram organizadas em seis etapas, entre elas destaca-se a aula de campo e a oficina de jardins recicláveis. Participaram estudantes do Ensino Fundamental do Centro Educacional Cultural e Social João Martins (Figura 8).



Fonte: Defesa Civil de Jaboatão dos Guararapes.

**Figura 8.** Atividades do projeto Revegetando o morro. Jaboatão dos Guararapes/PE.

O projeto também apresenta a Educação Ambiental como importante referencial e enfatiza a compreensão da importância da vegetação para proteção do solo e redução dos deslizamentos. Bem como, o estabelecimento de uma consciência ambiental nas ações cotidianas.

Ressalta-se que além do projeto enviado e premiado em 2019, conforme comentado acima, a Defesa Civil de Jaboatão dos Guararapes participou ativamente e orientou 25 projetos (2018 e 2019). Um total de 23 iniciativas foram encaminhadas pelas escolas, cada uma relacionada com a realidade socioambiental da sua comunidade escolar.

### **Formação de Educadores e Agentes Locais em Desastres - Universidade Federal Fluminense - Campus de Angra dos Reis/RJ**

Essa iniciativa de extensão universitária traz um processo de formação em ERRD que se propôs criar, executar e aprimorar projetos educacionais visando prevenção de desastres. Um importante objetivo da execução de cursos aprofundados foi o aprimoramento da percepção de risco e a atuação preventiva da população frente às ameaças, de modo a reduzir suas vulnerabilidades. Tudo foi feito em parceria com agentes públicos e moradores (Figura 9). Cursos realizados:

- Formação de Educadores para Redução de Desastres (2016, 2017 e 2018). Para professores, agentes de Defesa Civil (300 participantes). Carga horária: 80 horas.
- Formação Continuada dos Educadores da Rede Municipal de Ensino de Angra dos Reis. Professores (200 participantes). Carga horária: 04 horas
- Curso de Agentes Locais em Desastres (2018 e 2019). Para profissionais da saúde (agentes comunitários de saúde, agentes de endemias, saúde mental), agentes de Defesa Civil e profissionais do Serviço Social. Aproximadamente 100 participantes. Carga horária: 103 horas.



Fonte: IEAR/UFF

**Figura 9.** Atividades dos Cursos de Formação de Educadores e Agentes Locais em Desastres. Angra dos Reis/RJ.

Os participantes dos cursos apresentam um TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) com propostas de intervenção no ambiente escolar, nas unidades de saúde e territórios das comunidades com riscos de desastres.

Os principais resultados do projeto referem-se à formação e sensibilização de servidores públicos e voluntários que atuam diretamente nos territórios em ações de ERRD, em ambiente escolar e não-escolar, através do aprimoramento da percepção de risco e atuação preventiva e crítica da população frente às ameaças as quais estão submetidos. Por atuação crítica, busca-se tratar os temas de RRD sob a perspectiva da desnaturalização dos desastres, debatendo sobre a construção social dos riscos, injustiça socioambiental e segregação sócio espacial.

#### 4 Algumas reflexões e lições aprendidas

Cada trabalho realizado possui suas especificidades que se traduzem em diferentes estratégias, foco e abordagens metodológicas marcadas pela natureza da instituição que as desenvolvem, pelas concepções de educação que permeiam suas práticas e pelos objetivos priorizados. No entanto, em todos eles se verificam os cuidados com a promoção da participação, pesquisa, monitoramento, prevenção e preparação para resposta aos riscos locais, bem como a formação de multiplicadores para ampliar a cultura de percepção de risco.

Na categoria escola, o projeto Tecendo Resiliência se empenhou em inserir a temática dos riscos hidrometeorológicos no currículo e de incentivar a iniciação científica para o conhecimento e monitoramento do risco local, por meio de diversos procedimentos metodológicos, alguns deles disseminados pelo Programa Cemaden Educação<sup>12</sup>. Vale destacar que esta escola participou do Projeto Acre Resiliente, promovido pelo Governo Estadual do Acre em 2016 em parceria com o Cemaden.

Enquanto o projeto Patrulha da Prevenção contra as mudanças climáticas tem como foco principal trazer essa temática à tona e disseminá-la incentivando a realização de atividades relacionadas à sustentabilidade, por meio da valorização do conhecimento científico enquanto elemento necessário ao entendimento dos processos envolvidos na prevenção de desastres. O projeto, iniciado em 2018 com foco nos riscos de desastres hidrometeorológicos, monitorou as chuvas com a utilização de pluviômetros artesanais, semi e automáticos.

Em ambos os projetos se identifica a influência da Educação Ambiental, tanto pelo uso de termos como conscientizar, sensibilizar, meio ambiente, sustentabilidade, entre outros, quanto pela adoção do campo de conhecimento para orientar as práticas.

Na categoria defesa civil, as duas instituições contempladas atuam em municípios com áreas de riscos geo-hidro meteorológicos monitorados pelo Cemaden e possuem uma política de ERRD, envolvendo ações de prevenção, preparação e resposta a desastres junto às comunidades escolares. O projeto Política Pública de Defesa Civil nas Escolas refere-se às atividades dialógicas com agentes da defesa civil, professores e estudantes com foco em ameaças e riscos característicos do município. O projeto Revegetando o Morro faz parte de um rol de projetos temáticos elaborados pela Defesa Civil que atuou em 2019, envolvendo a participação de cerca de 1000 estudantes.

Na categoria universidade, o Espaço Fluir é um projeto de extensão voltado para a ERRD, que enfatiza a importância do estabelecimento de vínculos com a comunidade escolar. Em Angra dos Reis, os Cursos de Formação de Educadores e Agentes Locais em desastres desenvolvem propostas de intervenção no ambiente onde vivem e atuam.

Projetos de extensão universitária adotam estratégias diferentes em termos do público envolvido no processo formativo em desastres. Enquanto um tem como foco principal o desenvolvimento de atividades com o público escolar, o outro opta pela formação de formadores e oferece cursos voltados para educadores e agentes locais.

Um aspecto comum aos projetos e que se constitui em um grande desafio para todos, se refere à participação dos estudantes. Os jovens começam a ser percebidos como protagonistas na construção dos conhecimentos socioambientais locais e multiplicadores dos processos formativos em suas famílias e comunidades. Conforme um depoimento,

*“[...] a busca permanente de sensibilização dos ‘mais jovens’, para que a partir deles e da escola, estes conceitos sejam disseminados para a sociedade”*  
(Anderson Pinheiro - defesa civil, Petrópolis/RJ, 2018).

## **Desafios e oportunidades das ações de ERRD: olhares compartilhados**

As coordenações dos projetos-referência abordados na parte anterior (ver Quadro 2) foram convidadas pela equipe do Cemaden Educação a compartilharem suas impressões, desafios e oportunidades no desenvolvimento de ações de ERRD em suas comunidades.

Durante o período de distanciamento físico, de maio e junho de 2020, responderam à provocação da equipe: o professor Anderson Sato da UFF, Anderson Pinheiro da DC de Petrópolis; Rejane Lucena, de Pernambuco e a professora Milene Barbosa, de São Paulo.

Esses relatos de quarentena foram fundamentais para entendermos melhor aspectos que não aparecem na descrição das experiências redigidos para a participação na Campanha. Um desses aspectos interessantes é o estabelecimento de parcerias e colaborações, no depoimento:

*“Para o desenvolvimento da campanha tivemos a parceria de professores e equipe gestora da escola, e também o apoio de diretores e professores de duas escolas que participaram da implementação da revista ganhadora, somando os envolvidos tivemos um número estimado de 230, atuando de forma direta e indireta”* (Milene Barbosa - escola, SP).

Outra dimensão das parcerias é a necessidade de financiamento das ações em ERRD, apesar de muitas delas acontecerem de forma voluntária, bem como a importância de se ter uma estratégia para o enfrentamento da escassez de recursos:

*“[...] mesmo mediante a quase total escassez de recursos financeiros para subsidiar estes cursos, com a articulação de profissionais e instituições, foi possível, de maneira complementar, somando potencialidades que cobriam as fragilidades, realizar importantes ações formativas dos educadores na RRD. Isso não significa, de maneira nenhuma, que o financiamento das ações não seja relevante [...]” (Anderson Sato - universidade, RJ).*

Entre os desafios para o desenvolvimento de iniciativas em ERRD está a percepção das comunidades escolares de que o tema de RRD é algo intangível. Por um lado, se precisa de uma aproximação gradual e sensível, sem catastrofismo, que promovam esse contato por meio da ciência, sem gerar pânico.

*“[...] acredito que o que dificulta o trabalho docente e dos alunos é o desconhecimento do termo. No início das discussões da temática de ERRD na escola, alguns alunos não se envolviam com a premissa de uma atividade difícil. [...] após várias aulas, seminários e até mesmo trabalho com dados pluviométricos, ficou mais fácil à inserção desse tema nas aulas, a meu ver a grande dificuldade da temática está associada ao desconhecimento e até mesmo em não se ver como parte do processo” (Milene Barbosa - escola, SP).*

Por outro lado, os professores buscam formação para abordar a RRD em sala de aula e se destaca a importância dos cursos de formação continuada enquanto meio de tornar a abordagem mais qualificada para tratar da temática no ensino formal:

*“[...] uma parcela significativa dos educadores de Angra dos Reis que participaram dos cursos de formação já tinham realizado atividades de RRD com seus alunos. [...] Muitos estavam buscando um aperfeiçoamento de suas práticas educacionais. Acredito que a inserção transversal das temáticas de RRD nas disciplinas seja possível, o que pode de alguma forma ser estimulado pelas revisões curriculares e/ou pela pedagogia de projetos [...]” (Anderson Sato - universidade, 4ª edição).*

A construção de um olhar para os conhecimentos cotidianos da comunidade e a inclusão nos processos de ERRD também são apontados enquanto desafios a serem enfrentados.

*“A principal dificuldade, talvez esteja no ato de reconhecer que a comunidade possui saberes que são essenciais e oportunos quando o assunto é redução de riscos de desastres e educação ambiental. A partir da identificação das dificuldades, às quais as pessoas estão expostas no cotidiano, é possível extrair parâmetros no sentido de se encontrar respostas a partir do que é significativo para cada sujeito envolvido” (Rejane Lucena - defesa civil, PE).*

## **A interface entre redução de riscos de desastres e a sustentabilidade**

As iniciativas estabelecem, em alguns momentos, relações entre os desastres e a insustentabilidade dos modos de vida em sociedade, trazendo em seus discursos elementos cruciais para o entendimento da dimensão da construção social dos desastres (WISNER *et al.*, 2011; TRAJBER, 2019).

*“[...] fazem parte de princípios pautados na premissa da ação socioeducativa como pressuposto para formação de práticas socioambientais preocupadas*

*com a sustentabilidade ambiental focando na redução de riscos de desastres a partir da sensibilização e empoderamento das pessoas” (Rejane Lucena - defesa civil, PE).*

Ainda no sentido da insustentabilidade sistêmica no país, se aponta para a desigualdade no acesso ao saneamento básico e infraestrutura urbana, que produzem as vulnerabilidades existentes:

*[...] a ERRD não deixa de ser um enfrentamento a modelos de desenvolvimento que se demonstram insustentáveis. [...] É preciso apoiar as comunidades mais vulneráveis não somente em mecanismos práticos de auto-defesa, como orientações sobre o escoamento das águas, cuidados a escavar as encostas, descarte adequado dos resíduos, etc., mas também construir conhecimentos de que existem processos sócio-políticos-econômicos que fazem que parcela significativa da população fique mais expostas às ameaças” (Anderson Sato - universidade, RJ).*

## Considerações finais

A Campanha, longe de ser normativa e competitiva, considera “boas práticas” todas as iniciativas que atendem às orientações do guia disponibilizado. Por essa razão sempre se sorteia kits com publicações (livros, CDs, DVDs) doadas por parceiros e pluviômetros semiautomáticos oriundos do projeto ‘Pluviômetros nas comunidades’ do Cemaden.

No entanto, se nota que algumas dessas iniciativas possuem o mérito de serem reconhecidas como referências inspiradoras para seus pares e, por esta razão, devem ser publicizadas. Com ênfase diferente para características explicitadas como essenciais na construção de políticas públicas em ERRD, as iniciativas selecionadas como mérito promovem a participação da comunidade escolar no processo proposto. Além disso, elas incentivam a pesquisa sobre vulnerabilidade; promovem o monitoramento das ameaças e dos riscos em cada local; envolvem as comunidades e parcerias para a sua realização. Em outras palavras, valorizar e dar visibilidade a essas práticas contribui para o processo de fortalecimento da ERRD, pois possibilita a aprendizagem entre os pares ao inspirar instituições que já desenvolvem ações, bem como para as iniciantes.

Verifica-se que os projetos adotam diferentes escalas tanto no que se refere ao público envolvido quanto à área de abrangência. Nota-se vários aspectos dessa decisão, dentre eles o modus operandi de cada instituição, as características de cada município, os aprendizados decorrentes de experiências anteriores das equipes dos projetos. Nesse sentido, o professor Anderson Sato avalia a relevância de se aprofundar e ampliar o debate sobre as escalas de abrangência e atuação no campo ainda incipiente da mobilização em ERRD:

*“[...] os desafios relacionados à RRD são de escala nacional e se alinham diretamente ao ODS e às discussões sobre mudanças climáticas e melhoria das condições de habitação. Pelo aprendizado de Angra dos Reis percebemos que não adiantaria trabalhar esta temática em uma ou outra escola, pois o desafio é de todo o município. [...] Claro que numa visão multiescalar e hierárquica a experiência da Rede de Educação para Redução de Desastres não deixa de ser um projeto “piloto” para outros municípios, mas [...] ele foi um projeto integral para a rede municipal” (Anderson Sato - universidade, RJ).*

Por se tratar de área emergente para a educação, ainda há um longo caminho a ser trilhado para efetivar a disseminação da cultura de prevenção de riscos de desastres no Brasil. O envolvimento das instituições parceiras precisa ganhar escala



para incrementar o mapeamento, mesmo que informal e espontâneo, de projetos de ERRD baseados na construção de conhecimentos com as comunidades escolares. Além disso, se tem dificuldade para a constituição de uma rede de ações e coletivos empenhados na prevenção de desastres e autoproteção das comunidades.

Finalmente, em meio aos cenários desafiadores impostos por um grande desastre biológico, a pandemia do COVID-19, a Campanha se tornou um instrumento de mobilização ainda mais importante. Ela foi readaptada para acontecer em um período de distanciamento físico, propondo o uso das tecnologias de comunicação e redes sociais, sem, entretanto perder seu foco na perspectiva de aprendizagem social e coletiva, com capilaridade em todos os territórios de cidadania.

Em 2020 ingressam na Campanha novos parceiros e interlocutores: os agentes da Estratégia de Saúde da Família, com o apoio da Fiocruz, mediante a noção de Saúde Planetária. Com isso, se unem os campos da educação, meio ambiente e saúde de forma orgânica no fortalecimento da ERRD em nossas comunidades de vida. A missão é de realizar comunicações de prevenção, cuidados e proteção em um formato de 'Campanha de Campanhas' com intencionalidade educativa para a construção de sociedades sustentáveis e resilientes.

A 5ª edição da Campanha tem o tema "Desastres, desastres, desastres. O que podemos fazer? E a educação?" e convida escolas, defesas civis, universidades e equipes de saúde da família participarem criando e compartilhando suas campanhas (Figura 10).



**Figura 10.** Arte da 5ª edição da Campanha #AprenderParaPrevenir.

## Notas

10 1ª edição <http://educacao.cemaden.gov.br/aprenderparaprevenir2016>

2ª edição <http://educacao.cemaden.gov.br/aprenderparaprevenir2017>

3ª edição <http://educacao.cemaden.gov.br/aprenderparaprevenir2018>

4ª edição <http://educacao.cemaden.gov.br/aprenderparaprevenir2019>

11 Pré-requisitos: apresentação de documentação completa na inscrição; atendimento aos prazos descritos no guia; adequação temática do projeto em ERRD; ações/atividades de ERRD realizadas ou em andamento; elegibilidade - as ações devem ser desenvolvidas em/por/com as escolas ou instituições de educação não-formal.

12 Atividades disponíveis no site Cemaden Educação < <http://educacao.cemaden.gov.br>>

## Referências

- BORDENAVE, J. D. La campaña como intervención social. **Revista Latinoamericana de Comunicación-Chasqui**, n. 41, p. 66-69, 1992.
- BRASIL. **Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA. Brasília: Casa Civil, 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm)>. Acesso em: 12 abr. 2020.
- CEMADEN. **Campanha #AprenderParaPrevenir 2019**: Aba "Guia". 2019. Disponível em: <http://educacao.cemaden.gov.br/aprenderparaprevenir2019>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- CEMADEN. **Campanha #AprenderParaPrevenir 2018**: Aba "Guia". 2018. Disponível em: <http://educacao.cemaden.gov.br/aprenderparaprevenir2018>. Acesso em: 05 abr. 2020.
- DIETZ, L. A.; TAMAIO, I. **Aprenda fazendo**: apoio aos processos de Educação Ambiental. Brasília: WWF-Brasil, 2000. 386 p.
- FÓRUM GLOBAL DAS ONGS. Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global. In: JORNADA INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL, CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO, 1992. **Anais [...]**, 1992. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/tratado.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2020.
- LACAVA, U. Campanhas de mobilização. In: **Manual de comunicação e meio ambiente**. São Paulo: Editora Peirópolis, IIEB, WWF. 2004. p.154-161.
- MARCHEZINI, V.; MUNOZ, V. A.; TRAJBER, R. Vulnerabilidade escolar frente desastres no Brasil. **Territorium**, Coimbra, v. 25, p. 161-177, 2018. Disponível em: <http://impactumjournals.uc.pt/territorium/article/view/4549>. Acesso em: 30 jan. 2020.
- TAMAIO, I. **Documento descritivo contendo proposta de campanha sobre educação ambiental e mudanças climáticas, incluindo estratégia de execução**. 2010. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/\\_arquivos/produto\\_ii\\_relatorio\\_finalcampanha\\_irineu\\_tamaio\\_20.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/produto_ii_relatorio_finalcampanha_irineu_tamaio_20.pdf). Acesso em: 30 jan. 2020.
- TOMAZELLO, M. G. C; FERREIRA, T. R. C. Educação Ambiental: critérios adotar para avaliar a adequação pedagógica de seus projetos? **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 199-207, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/05.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2020.
- TRAJBER, R. Pensar fora da caixa: transição sustentável e resiliente. In: TRAJBER, R.; ANDRADE, M. H.; BRANCO, E. A.; BIASOLI, S. A.; SORRENTINO, M. (orgs.). **Avaliação e monitoramento de políticas públicas de educação ambiental no Brasil**: transição para sociedades sustentáveis [recurso eletrônico]. Piracicaba: MH-Ambiente Natural, 2019. p. 55-68. Disponível em: <https://www.funbea.org.br/anppea>. Acesso em: 30 jan. 2020.
- UNITED NATIONS CHILDREN FUND (UNICEF). UNISDR UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). **Children and disasters**: Building resilience through education, 2011. 203 p.
- UNITEDNATIONSOFFICEFORDISASTERRISKREDUCTION(UNISDR). **Global Assessment Report on Disaster Reports on Disaster Risk Reduction (GAR), Risk Reduction Making Development Sustainable**: the future of disaster risk management. Geneva, Switzerland: UNISDR, 2015. 352 p.
- WISNER, B.; GAILLARD, J. C.; KELMAN, I. Framing disaster: theories and stories seeking to understand hazards, vulnerability and risk. **The Routledge Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction Routledge**. 2011. Disponível em: <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9780203844236.ch3>. Acesso em: 12 set. 2019.

# DIMENSÕES DA VULNERABILIDADE DE POPULAÇÕES EXPOSTAS A INUNDAÇÃO: APONTAMENTOS DA LITERATURA

Simone Santos Oliveira<sup>1</sup>

Sergio Luiz Dias Portella<sup>2</sup>

Michele Nacif Antunes<sup>3</sup>

José Luiz Zezere<sup>4</sup>

## Introdução

Anualmente, como aponta o World Resources Institute (WRI, 2020), inundações afetam, em média, 21 milhões de pessoas em todo o planeta. Segundo projeções do mesmo instituto, em 2030 as inundações afetarão 54 milhões de pessoas, balizadas por mudanças socioeconômicas e mudanças climáticas. As inundações são consideradas um dos processos mais custosos tanto para os governos quanto para os cidadãos, devido à grande variedade e extensão dos prejuízos causados, incluindo danos e perdas diretas a ativos físicos e ambientais, como habitações, sistemas e produção ecológicos em setores econômicos, questões relacionadas à saúde e à perda de vidas humanas (LUO et al., 2015).

O Brasil é considerado o país da região Latino-americana e Caribe mais propenso a este tipo de desastre, em função de seu histórico e enorme malha hidrológica, o que o coloca na décima-quinta posição no *ranking* dos países com maior população exposta ao risco de inundação, a partir do estudo do Escritório da ONU para assuntos humanitários. No período de 2000 a 2019, ocorreram 70 grandes inundações no país e estima-se que 70 milhões de pessoas foram prejudicadas e 7.414.000 diretamente afetadas (OCHA, 2020). São o tipo de desastre com maior aumento de incidência, ocorrendo frequentemente associado aos deslizamentos.

O mais marcante desses eventos ocorreu no estado do Rio de Janeiro (RJ), nas cidades serranas em 11 de janeiro de 2011. Nesse dia, houve a maior combinação de transbordamento de rios e deslizamentos, danos e mortes já registrada no Brasil (PORTELLA; NUNES, 2014). No entanto, a regularidade das inundações brasileiras – rápidas, lentas, extensas, intensas, e principalmente urbanas são bem conhecidas da população de norte ao sul do país.

Dessa forma, diante da quantidade de inundações que ocorrem, o país é considerado vulnerável a inundações (OCHA, 2020).

O termo vulnerabilidade deriva-se do verbo *vulnerare*, no latim, que significa ferir, penetrar, provocar um dano (JANCZURA, 2012). Segundo os descritores da base de

1 Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro - RJ, Brasil. E-mail: simone@ensp.fiocruz.br.

2 Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro - RJ, Brasil. E-mail: sergio.portella@fiocruz.br.

3 Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Vitória - ES. E-mail: michelentunes@gmail.com.

4 Centro de Estudos Geográficos, IGOT, Universidade de Lisboa, Lisboa-Portugal. E-mail: zezere@campus.ul.pt.

dados Bireme, vulnerabilidade é compreendida como a suscetibilidade ao qual uma população está exposta a sofrer danos por um desastre; como a relação existente entre a intensidade do dano causado e a magnitude de uma ameaça; e, qual a probabilidade de uma população ou região ser atingida por um processo perigoso que se transforma num desastre, estabelecida a partir de estudos técnicos (DECS, 2020).

A discussão sobre a necessidade de complexificação do conceito de vulnerabilidade das populações emergiu como uma alternativa aos números socioeconômicos que inviabilizam muitas variantes para a compreensão das situações que colocam as pessoas nos ambientes em risco, assim como para o entendimento dos fatores que fazem variar a capacidade de resposta às ameaças socioambientais (CUTTER, 2011). De acordo com McEntire (2001) e Wisner *et al.* (2004), a vulnerabilidade seria o conceito chave para a redução dos desastres. No entanto, a conceituação da vulnerabilidade não é simples, principalmente quando a adjetivamos de social, pois segundo Mendes *et al.* (2011), neste caso, está entremeada a várias características humanas e interligada a diferentes níveis da organização social, que dificultam a precisão do conceito.

O conceito de vulnerabilidade, segundo (CUTTER, 2011), deve ser complexo, contemplando dimensões sociais, econômicas, políticas e culturais, e, para ter valor heurístico, deve se expressar a partir de um estudo que se realize em uma abordagem integradora e interdisciplinar. Essa interdisciplinaridade é necessária porque populações vulneráveis não são aquelas que se encontram em risco por estarem expostas a perigos, mas, principalmente, porque estão imersas em processos sociais de marginalização, e vivem assim uma “emergência permanente” (MENDES *et al.*, 2011). Além dessas dimensões, devem ser consideradas também como componentes da vulnerabilidade as dimensões físicas e tecnológicas. A vulnerabilidade é determinada pelo grau de risco, susceptibilidade, resistência e resiliência.

O conceito de vulnerabilidade tem o início de seu desenvolvimento, segundo Wisner (2009), a partir da década de 40 do século XX, tendo como principal foco a ocupação humana de áreas consideradas de risco. Mas é na área da saúde, na década de 80, que ele se expande e ganha a sua complexidade (AYRES, 2002). Em sua discussão de desenvolvimento, o conceito pode ser agrupado em três grandes linhas, por ênfase da própria pesquisa, nos resultados que ela quer destacar. Primeiro, a vulnerabilidade pessoal (ou individual) definida como expressão da combinação de conhecimentos e comportamentos com relação a determinada ameaça. Numa combinação de acesso à informação de qualidade, capacidade de elaborá-la e absorvê-la, incluindo-a aos seus hábitos e modificando-os. O caso dos grupos de risco para HIV seria um bom exemplo. Assim, vulnerabilidade pessoal está sempre bem localizada espaço-temporalmente a um determinado tipo de problema e, em seus principais resultados em pesquisa, serve para localizar padrões sociais de comportamento muitas vezes comuns a vários indivíduos, mas invisíveis sem estudos qualificados. Em segundo, está a vulnerabilidade institucional (ou programática) que busca produzir avaliações de políticas públicas e ações institucionais e suas possíveis ineficiências. A vulnerabilidade institucional segue o modelo básico de avaliação de políticas públicas e seus parâmetros: compromisso das autoridades; ações propostas e implementadas; capilaridade das propostas junto aos vários órgãos, departamentos e instituições; planejamento e gerenciamento das ações; adequação dos recursos e sua continuidade; auto avaliação da política; integração das políticas à população-alvo e à toda sociedade. Tais estudos têm se fortalecido como contraponto à vulnerabilidade de indivíduos, comunidades e grupos populacionais. E, assim, a agregação de vulnerabilidades individuais, de grupos, institucionais, e territoriais gera a terceira linha de estudos do conceito: a vulnerabilidade social (ou socioambiental). E, por isso, se relaciona aos aspectos sócio-políticos e culturais combinados como o acesso à informação, grau de escolaridade, disponibilidade de recursos materiais, poder de influenciar nas decisões políticas, possibilidades de enfrentar constrangimentos culturais.

O reflexo das condições de bem-estar social inclui o tema da participação social como fundamental, sendo tanto maior a vulnerabilidade social quanto menor a possibilidade de interferir nas instâncias de tomada de decisão (AYRES, 2002; AYRES *et al.*, 2003).

A discussão atual na área de Redução do Risco de Desastres caminhou para o consenso de que avaliar a vulnerabilidade social de um determinado território, ou região, é chave para ações de prevenção e redução de desastres, bem como para a promoção de uma cultura de resiliência. Em seu artigo, sobre a vulnerabilidade social em Portugal, Mendes *et al.* (2011) destacam que, apesar das diferentes perspectivas, há uma convergência reflexiva na direção de que a vulnerabilidade não pode ser apenas resultante da exposição aos perigos, mas também uma combinação com a desigualdade social, expressa em fatores como a pobreza, a idade, o gênero ou a classe social e que não as considerar debilita qualquer resultado de pesquisa na área.

Esses autores sugerem ainda que, nas abordagens da construção da vulnerabilidade social aos perigos, a análise deve se esforçar para traçar um quadro o mais integrado possível das interações culturais, sociais e ambientais de uma dada situação. Deste quadro, pode-se inferir a ideia de que os desastres são sempre sociais e não o produto de condições ambientais específicas e que é determinante o papel das forças, organizações e crenças que estão na base da produção do ambiente que origina e facilita os desastres, isto é, as relações sociais. Reagrupá-los, assim, de outra forma, nos termos, primeiro, de sua criticidade e, depois, do suporte para seus enfrentamentos. Segundo a metodologia do Observatório Osiris/Universidade de Coimbra (MENDES *et al.*, 2011), a criticidade é definida pelo conjunto de características e comportamentos dos indivíduos que condicionam o seu grau de resistência e resiliência em responder ou lidar com desastres e cenários catastróficos. A capacidade de suporte define-se pela cobertura e diversidade de infraestruturas e equipamentos que alavancam a resposta das comunidades aos desastres e catástrofes. Deve-se considerar que essas dimensões estão inter-relacionadas e a sua combinação gera um possível índice de vulnerabilidade.

Nesse ponto estamos no perigo do consenso, quando um conceito que deve expressar uma determinada realidade passa a ser a própria realidade. Por isso, a importância das revisões para sempre ancorar novamente o conceito nas pesquisas e realidades que o fizeram aflorar. Na revisão da literatura científica sobre o tema, aqui apresentada, organizou-se seus resultados a partir da perspectiva das multidimensões (social, física, econômica, política, cultural e tecnológica) do conceito de vulnerabilidade, de forma a fornecer subsídios para refletir sobre a vulnerabilidade das populações à inundação e de melhor fundamentar a elaboração de estratégias com vistas à sua redução.

## Metodologia

Na busca bibliográfica da produção científica sobre vulnerabilidade a inundações foi utilizado o portal de pesquisa da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) que agrega diversas bases de dados, inclusive a base "Desastres", que contém o registro da produção internacional e nacional acerca do tema.

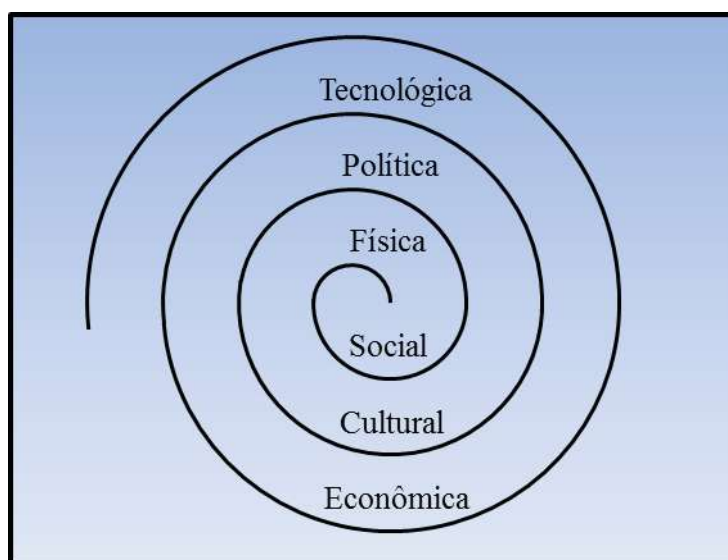
Para seleção dos artigos publicados, optou-se por utilizar como recorte temporal os últimos quinze anos (2005-2019). Foram escolhidos como descritores os termos vulnerabilidade e inundação, empregando-se a seguinte estratégia de busca: (vulnerabilidade or vulnerability and (inundaç\$ or flood\$)).

Encontraram-se 257 estudos científicos disponíveis entre os anos 2005 a 2020. Na primeira etapa de seleção foram excluídos 36 trabalhos que não estavam disponíveis em texto completo. Na segunda etapa selecionaram-se apenas as publicações que estavam no idioma inglês, português ou espanhol. A partir desse critério foi excluído um artigo em italiano, restando 220 trabalhos, sendo 180 artigos, duas teses, uma dissertação e 13

outros tipos de documentos. Na terceira etapa foram selecionados apenas os artigos, teses e dissertação, contabilizando um total de 177 publicações. A seleção final englobou os trabalhos que abordaram no título ou no resumo o tema vulnerabilidade das populações a inundações, totalizando 48 publicações. Foram excluídos 129 trabalhos que abordavam outros aspectos da vulnerabilidade, por exemplo, a vulnerabilidade de determinada espécie animal a inundações, e ainda aqueles que tratavam sobre a vulnerabilidade das populações a outros tipos de eventos (furacões, ciclones, terremotos, secas, dentre outros).

## Resultados e discussão

As diferentes dimensões da vulnerabilidade foram descritas a partir dos resultados e experiências encontrados nos 48 estudos selecionados. Ressalta-se que esta revisão se alinha com a proposta do Marco de Sendai que sublinha a importância de conhecer os riscos e examinar os impactos dos desastres sobre as dimensões social, física, cultural, política, econômica e tecnológica com o propósito de reduzir a vulnerabilidade (UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION, 2015). Assim, o que chamamos de Espiral da Vulnerabilidade (Figura 1) se refere muito mais à organização do artigo apresentado do que da realidade em si. Isto é, trata-se de uma organização arbitrária, como todo modelo, e indica que poderia ser apresentado em outra forma e, também, em outra ordem. Porém, devemos indicar que do social na espiral, parte-se ou chega-se, e que assim a vulnerabilidade social é por nós considerada aquela que aglutina, faz entender e justifica todas as outras. Contrariamente a essa nossa visão, na maioria dos artigos analisados não é assim. Por isso, tais dimensões são grafadas da mesma maneira, com o mesmo peso e sem muita polêmica conceitual. Temos a intenção, a partir da priorização das vulnerabilidades sociais a inundações, que saibamos do que se fala e qual a rede de compreensão criada neste momento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 1.** Espiral da vulnerabilidade em suas multidimensões

### Dimensão social

No conjunto de trabalhos selecionados 17 tratavam de aspectos sociais da vulnerabilidade a inundações.

As condições de vida precárias da população, em termos de emprego, renda, situação de moradia, saneamento, acesso à educação e a serviços de saúde foram

apontadas como fatores que aumentam a vulnerabilidade (Quadro 1). A ocupação irregular de áreas desmatadas ou degradadas, de encostas íngremes ou instáveis e ao longo das margens dos rios são marcas da desigualdade no acesso à terra e se constituem realidade vivenciada por muitas pessoas com baixo poder aquisitivo.

Em geral, aqueles que residem em áreas com baixa probabilidade de ocorrência de inundações e com melhores condições socioeconômicas lidam melhor com seus impactos, em comparação com pessoas que possuem condições socioeconômicas inferiores e que habitam em áreas de risco às inundações (FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; KEIM, 2008; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; PAUL; ROUSTRAY, 2010; TRAN *et al.*, 2009).

A migração maciça do campo para as periferias das regiões urbanas sem adequado planejamento urbano por parte do poder público evidência como o próprio processo de desenvolvimento em si cria diversas vulnerabilidades. Nos países chamados periféricos aos centrais, a relação entre crescimento populacional e planejamento urbano tende a ser desproporcional e, na maioria das vezes, os grupos mais pobres são os que mais sofrem às consequências das inundações e outros desastres (KEIM, 2008; ZHRAN *et al.*, 2008; XIMENES, 2010; BICH *et al.*, 2011; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; OTSUKI, 2014). Na medida em que esse processo ocorre, agravam as contradições e desigualdades, e, conseqüentemente, mais imediata é a necessidade de intervenção em planejamento urbano e, também, mais complexa quando a população é excluída das decisões.

A marginalização de grupos específicos – crianças, pessoas com deficiência, idosos, mulheres, população carcerária – e a exclusão ou discriminação de gênero, são responsáveis por grande parte da vulnerabilidade acrescida (Quadro 2). A idade avançada, por exemplo, é geralmente acompanhada por isolamento social e por diminuição da capacidade de resposta do sistema imunológico às doenças e agravos, da função de mobilidade e da função cognitiva, o que aumenta a vulnerabilidade desse grupo (GAMBLE *et al.*, 2013; LANE *et al.*, 2013; OTSUKI, 2014).

De acordo com (LOWE; EBI; FORSBERG, 2013) durante as inundações, as mulheres, os idosos e as crianças são mais propensas ao risco de sofrerem efeitos psicológicos e físicos sobre a saúde, enquanto homens na faixa etária entre 10 e 29 anos apresentam risco elevado de mortalidade. Após a inundação, os idosos e os homens têm um risco maior para sofrer efeitos físicos, enquanto as mulheres apresentam maior risco para os efeitos psicológicos.

**Quadro 1.** Aspectos sociais da vulnerabilidade abordados nos estudos selecionados.

<b>DIMENSÃO SOCIAL</b>	<b>ARTIGOS</b>
<b>Emprego</b>	GUIMARÃES <i>et al.</i> , 2014; MATULJA, 2012
<b>Renda</b>	GUIMARÃES <i>et al.</i> , 2014; PAUL; ROUSTRAY, 2010; ZHRAN <i>et al.</i> , 2008
<b>Situação de Moradia</b>	FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; GUIMARÃES <i>et al.</i> , 2014; KEIM, 2008; OTSUKI, 2014
<b>Saneamento</b>	DOBERSTEIN; STAGER, 2013; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; MATULJA, 2012; RAY-BENNETT, 2010
<b>Acesso à Educação</b>	GUIMARÃES <i>et al.</i> , 2014; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; MATULJA, 2012; RAY-BENNETT, 2010
<b>Serviços de Saúde</b>	GUIMARÃES <i>et al.</i> , 2014; KEIM, 2008; MATULJA, 2012; RAY-BENNETT, 2010
<b>Ocupação Irregular</b>	DOBERSTEIN; STAGER, 2013; RAY-BENNETT <i>et al.</i> , 2010; TRAN <i>et al.</i> , 2009

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Quadro 2.** A Marginalização de grupos específicos abordada nos estudos selecionados.

GRUPOS ESPECÍFICOS	ARTIGOS
<b>Crianças</b>	XIMENES, 2010; DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; GUIMARÃES et al., 2014
<b>Pessoas com Deficiência</b>	BICH et al., 2011; LANE et al., 2013
<b>Mulheres</b>	XIMENES, 2010; DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; GUIMARÃES et al., 2014; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; RAY-BENNETT et al., 2010
<b>População Carcerária</b>	LANE et al., 2013
<b>Exclusão/Discriminação de Gênero</b>	GUIMARÃES et al., 2014; LANE et al., 2013; OTSUKI, 2014

Fonte: Elaborado pelos autores.

A vulnerabilidade é igualmente influenciada pelo nível de educação. Indivíduos com maior nível de escolaridade tendem a evitar e/ou reduzir os impactos decorrentes de enchentes, contrastando com indivíduos com menor nível de escolaridade (GUIMARÃES et al., 2014; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; ZAHRAN et al., 2008; KEIM, 2008).

Além disso, a falta de comunicação e educação pública sobre os riscos e o não envolvimento do público no processo de tomada de decisão também podem contribuir para aumentar a vulnerabilidade à inundação. A comunica o para informar os perigos, identificar grupos de risco e discutir medidas de preven o foi um elemento ressaltado como importante para melhorar a capacidade de adapta o, mitigar riscos e reduzir vulnerabilidade (SOLLIMAN, 2006; KEIM, 2008; XIMENES, 2010; STEWART, RASHID, 2011; GAMBLE et al., 2013).

A Figura 2 sintetiza as condi es sociais que contribuem para aumentar a vulnerabilidade   inunda o.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 2.** Dimensão social: aspectos que contribuem para aumentar a vulnerabilidade   inunda o.

## Dimensão física

A dimensão física da vulnerabilidade esteve presente em 20 estudos, seus aspectos encontram-se abaixo sistematizados.

As condi es ambientais, tais como, clima, cobertura vegetal, desmatamento de encostas e leitos de rios, foram variáveis identificadas como influentes na vulnerabilidade das popula es   inunda o. Desses fatores, a mudança climática tem



sido uma variável de importância crescente na agenda de debates, predominando as discussões sobre as possíveis consequências do aquecimento global (Quadro 03).

A localização geográfica do espaço urbano, a adequação da infraestrutura urbana (drenagem urbana, esgotamento sanitário, gerenciamento de resíduos, estradas, contenções para evitar o perigo, entre outros), a aglomeração de pessoas em terras inadequadas para construção residencial e comercial, localizadas em áreas propensas às inundações também foram apontados como fatores relacionados à exposição ao risco de inundação (Quadro 3).

**Quadro 3.** A dimensão física da vulnerabilidade abordada nos estudos selecionados.

<b>DIMENSÃO FÍSICA</b>	<b>ARTIGOS</b>
<b>Clima</b>	BICH et al., 2011; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; GAMBLE et al., 2013; KEIM, 2008; KIM; CHOI, 2011; LANE et al., 2013; MATULJA, 2012; TRAN et al., 2009; XIMENES, 2010
<b>Mudança Climática</b>	LANE et al., 2013; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; MATULJA, 2012
<b>Aquecimento Global</b>	KEIM, 2008; MATULJA, 2012; XIMENES, 2010
<b>Cobertura Vegetal</b>	FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; TRAN et al., 2009
<b>Desmatamento de Encostas e Leitos de Rios</b>	DOBERSTEIN; STAGER, 2013; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; MATULJA, 2012; STEWART; RASHID, 2011; XIMENES, 2010; SOLLIMAN, 2006
<b>Localização Geográfica do Espaço Urbano</b>	DOBERSTEIN; STAGER, 2013; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; KEIM, 2008; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; MATULJA, 2012; PAUL; ROURAY, 2010; RAY-BENNETT, 2010; ZAHRAN et al., 2008; TRAN et al., 2009
<b>Adequação da Infraestrutura Urbana</b>	DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; DOBERSTEIN; STAGER, 2013; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; GAMBLE et al., 2013; KEIM, 2008; LANE et al., 2013; MATULJA, 2012; ZAHRAN et al., 2008; TRAN et al., 2009
<b>Agglomeração de Pessoas</b>	DOBERSTEIN; STAGER, 2013; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; GAMBLE et al., 2013; OTSUKI, 2014; XIMENES, 2010; SOLLIMAN, 2006

Fonte: Elaborado pelos autores.

Soma-se a esses elementos a ausência de políticas de planejamento de infraestrutura habitacional, que tem levado um contingente expressivo da população a viver em assentamentos informais precários, com habitações inadequadas, acesso à terra irregular e o déficit no acesso a serviços básicos (de saúde, educação e saneamento) (BICH et al., 2011; DOBERSTEIN; STAGER, 2013; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; KEIM, 2008; OTSUKI, 2014; SOLLIMAN, 2006). No Brasil, segundo dados divulgados pelo Ministério das Cidades, 7,2 milhões de famílias estão excluídas do acesso à habitação digna, especialmente nas regiões Sudeste e Nordeste (BRASIL, 2004).

Dispositivos de infraestruturas para mitigar riscos, tais como modificações dos canais de rios, aterros, reservatórios e barragens muitas vezes agravam as enchentes, pois podem inibir respostas eficazes, quando os indivíduos confiam integralmente nesses dispositivos (DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; SMITH et al., 2011; STEWART; RASHID, 2011; ZAHRAN et al., 2008).

A Figura 3 sistematiza as condições físicas que contribuem para aumentar a vulnerabilidade à inundação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 3.** Dimensão física - aspectos que contribuem para aumentar a vulnerabilidade à inundação.

Importante ainda destacar que a inundação pode ter implicações diretas sobre: (i) a infraestrutura local, como a interrupção da prestação de serviços de saúde; (ii) o ambiente, como a contaminação da água para consumo humano e dos alimentos; e, (iii) a saúde humana, como a manifestação de doenças transmissíveis, a ocorrência de transtornos mentais e morte (BICH et al., 2011; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; GAMBLE et al., 2013; KEIM, 2008; XIMENES, 2010; ZAHRAN et al., 2008; TRAN et al., 2009).

### Dimensão econômica

Dos 48 trabalhos analisados, 12 apresentam o aspecto econômico como uma dimensão da vulnerabilidade.

A pobreza associada à injustiça social foi um aspecto destacado como um fator que contribui para elevar o número de pessoas que vivem em condições precárias de vida e a vulnerabilidade. De modo geral, indivíduos com menor condição econômica são incapazes de custear moradias e outras infraestruturas capazes de suportar desastres (LEAL FILHO et al., 2019; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; TRAN et al., 2009). Dentre esses, alguns grupos, como evidenciam Freire; Bonfim; Natenzon (2014), podem se tornar ainda mais vulneráveis a enchentes vivenciando uma situação de acirramento dos efeitos do desastre, pela perpetuação da pobreza e das precárias condições de vida (FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014).

Deve-se reconhecer que os recursos investidos na fase de recuperação podem ser elemento chave na redução ou acirramento da vulnerabilidade. Os recursos contribuem para manutenção da vulnerabilidade quando não são bem investidos e a saída de muitas pessoas que sofreram com a perda de suas residências em inundações reforça vulnerabilidades, pois as pessoas são apenas deslocadas (BERNDTSSON et al., 2019; DOBERSTEIN; STAGER, 2013; KRISHNAN et al., 2019; THANVISITTHPON, 2019). Ao mesmo tempo, não se deve ignorar que a distribuição assimétrica de recursos aumenta os passivos e reduz as capacidades limitando a oportunidade de escolha de muitas pessoas.

A Figura 4 sintetiza as condições econômicas que contribuem para aumentar a vulnerabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 4.** Dimensão econômica - aspectos que contribuem para aumentar a vulnerabilidade à inundações.

Há de se considerar também que a disposição de recursos financeiros pelo Estado e comunidades são elementos que influenciam fortemente a capacidade de adaptação e resiliência de determinado território. Assim, na medida em que possibilitam o investimento em tecnologias, infraestrutura adequada e oferta de serviços sociais, favorecem a construção de instituições fortes e comunidades com elevado nível de organização social e capacidade de adaptação em situações de inundações (GAMBLE et al., 2013; SIEG et al., 2019). Destaque para os esforços de construção de ferramentas sinópticas e participativas de gestão de inundações para identificar os impactos prováveis das mudanças climáticas e das atividades humanas, apresentadas por Licuanan et al. (2015).

Além disso, destacamos que a análise de gravidade de eventos extremos mostra que a situação piora se as adaptações não estão incluídas na política e no quadro de desenvolvimento integrado com a alocação de recursos necessários. A avaliação de impactos deve destacar, segundo as pesquisas, o resultado da análise de custo-benefício das opções de adaptação (média e pior caso) para inundações e secas. Para isso, é fundamental o papel da metodologia integrada de avaliação de impacto de eventos extremos na realização das avaliações de vulnerabilidade para apoiar as decisões de adaptação a mudanças climáticas (ASLAM et al., 2017).

### Dimensão política

A dimensão política foi indicada em 16 das 48 publicações e seus aspectos encontram-se sistematizados a seguir.

Os níveis de organização e institucionalização e os planos de contingência (preparação, prevenção, resposta e recuperação) são apresentados por dez estudos como componentes dessa dimensão. Os estudos demonstram que quanto maior o grau de organização de uma comunidade, maior é sua capacidade de resiliência e menor a sua vulnerabilidade. À semelhança, quanto maiores forem os níveis de comprometimento, organização e responsabilidade política, bem como a capacidade de planejamento considerando a realidade do território, menor será a vulnerabilidade e os possíveis danos à população e ao meio (Quadro 4).

Em um contexto político, comunidades resilientes são aquelas estruturalmente organizadas para minimizar os efeitos dos desastres e que são capazes de se recuperar rapidamente, restaurando a vitalidade da comunidade. Esse capital social tem sido visto como um elemento fundamental para mudar a resposta aos desastres, o que requer uma maior integração da participação pública no planejamento e gestão de redução de inundações. Nesse sentido, a mobilização das capacidades locais e parcerias com as comunidades devem

ser consideradas um componente essencial em qualquer plano de gestão de desastre. Quando mobilizadas, as comunidades têm mostrado ser uma fonte de resiliência, contribuindo com ideias inovadoras para mitigar os impactos negativos das enchentes (Quadro 4).

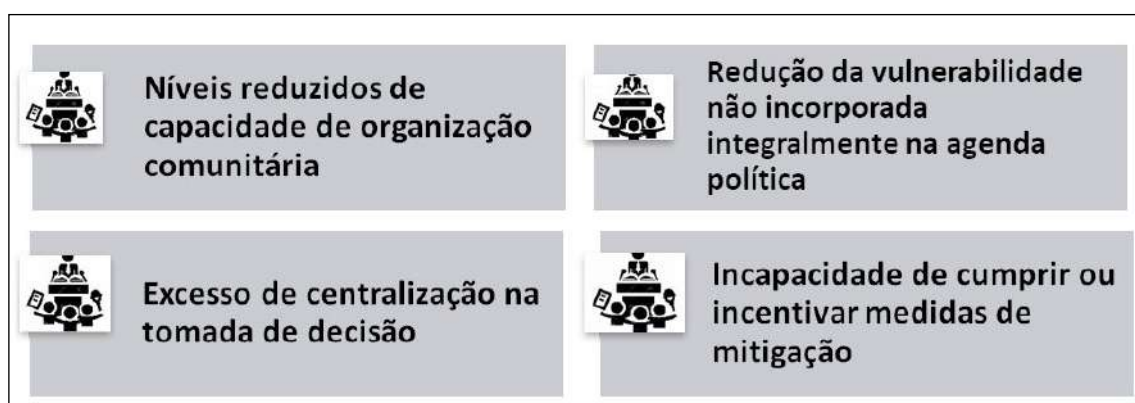
**Quadro 4.** A dimensão política da vulnerabilidade abordada nos estudos selecionados.

<b>DIMENSÃO POLÍTICA</b>	<b>ARTIGOS</b>
<b>Níveis de Organização e Institucionalização e os Planos de Contingência</b>	BERNDTSSON et al., 2019; DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; KEIM, 2008; MATULJA, 2012; OTSUKI, 2014; QIANG, 2019; SMITH et al., 2011; ZAHRAN et al., 2008; GAMBLE et al., 2013; DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; BERNDTSSON et al., 2019
<b>Organização Comunitária</b>	FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; GAMBLE et al., 2013; KEIM, 2008; MATULJA, 2012; OTSUKI, 2014
<b>Comprometimento, Organização e Responsabilidade Política</b>	FREIRE; BONFIM; NATENZON, 2014; GAMBLE et al., 2013; MATULJA, 2012; OTSUKI, 2014
<b>Participação Pública</b>	GAMBLE et al., 2013; KEIM, 2008; OTSUKI, 2014; SMITH et al., 2011; TAUZER et al., 2019; ZAHRAN et al., 2008; TRAN et al., 2009
<b>Mobilização Comunitária</b>	DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; OTSUKI, 2014; SMITH et al., 2011; TAUZER et al., 2019; ZAHRAN et al., 2008

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em situações pós-inundações a quantidade real de dano causada foi destacada como um fator que pode vir a se constituir uma força motriz, que estimula os governantes a reforçarem as políticas de prevenção (MESSNER, MEYER, 2007), ou a se traduzir em omissão das autoridades e falta de vontade política (DOBERSTEIN; STAGER, 2013; OTSUKI, 2014). De acordo com Doberstein e Stager (2013) este último aspecto pode ser evidenciado quando: (i) os principais atores envolvidos no processo de reconstrução não entendem ou não praticam a redução da vulnerabilidade; (ii) há uma preocupação do governo em reconstruir em um menor período de tempo possível os danos sofridos, mas não necessariamente, uma reconstrução de qualidade; (iii) existem disputas internas sobre o processo de reconstrução; (iv) não há uma postura proativa de prevenção, mas de resposta; (v) existe uma dependência excessiva de estruturas físicas para prevenção, tais como, canais, contenções e barragens; e (vi) a tomada de decisão do governo é extremamente lenta com relação à avaliação de zonas de risco (DOBERSTEIN; STAGER, 2013).

A Figura 5 sistematiza as condições políticas que contribuem para aumentar a vulnerabilidade à inundação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 5.** Dimensão política - aspectos que contribuem para aumentar a vulnerabilidade à inundação.

A área da saúde é considerada por alguns estudos (ARIO et al., 2019; DOGRA; KAKDE; TANEJA, 2019; SCHMELTZ; MARCOTULLIO, 2019) como um indicador importante da vulnerabilidade social, com destaque para o trabalho realizado em Uganda integrando várias instituições e otimizando recursos (ARIO et al., 2019). Eventos de saúde pública são um grande desafio na região, com impacto significativo na segurança global da saúde.

A prevenção foi indicada pela totalidade dos estudos analisados como um aspecto fundamental à minimização dos danos causados. Em termos sociais, sua prática contribui para a redução do número de feridos e de vítimas fatais e dos agravos psicossociais nos sobreviventes, bem como a prevenção de doenças e demais problemas relacionados à falta de acesso a diferentes serviços sociais. Em termos econômicos, possibilita a diminuição dos custos com a adoção de ações e estratégias após evento, tais como, o investimento em abrigos temporários, aluguéis sociais e em políticas de reassentamento das populações.

### Dimensão cultural

Das 48 pesquisas, 12 abordaram a dimensão cultural como aspecto importante da vulnerabilidade, conforme sistematizado a seguir.

A vulnerabilidade a inundações é também influenciada por valores, atitudes e práticas, que as pessoas desenvolvem em situações de risco, em um processo complexo que envolve aspectos cognitivos, afetivos, sociais e individuais. A noção de percepção de risco, que se refere aos julgamentos intuitivos dos indivíduos e grupos sociais acerca do risco, pode, portanto, variar entre as pessoas (DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012).

Nessa perspectiva, indivíduos de um mesmo território podem avaliar o risco de sofrerem com uma inundação de forma muito diferente, seja porque eles não têm a mesma percepção da experiência de ser atingido por uma inundação ou possuem diversos grau de acesso à informação sobre a probabilidade da ocorrência de inundação, medidas de proteção e sua eficácia (DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; HILDA HERZER, 2006).

Foi ainda especificado que os indivíduos podem subestimar, minimizar ou mesmo negar a existência do risco, por não suportarem a ideia de viver em uma área perigosa (DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012), ou por confiarem integralmente nos dispositivos de proteção (barragens, diques, muros de contenção) ou nas políticas de prevenção e gestão do risco (DE MARCHI; SCOLOBIG, 2012; XIMENES, 2010; HILDA HERZER, 2006).

Devido à diferença nas percepções, a maneira dos indivíduos, grupos sociais e representantes do poder público em lidar com as enchentes pode ser muito diferente. Um grupo de indivíduos, por exemplo, pode estar inclinado a empreender medidas para reduzir o risco de inundação, enquanto outro pode se apresentar mais apático, por vontade própria ou por achar que suas ações pouco podem contribuir, ou ainda, por acreditar que essa é uma atribuição do poder público (MESSNER; MEYER, 2007).

A diminuição da perda progressiva de competências de autoproteção da população contra inundações no decorrer dos anos foi outro aspecto associado à vulnerabilidade. Segundo Marchi e Scolobig (2012), a maioria das pessoas, atualmente, não toma todas as medidas de precaução para proteger suas casas e nem sabe como se comportar em caso de emergência como seus antepassados que sabiam detectar os sinais ambientais de perigo iminente (como fortes chuvas) e decidir sobre o momento adequado para deixar um lugar sob ameaça.

Somando-se a todas estas situações existe também a baixa sensibilização, seja da população ou de atores políticos, para a preservação do meio ambiente e consciência sobre os riscos (ABEBE et al., 2019; HELMI et al., 2019; LOWE; EBI; FORSBERG, 2013; TRAN et al., 2009; HERZER, 2006; SOLLIMAN, 2006)

A valorização insuficiente da cultura dos indivíduos e comunidades também foi um elemento destacado como responsável pelo aumento da vulnerabilidade. Doberstein e Stager (2013) ao estudarem as consequências do desastre de dezembro de 1999 no estado de Vargas na Venezuela, constataram como razão para o não êxito da política de reassentamento da população que sofreu com a inundação, fatores como não incorporação da população no processo de discussão da política, como a não afinidade da população realocada com o novo território; diversidade de culturas e modos de vida tendo que conviver em um mesmo local; impossibilidade dos realocados praticarem na nova terra os meios de subsistência habituais (pesca, turismo e trabalho portuário); e, a carência de infraestrutura de serviços de saúde e educação.

Em consideração a diversidade de percepções de risco existentes em um território, um processo de comunicação e debate sobre o risco de inundações, envolvendo gestores, políticos e comunidade, deve ser incentivado como uma base para a política, pois estes desempenham importante papel na criação e/ou na redução de vulnerabilidades. A experiência de formulação de projetos considerando as necessidades da comunidade e em conjunto com ela, tem se demonstrado um fator positivo na prevenção da geração de problemas e em sentido mais amplo, influenciam na capacidade da sociedade para superar as consequências do perigo e para restabelecer as condições anteriores à inundação (XIMENES, 2010; HERZER, 2006; MESSNER; MEYER, 2007; SOLLIMAN, 2006).

A Figura 6 sintetiza as condições culturais que contribuem para aumentar a vulnerabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 6.** Dimensão cultural: aspectos que contribuem para aumentar a vulnerabilidade à inundação.

Estudos demonstram especificamente que as vulnerabilidades e os riscos para a saúde de populações especiais como as portadoras do vírus HIV aumentam em uma situação de desastre, como inundações, se o acesso à prevenção, tratamento, cuidados e suporte do HIV não for abordado e assegurado (ANTHONJ et al., 2015). Ainda indicam que as principais causas subjacentes à vulnerabilidade foram: pobreza, pressão populacional (fazendo com que as pessoas se movam para áreas de alto risco), conhecimento insatisfatório sobre preparação para desastres e crenças culturais que afetam a habilidade das pessoas para lidar com essas situações, indicando vínculos profundamente enraizados com a pobreza e a cultura (OSURET et al., 2016).

## Dimensão tecnológica

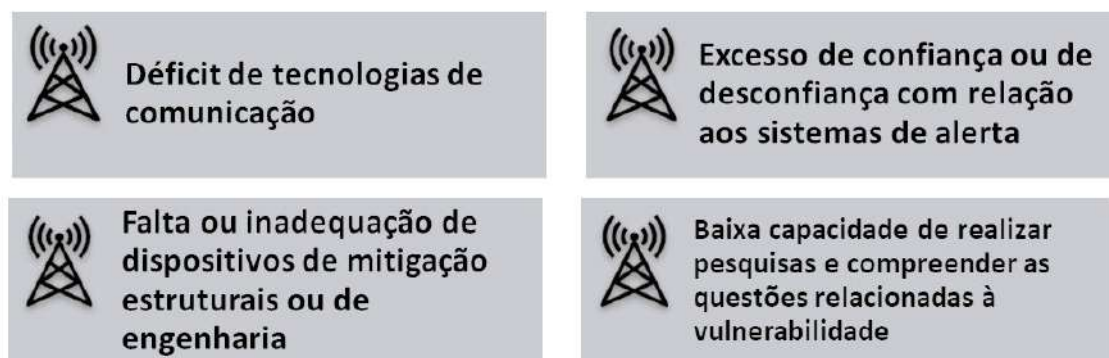
A dimensão tecnológica e seus aspectos como relevante para a questão da vulnerabilidade foi encontrada em 15 trabalhos. Os principais aspectos destacados nessa dimensão foram as tecnologias e metodologias de avaliação da vulnerabilidade.

Segundo esses autores (BERA; DAS; MAZUMDER, 2019; JOSEPH, 2013; KIM; CHOI, 2011; OTSUKI, 2014; SMITH et al., 2011; SUPATMI; HOU; SUMITRA, 2019; XIMENES, 2010; ZAHRAN et al., 2008; MESSNER; MEYER, 2007; TRAN et al., 2009) mesmo com avanços conquistados no mapeamento da vulnerabilidade, ainda há necessidade de se discutir as abordagens metodológicas para melhor gerenciar os riscos de inundação e estimar os níveis de vulnerabilidade. Seis dos trabalhos propuseram métodos matemáticos com essa finalidade (BERA; DAS; MAZUMDER, 2019; JOSEPH, 2013; KIM; CHOI, 2011; SUPATMI; HOU; SUMITRA, 2019; TRAN et al., 2009).

Guimarães et al. (2014) propuseram um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) que combina variáveis sociais, socioeconômicas e demográficas, e, destaca que ainda não há um consenso, universalmente aceito na literatura, de quais variáveis devem ser utilizadas. Joseph (2013) sugere um método, para auxiliar os atores políticos no processo de avaliação da vulnerabilidade local, baseado no risco de desastre e na probabilidade de exposição ao risco, obtido a partir de dados de inundações anteriores. Kim e Choi (2011) desenvolveram um índice de inundação a fim de avaliar a vulnerabilidade a enchentes extremas causadas por tempestades. Tran et al. (2009) discutiram um método que integra o conhecimento local, o Sistema de Informação Geográfico (SIG) e mapas de risco para o gerenciamento de risco de desastres.

Tecnologias de comunicação, a exemplo, da internet e mídias sociais, assim como as tecnologias e sistemas para identificação e alerta rápidos, acoplados com planejamento para aumentar a resiliência da comunidade, foram indicados como fatores que podem contribuir para redução da vulnerabilidade (GAMBLE et al., 2013; XIMENES, 2010). Soluções estruturais ou de engenharia são alternativas comumente empregadas, especialmente, pós-inundações para reduzir os riscos, mas não é necessariamente sempre a melhor técnica de gestão de desastres, principalmente, se as outras abordagens complementares de redução de riscos não são agregadas (DOBERSTEIN; STAGER, 2013; OTSUKI, 2014).

A Figura 7 sistematiza as condições tecnológicas que contribuem para aumentar a vulnerabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 7.** Dimensão tecnológica - aspectos que contribuem para aumentar a vulnerabilidade à inundação.

A questão da inovação tecnológica assume novo paradigma, sendo considerada fundamental para a redução da vulnerabilidade a adoção de um modelo de desenvolvimento que seja ambientalmente sustentável e que integre desenvolvimento

econômico com a responsabilidade social e ambiental (JOSEPH, 2013; XIMENES, 2010). A utilização das tecnologias existentes e a realização de pesquisas para compreender o tema da vulnerabilidade foram evidenciadas como estratégias a serem empregadas para explorações mais detalhadas para prevenção e redução dos efeitos negativos das enchentes (JOSEPH, 2013; MATULJA, 2012; NG et al., 2019; PAPATHOMA-KÖHLE; SCHLÖGL; FUCHS, 2019; XIMENES, 2010). Destaque para a construção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental de Barragem que busca quantificar os impactos atuais e potenciais de barragens em bacias hidrográficas e possíveis áreas de inundação. A escala da degradação ambiental previsível indica a necessidade de ação coletiva entre nações e estados para evitar impactos cumulativos e de longo alcance. No caso, inovações institucionais para avaliar e evitar o empobrecimento provável dos rios amazônicos deve ser uma meta de gestores e acadêmicos (LATRUBESSE et al., 2017).

No caso específico das inundações, muitos estudos consideram que a modelagem do risco de inundação e exposição melhorou em qualidade (LEFEBVRE et al., 2019), mas evidências convincentes sobre padrões espaciotemporais na vulnerabilidade das sociedades em todo o mundo ainda faltam. Devido a essa lacuna de conhecimento, os efeitos da vulnerabilidade no risco global de inundação não são totalmente compreendidos e as projeções futuras de mortes e perdas disponíveis hoje são baseadas em suposições simplistas ou não incluem a par vulnerabilidade/resiliência (JONGMAN et al., 2015).

### Alterações e variabilidades climáticas

Os artigos mais recentes levantados trazem uma preocupação crescente com as alterações climáticas, aumento de temperatura do planeta, mudança nos regimes de chuvas, alternância de secas e chuvas fortes e subida do nível do mar. Estes trabalhos parecem indicar uma tendência no tema das inundações e incluem preocupações com adaptabilidade às mudanças climáticas e às vulnerabilidades socioambientais acumuladas. Tal tendência passa a justificar a razão dos estudos e envolve a espiral de vulnerabilidade. Simulações publicadas na revista *Nature Communications* (KULP; STRAUSS, 2019), em 2019, triplicam as estimativas da população exposta à subida do nível do mar e inundações costeiras combinadas às estimativas de emissões de carbono. Sob baixas emissões, em 2100, a população exposta, isto é, que vivem abaixo das linhas da maré seriam 190 milhões. Sob altas emissões, em 2100, esse número pode atingir 630 milhões.

Estudos gerais ou comparativos ainda são poucos como o realizado entre Miami e Veneza (MOLINAROLI; GUERZONI; SUMAN, 2019) para estudar as soluções relativas à subida do nível do mar. Esse esforço mais geral e comparativo se concentra nos espaços urbanos (BERNDTSSON et al., 2019) e busca os padrões e as boas práticas para políticas públicas adaptativas às mudanças climáticas a partir do mapeamento de vulnerabilidades.

### Considerações finais

Diante da crescente ênfase no estudo da gestão de emergência e desastre, o presente trabalho buscou tratar a vulnerabilidade à inundação como fenômeno sistêmico que é formado por uma combinação de dimensões que se atravessam e se interligam. Nessa perspectiva, se o entendimento acerca da vulnerabilidade acontece de forma limitada e reducionista, sem levar em consideração suas múltiplas dimensões, muito provavelmente, também serão as medidas empreendidas para sua redução.

Mesmo assim, ao consolidar e descrever as múltiplas dimensões da vulnerabilidade, a presente revisão constatou que diversas são as estratégias metodológicas utilizadas para análise da vulnerabilidade e a inexistência de uma abordagem mais geral. A perspectiva sistêmica é um



profícuo caminho evidenciado na literatura e reforçado neste artigo. Contudo, novos estudos são primordiais para ampliar e aprofundar as discussões e a troca de experiências.

Acreditamos que a vulnerabilidade social pode ser o fio condutor que aglutina todos os estudos aqui destacados. No entanto, é preciso que sejam sempre referenciados às populações e comunidades.

Assumimos assim, a partir da revisão da literatura, que o conceito de vulnerabilidade parece sofrer do mesmo mal do seu par positivo, o conceito de resiliência: o de sempre transformar seres humanos em objetos de pesquisa no formato sujeito-objeto das ciências exatas. Seus parâmetros economicistas (que quando usados nunca possuem a capacidade de registrar o valor essencial, irreduzível, imaterial e não-quantificável da vida e da liberdade humanas), o transforma em um conceito óbvio e regressivo, isto é, vulnerabiliza quem deve ser vulnerabilizado. Correlacionar vulnerabilidade com desastres, aqui especificamente com inundações, faz a o conceito de vulnerabilidade ser dependente do evento-extremo, e só assim a correlação ganha alguma densidade explicativa (PORTELLA; OLIVEIRA; DUTRA, 2015). Em outras palavras, agravados pelo inesperado das mudanças climáticas, estamos sempre a olhar para trás.

Dessa forma, reconhecemos a necessidade da adequação das metodologias que irão gerar um indicador complexo tão mais geral quanto específico, tão mais global como local, que utilizará com referência crítica os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, roteiro consensual de desigualdades a serem territorializadas e mapeadas. Nesse entendimento, reconhecemos que o modelo de desenvolvimento é a maior ameaça a ser superada por estar baseado na produção massiva e consumo desenfreado de bens com a utilização descontrolada de recursos naturais. Temos clareza que até o conceito de vulnerabilidade social, ou socioambiental, deve ser retrabalhado, pois a vulnerabilidade não é a expressão de uma falta de gestão objetiva e eficiente, mas sim, de uma qualidade intrínseca a esse sistema de produção-consumo. A produção de desigualdade social é antes de tudo uma premissa estrutural do sistema, e antes de ser superada, ela é inevitavelmente deslocada entre povos, países, sociedades e comunidades, em prol de uma parcela reduzida da humanidade. Assim sendo, devemos falar em algum momento de indicadores de desigualdade e vulnerabilidades capitalistas, ou ainda de indicadores de vulnerabilidades e desigualdades coloniais – hoje, decoloniais -, e reconstruir os conceitos de expressão dos indicadores matematicamente produzidos e fatorialmente aplicados.

Uma melhor compreensão da vulnerabilidade, portanto, requer uma abordagem holística e multidimensional, que abarque diferentes olhares e conhecimentos. Demanda a participação de um conjunto de atores, incluindo cidadãos, políticos, gestores, estudiosos e instituições que devem trabalhar em conjunto objetivando identificar as situações problemas, em uma visão partilhada, embora, sem dúvida, com diferentes funções e responsabilidades em prol da redução da vulnerabilidade a desastres. Mas a participação cidadã é o seu marco fundamental.

Em suma, na perspectiva de contribuir com as discussões e políticas de Redução de Risco de Desastres e ao mundo que se avizinha, o desafio é conhecer o processo de vulnerabilização e intervir sobre ele, através de uma política global, integrada e interdisciplinar, compartilhada com e por todos, em rede.

## Referências

- ABEBE, Y. A. et al. Flood risk management in Sint Maarten: a coupled agent-based and flood modelling method. **J Environ Manage**, v. 248, p. 109317, 2019.
- ANTHONJ, C. et al. The impact of flooding on people living with HIV: a case study from the Ohangwena Region, Namibia. **Glob Health Action**, v. 8, p. 26441, 2015.

- ARIO, A. R. et al. The logic model for Uganda's health sector preparedness for public health threats and emergencies. **Glob Health Action**, v. 12, n. 1, p. 1664103, 2019.
- ASLAM, A. Q. et al. Vulnerability and impact assessment of extreme climatic event: A case study of southern Punjab, Pakistan. **Sci Total Environ**, v. 580, p. 468–481, 2017.
- AYRES, J. R. C. M. Práticas educativas e prevenção de HIV/Aids: lições aprendidas e desafios atuais. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 6, n. 11, p. 11–24, ago. 2002.
- AYRES, J. R. C. M. et al. O conceito de vulnerabilidade e as práticas de saúde: novas perspectivas e desafios. In: CZERESNIA, DINA; FREITAS, C. M. DE. (Ed.). **Promoção da saúde: conceitos, reflexões, tendências**. 2003. v. 2, p. 117-139.
- BERA, S.; DAS, A.; MAZUMDER, T. A multi-objective framework for multidimensional vulnerability assessment: case of a coastal district of West Bengal, India. **J Environ Manage**, v. 249, p. 109411, 2019.
- BERNDTSSON, R. et al. Drivers of changing urban flood risk: a framework for action. **J Environ Manage**, v. 240, p. 47–56, 2019.
- BICH, T. H. et al. Impacts of flood on health: epidemiologic evidence from Hanoi, Vietnam. **Glob Health Action**, v. 4, p. 6356, 2011.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Habitação**. 2004. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, p. 59–69, jun. 2011.
- DESCRITORES EM CIÊNCIAS DA SAÚDE: DeCS. ed. rev. e ampl. São Paulo: BIREME / OPAS / OMS, 2020. Disponível em: <http://decs.bvsalud.org>. Acesso em: 1 jun. 2017.
- DE MARCHI, B.; SCOLOBIG, A. The views of experts and residents on social vulnerability to flash floods in an Alpine region of Italy. **Disasters**, v. 36, n. 2, p. 316–337, 2012.
- DOBERSTEIN, B.; STAGER, H. Towards guidelines for post-disaster vulnerability reduction in informal settlements. **Disasters**, v. 37, n. 1, p. 28–47, 2013.
- DOGRA, N.; KAKDE, V.; TANEJA, P. Decision tool for climate disasters and infectious disease at sub-national level in India: ensuring a paradigm shift in health planning from prevalence to vulnerability. **Acta Trop**, v. 191, p. 60–68, 2019.
- FREIRE, N. C. F.; BONFIM, C. V. DO; NATENZON, C. E. Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na Saúde em regiões periféricas: o caso de Alagoas, Brasil. **Cien Saude Colet**, v. 19, n. 9, p. 3755–3762, 2014.
- GAMBLE, J. L. et al. Climate change and older Americans: state of the science. **Environ Health Perspect**, v. 121, n. 1, p. 15–22, 2013.
- GUIMARÃES, R. M. et al. Construção e validação de um índice de vulnerabilidade socioambiental para a vigilância e gestão de desastres naturais no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cien Saude Colet**, v. 19, n. 10, p. 4157–4165, 2014.
- HELMİ, H. et al. Flood vulnerability level analysis as a hydrological disaster mitigation effort in Krueng Jreue Sub-Watershed, Aceh Besar, Indonesia. **Jamba**, v. 11, n. 1, p. 737, 2019.
- HERZER, H. Inundaciones: entre lo ordinario y lo extraordinario de-construyendo el riesgo en la ciudad argentina de Pergamino. **Revista Milenio Ambiental**, p. 17- 21 ST- Inundaciones: entre lo ordinario y lo, 2006.
- JANCZURA, R. Risco ou vulnerabilidade social? **Textos & Contextos**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 301–308, ago./dez. 2012.
- JONGMAN, B. et al. Declining vulnerability to river floods and the global benefits of adaptation. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 112, n. 18, p. E2271-80, 2015.
- JOSEPH, J. Measuring vulnerability to natural hazards: a macro framework. **Disasters**, v. 37, n. 2, p. 185–200, 2013.
- KEIM, M. E. Building human resilience: the role of public health preparedness and response as an adaptation to climate change. **Am J Prev Med**, v. 35, n. 5, p. 508–516, 2008.

- KIM, E. S.; CHOI, H. IL. Assessment of vulnerability to extreme flash floods in design storms. **Int J Environ Res Public Health**, v. 8, n. 7, p. 2907–2922, 2011.
- KRISHNAN, P. et al. Framework for mapping the drivers of coastal vulnerability and spatial decision making for climate-change adaptation: A case study from Maharashtra, India. **Ambio**, v. 48, n. 2, p. 192–212, 2019.
- KULP, S. A.; STRAUSS, B. H. New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. **Nat Commun**, v. 10, n. 1, p. 4844, 2019.
- LANE, K. et al. Health effects of coastal storms and flooding in urban areas: a review and vulnerability assessment. **J Environ Public Health**, v. 2013, p. 913064, 2013.
- LATRUBESSE, E. M. et al. Damming the rivers of the Amazon basin. **Nature**, v. 546, n. 7658, p. 363–369, 2017.
- LEAL FILHO, W. et al. Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. **Sci Total Environ**, v. 692, p. 1175–1190, 2019.
- LEFEBVRE, G. et al. Predicting the vulnerability of seasonally-flooded wetlands to climate change across the Mediterranean Basin. **Sci Total Environ**, v. 692, p. 546–555, 2019.
- LICUANAN, W. Y. et al. I-C-SEA Change: a participatory tool for rapid assessment of vulnerability of tropical coastal communities to climate change impacts. **Ambio**, v. 44, n. 8, p. 718–736, 2015.
- LOWE, D.; EBI, K. L.; FORSBERG, B. Factors increasing vulnerability to health effects before, during and after floods. **Int J Environ Res Public Health**, v. 10, n. 12, p. 7015–7067, 2013.
- LUO, T. et al. World's 15 Countries with the Most People Exposed to River Floods. **World Resources Institute**, p. 1, 2015.
- MATULJA, A. **Capacidade adaptativa no bioma Mata Atlântica: estudo de caso do município de São Sebastião, Litoral Norte de São Paulo**, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-29052012-092227/publico/alinematulja.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2017.
- MCENTIRE, D. A. Triggering agents, vulnerabilities and disaster reduction: towards a holistic paradigm. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, v. 10, n. 3, p. 189–196, 2001.
- MENDES, J. M. et al. A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 93, n. 93, p. 95–128, 2011.
- MESSNER, F.; MEYER, V. Flood damage, vulnerability and risk perception: challenges for flood damage research. In: **Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures**. [s.l.] Springer Netherlands, 2007. p. 149–167.
- MOLINAROLI, E.; GUERZONI, S.; SUMAN, D. Do the adaptations of venice and miami to sea level rise offer lessons for other vulnerable coastal cities? **Environ Manage**, v. 64, n. 4, p. 391–415, 2019.
- NG, K. et al. An integrated coastal vulnerability approach to small islands: the azores case. **Sci Total Environ**, v. 690, p. 1218–1227, 2019.
- OCHA. **Natural disasters in Latin America and the Caribbean: 2000-2019**. 2020. Disponível em: [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/20191203-ocha-desastres\\_naturales.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/20191203-ocha-desastres_naturales.pdf). Acesso em: 1 jan. 2020.
- OSURET, J. et al. Coping strategies for landslide and flood disasters: a qualitative study of Mt. **Elgon Region**, Uganda. v. 8, 2016.
- OTSUKI, K. **Desenvolvimento (in)sustentável e desastres: as contribuições da bioética na análise do processo de vulneração socioambiental, tendo como caso de estudo os desastres ocorridos na cidade do Rio de Janeiro em abril de 2010**. 2014. Disponível em: <http://bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=4026>. Acesso em: 1 jun. 2017.

- PAPATHOMA-KÖHLE, M.; SCHLÖGL, M.; FUCHS, S. Vulnerability indicators for natural hazards: an innovative selection and weighting approach. **Sci Rep**, v. 9, n. 1, p. 15026, 2019.
- PAUL, S. K.; ROUTRAY, J. K. Flood proneness and coping strategies: the experiences of two villages in Bangladesh. **Disasters**, v. 34, n. 2, p. 489–508, 2010.
- PORTELLA, S.; NUNES, J. Populações serranas excluídas, cidades insustentáveis: o enigma da participação pública. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 10, p. 4223-4228, out. 2014.
- PORTELLA, S.; OLIVEIRA, S.S.; DUTRA, R. Tudo é água... e participação social. **Labor & Engenho**, Campinas [SP], v.9, n.4, p.66-75, out./dez. 2015.
- RAY-BENNETT, N. S. The role of microcredit in reducing women's vulnerabilities to multiple disasters. **Disasters**, v. 34, n. 1, p. 240–260, 2010.
- RAY-BENNETT, N. S. et al. Exploring the meaning of health security for disaster resilience through peoples perspectives in Bangladesh. **Health Place**, v. 16, n. 3, p. 581–589, 2010.
- SCHMELTZ, M. T.; MARCOTULLIO, P. J. Examination of human health impacts due to adverse climate events through the use of vulnerability mapping: a scoping review. **Int. J. Environ. Res. Public Health (Online)**, v. 16, n. 17, 2019.
- SIEG, T. et al. Integrated assessment of short-term direct and indirect economic flood impacts including uncertainty quantification. **PLoS One**, v. 14, n. 4, p. e0212932–e0212932, 2019.
- SMITH, W. et al. Social impact of the 2004 Manawatu floods and the 'hollowing out' of rural New Zealand. **Disasters**, v. 35, n. 3, p. 540–553, 2011.
- SOLLIMAN, N. Disminuyendo la vulnerabilidad después del Mitch: alcantarillado sanitario y lagunas de oxidación en una ciudad hondureña. **Milenio Ambiental**, p. 41–5, 2006.
- STEWART, R. M.; RASHID, H. Community strategies to improve flood risk communication in the Red River Basin, Manitoba, Canada. **Disasters**, v. 35, n. 3, p. 554–576, 2011.
- SUPATMI, S.; HOU, R.; SUMITRA, I. D. Study of hybrid neurofuzzy inference system for forecasting flood event vulnerability in Indonesia. **Comput Intell Neurosci**, v. 2019, p. 6203510, 2019.
- TAUZER, E. et al. A participatory community case study of periurban coastal flood vulnerability in southern Ecuador. **PLoS One**, v. 14, n. 10, p. e0224171–e0224171, 2019.
- THANVISITTHPON, N. Impact of land use transformation and anti-flood infrastructure on flooding in world heritage site and peri-urban area: A case study of Thailand's Ayutthaya province. **J Environ Manage**, v. 247, p. 518–524, 2019.
- TRAN, P. et al. GIS and local knowledge in disaster management: a case study of flood risk mapping in Viet Nam. **Disasters**, v. 33, n. 1, p. 152–169, 2009.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030. **Australian Journal of Emergency Management**, v. 30, n. 3, p. 9–10, 2015.
- WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T., DAVIS, I. **Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 2. ed. London: Routledge, 2004. 471 p.
- WRI. INDIA. **World Resources Institute/Making Big Ideas Happen**. Disponível em: <https://www.wri.org/>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- XIMENES, E. F. **Enchentes e saúde: levantamento das diferentes abordagens e percepções**, Região do Médio Paraíba, RJ. 2010. Disponível em: <http://bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=2360>. Acesso em: 1 jun. 2017.
- ZAHARAN, S. et al. Social vulnerability and the natural and built environment: a model of flood casualties in Texas. **Disasters**, v. 32, n. 4, p. 537–560, 2008.

# REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRE POR SECA – IMPLEMENTANDO O MARCO DE SENDAI NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Aderita Ricarda Martins de Sena<sup>1</sup>

Tais de Moura Ariza Alpino<sup>2</sup>

Carlos Machado de Freitas<sup>3</sup>

## Introdução

O mundo está vivendo eventos climáticos extremos de forma mais intensa, pondo em risco a vida das populações e dos ecossistemas. Os efeitos sobre os sistemas natural e humano são múltiplos e a gravidade desses depende de fatores locais que envolvem aspectos sociais, econômicos, ambientais, políticos e culturais (IPCC, 2019).

As mudanças climáticas estão cada vez mais provocando maior estresse nos sistemas naturais e humanos, aumentando os riscos já existentes para sobrevivência na terra, e resultando em danos sobre a biodiversidade, ecossistemas, saúde humana, e recursos como água, ar, solo e plantas (WATTS *et al.*, 2015; IPBES, 2018; IPCC, 2019). Segundo documentos recentes uma das materializações das mudanças climáticas são os efeitos sob a segurança alimentar e nutricional, devido ao aumento da magnitude e frequência de eventos extremos climáticos, assim como pelo aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Ambos tendem a diminuir a quantidade e qualidade nutricional dos alimentos (IPCC, 2019; SWINBURN *et al.*, 2019).

Com as projeções evidenciadas pelo IPCC, de que eventos climáticos se tornarão mais intensos e mais frequentes num futuro próximo, aumenta-se a probabilidade de maiores impactos sobre a saúde (IPCC, 2014). Dessa forma, impactos advindos direta e indiretamente das mudanças climáticas, incluindo principalmente os efeitos dos eventos climáticos extremos e a temperatura extrema, constituem-se em grandes desafios e preocupações para o setor saúde (WB, 2017). Estima-se também que os países ou localidades mais pobres tendem a sofrer maiores impactos, por apresentarem infraestruturas mais frágeis e menor capacidade de adaptação (FREITAS *et al.*, 2014; WB, 2017). Watts *et al.* (2015) afirmam que os riscos impostos pelas mudanças climáticas tanto podem ser ampliados como podem ser modificados por fatores sociais, como é a situação do Brasil diante da vulnerabilidade e dos desastres relacionados à seca ao longo de sua história.

## Eventos climáticos extremos e seus impactos sobre as condições de vida

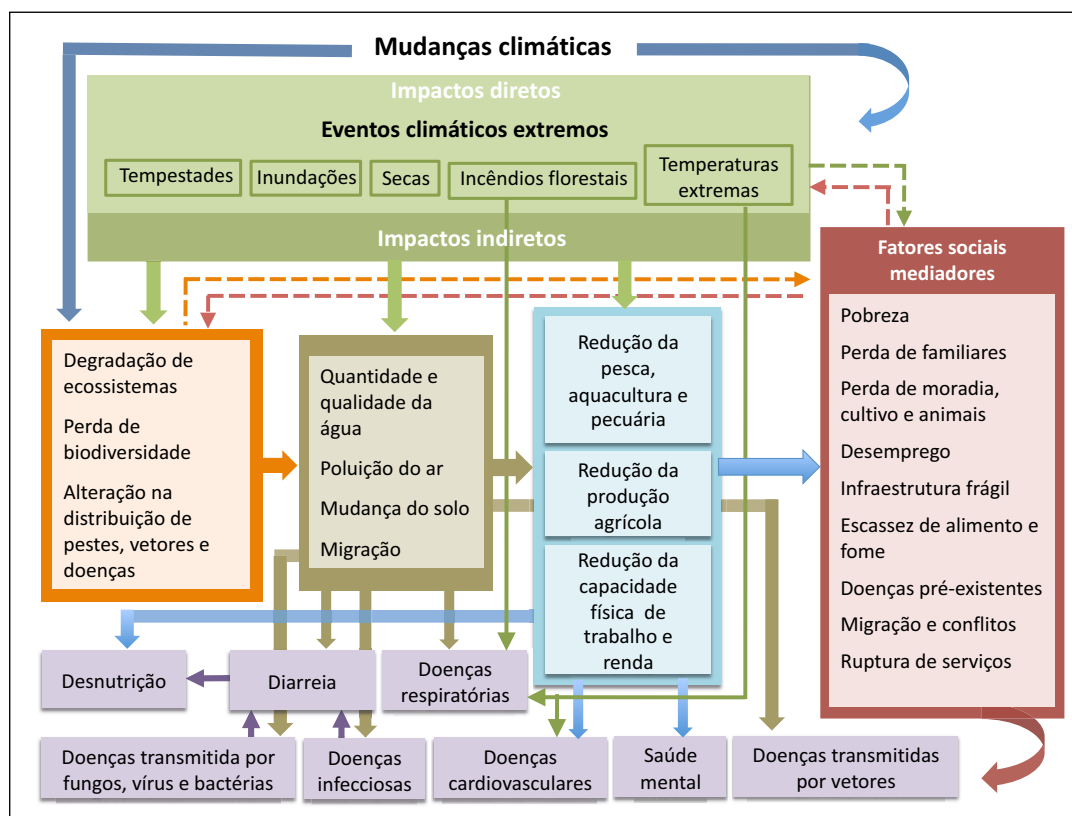
Evidências apontam que para cada serviço básico comprometido pelos impactos advindos das mudanças climáticas, por meio dos eventos climáticos extremos, a saúde humana também é comprometida (PAHO/WHO, 2008; WHO and WMO, 2012; FREITAS *et*

1 Pesquisadora colaboradora do Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde da Fiocruz. E-mail: aderitasena@gmail.com.

2 Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde, Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz. E-mail: arizatais@gmail.com.

3 Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde, Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz. E-mail: carlosmf@ensp.fiocruz.br.

al., 2014; SENA, 2019). As mudanças climáticas também impactam, indiretamente, sobre os ecossistemas, biodiversidade e sobre a distribuição de animais e vetores (causando pestes e doenças). Esses impactos modificam os recursos naturais, como água, solo, ar, prejudicando os meios essenciais à vida. Portanto, os diversos efeitos sobre a saúde podem ser diretos e indiretos, assim como também podem ser mediados por dinâmicas sociais (IPCC, 2007; PAHO/WHO, 2008; McMICHAEL, 2013; SMITH *et al.*, 2014; WILHITE *et al.*, 2014; WATTS *et al.*, 2015; BARCELLOS *et al.*, 2016), como apresentado na Figura 1 abaixo.



Fonte: Adaptado de IPCC (2007); PAHO/WHO (2008); McMichael (2013); Smith *et al.* (2014); Wilhite *et al.* (2014); Watts *et al.* (2015); Barcellos *et al.* (2016)

**Figura 1.** Impactos diretos e indiretos das mudanças climáticas sobre os sistemas ambiental e humano.

A Figura 1 apresenta os impactos diretos e indiretos das mudanças climáticas sobre os sistemas ambiental e humano. Os impactos diretos causam os eventos climáticos extremos que por sua vez incidem também em impactos indiretos sobre as dimensões ambiental (ex. ecossistema, água), econômica (ex. perda agrícola) e social (ex. migração, perda de trabalho), produzindo diversos efeitos negativos sobre a saúde humana. Por exemplo, em caso de secas, a escassez de água tende a causar redução na produção de alimentos e pesca, e prejuízos na criação de animais devido à morte de animais, causando também redução na capacidade física de trabalho e renda. Muitas vezes essas situações levam à escassez de alimentos e ao processo de migração em busca de melhorias para a sobrevivência. Os efeitos sobre a saúde são desnutrição e deficiências nutricionais, principalmente quando acompanhada por diarreia, aumento de doenças cardiovasculares e transtornos na saúde mental, devido às preocupações geradas pelos problemas. A qualidade da água tanto pode ser depreciada por eventos de seca, como por inundações e tempestades, provocando diarreia, doenças infecciosas, doenças transmitidas por fungos, bactérias. Em caso de temperaturas extremas, por exemplo as ondas de calor podem gerar diretamente doenças cardiovasculares e respiratórias.

Todos esses impactos sobre as dimensões ambiental, social e econômica tanto podem impulsionar, quanto serem mediados por fatores sociais (caracterizados como vulnerabilidades), os quais tendem a influenciar na magnitude dos efeitos e na capacidade de resiliência (SENA *et al.*, 2017). Além da ocorrência de desastres, esses determinantes em saúde também ameaçam a redução da pobreza e o desenvolvimento humano gerando um ciclo vicioso, onde a degradação ambiental se torna um elemento forte, devido a necessidade urgente por recursos naturais para sobrevivência. Diante dos desafios que envolvem múltiplos setores, muitas respostas são exigidas, e portanto, abre-se um leque de oportunidades para uma gestão integrada com foco e prioridade sobre a redução de riscos existentes e futuros para evitar desastres ou diminuir os impactos causados por esses.

## A Agenda pós 2015 para Redução de Riscos de Desastres

Com a alta demanda por respostas mais eficientes, o escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastre (UNDRR), criado para assegurar a implementação da estratégia internacional de redução de desastres, estabeleceu o Marco de Sendai 2015 – 2030 como primeiro acordo para o desenvolvimento pós 2015. Essa estratégia trabalha em conjunto com outros acordos estabelecidos na Agenda 2030, a exemplos do Acordo de Paris, da Agenda de Ação de Addis Ababa sobre Financiamento para o Desenvolvimento, da Nova Agenda Urbana, e da Agenda dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UNDRR, 2019). O objetivo do Marco de Sendai 2015 – 2030 incide sobre a necessidade de uma mudança de ações reativas para ações proativas sobre os riscos sociais, econômicos e ambientais, onde o fator político eleitoral não deve ser um impedimento, nem tão pouco deve sobrepor as ações com fins lucrativos (UNISDR, 2015).

É perceptível a interdependência entre as três agendas pós-2015 – combate às mudanças climáticas, redução de desastres, e desenvolvimento sustentável –, as quais precisam unir esforços para garantir a redução da pobreza e um desenvolvimento sustentável. A construção de resiliência é um fator essencial para contribuir com esses esforços (WILHITE *et al.*, 2014; CICCOTTI *et al.*, 2019). Deste modo, é necessário um governo consciente e comprometido (UNISDR, 2009) que considere as condições ambientais e sócioeconômicas de sua localidade para a formulação e implementação de políticas públicas (ALPINO *et al.*, 2016; SENA *et al.*, 2017).

Em um contexto de crescente e múltiplos riscos associados a desastres de qualquer origem há uma necessidade de ação intra e intersetorial integrada e meios de execução que possam contribuir para aumentar o conhecimento, a capacidade de adaptação e resiliência e a motivação para agir diretamente na redução do risco de desastres em todos os níveis de governo (BOWEN *et al.*, 2012; PASTORELLI JUNIOR, 2018). As quatro áreas prioritárias de ação recomendadas para desenvolver gestão de redução de risco de desastres se referem a: 1) Compreensão do risco de desastres; 2) Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres; 3) Investimento na redução do risco de desastres para aumentar a resiliência; 4) Melhoria na preparação para desastres, a fim de providenciar uma resposta eficaz e de “Reconstruir Melhor” em recuperação, reabilitação e reconstrução (UNISDR, 2015).

É importante também que as comunidades, principalmente as que estão expostas a situações de vulnerabilidades sejam inclusivas e participativas no processo de gestão de redução de riscos, passando de destinatários dos impactos para agentes atenuantes dos riscos (SENA *et al.*, 2018; PASTORELLI JUNIOR, 2018). Seguindo essa abordagem, o setor privado e as comunidades também devem fazer parte do planejamento de ações e políticas públicas, o que facilitaria tanto o aumento da capacidade de resiliência, quanto a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social local (TORO e PEDROSO, 2013; WB, 2013; OPAS, 2015).

Com base nesse contexto e a finalidade de evitar desastres sociais associados a eventos físicos naturais, as infraestruturas de uma cidade e os serviços básicos necessários à sobrevivência devem ser resilientes aos possíveis impactos que os eventos climáticos extremos podem causar (UNISDR, 2009; UNISDR, 2012). Aprender com os desastres anteriores também tem um significado amplo e importante nesse contexto, sendo uma das recomendações da Estratégia Internacional de Redução de Desastres (EIRD). Essa iniciativa ajuda a desenvolver melhor uma gestão proativa de redução de riscos de desastres.

Além disso, o sistema sócio-político em geral, incluindo o setor saúde, deve focar mais nesse ponto, para subsidiar as medidas de prevenção de danos nos sistemas ambiental e humano, e sobretudo garantir melhor proteção no futuro. Essas medidas podem melhorar as condições econômicas, a saúde e o bem estar das populações (UNISDR, 2012; OPAS, 2015; BRASIL/MS, 2015; SENA *et al.*, 2017).

Com o aumento de riscos sobre a saúde e a probabilidade de maiores danos no futuro, o investimento de recursos financeiros e humanos para o setor saúde e a capacidade de gestão para redução desses riscos, também deveria seguir o mesmo alinhamento e estabelecer estratégias de ações mais proativas.

O Brasil historicamente sofre com episódios de desastres naturais, especialmente os relacionados a eventos hidrológicos (tempestades e inundações) e climatológicos (secas e estiagens), sendo distribuídos de forma desigual, a depender da formação geográfica do território, da ocupação urbana, das condições de desenvolvimento local e das situações de vulnerabilidades existentes (BARCELLOS *et al.*, 2016). Considerando as 4 prioridades do Marco de Ação de Sendai, neste capítulo iremos focar na seca como o desastre natural mais frequente no país (CEPED, 2013) e que afeta a população do semiárido, principalmente as das áreas rurais que dependem da agricultura, pecuária e pesca como meios de subsistência.

## Secas no Semiárido Brasileiro

O Semiárido Brasileiro (SB) é uma área de bioma caatinga, composto por 1.262 municípios que fazem parte de 10 estados do Brasil. Entre esses estados se apresentam todos da região Nordeste e um estado da região Sudeste, composto pelo norte do estado de Minas Gerais. A população que vive e convive com as constantes secas no SB é de 27 milhões de habitantes, concentrando 13% da população brasileira (BRASIL/MIN, 2018). Grande parte dessa população vive com baixas e inadequadas condições econômicas, políticas e socioambientais (IBGE, 2010; SENA *et al.*, 2014; SENA *et al.*, 2017), constituindo-se em vulnerabilidades que fragilizam a capacidade de reduzir os riscos e de construir resiliência (FREITAS *et al.*, 2012).

Com a particularidade do bioma caatinga na região Nordeste, as secas de causa climática sempre fizeram parte desse ecossistema, atingindo em séculos passados a população indígena, que migravam para outra parte da região quando a seca chegava (MAGALHÃES, 2016). Com o adensamento da ocupação humana no interior da região e o desmatamento para criação de gado e produção de alimentos vieram também as vulnerabilidades sociais, onde as secas se tornaram mais frequentes, causando grandes impactos sobre a sociedade (MAGALHÃES, 2016). Portanto, as secas na região do Semiárido Brasileiro são historicamente recorrentes desde o século XVI causando ao longo da história vários impactos sobre as dimensões sociais, econômicas e ambientais (CARVALHO, 2012; MAGALHÃES, 2016). Segundo Alpino *et al.* (2014), no século XIX houve 12 episódios de seca somando 21 anos; já no século XX somaram-se 35 anos de seca distribuídas em 19 episódios. Aproximadamente metade das secas foram plurianuais com duração entre dois a seis anos. Algumas dessas secas plurianuais



foram devastadoras, como por exemplo, a seca de 1877 a 1879 que matou metade da população e quase todo o rebanho bovino. Outras grandes secas provocaram mortes por fome e doenças, além de sede, desnutrição, desemprego e migração (MAGALHÃES, 2016)

A seca como evento físico natural (seca meteorológica) é definida como um evento climático extremo relacionado à redução sustentada das reservas hídricas existentes pela precipitação constantemente abaixo da média normal. Somam-se a essa característica a alta taxa de evapotranspiração e a temperatura elevada (BRASIL/MIN, 2005; ANA, 2012). Definir seu início e fim não é fácil como os outros tipos de eventos naturais (GUHA-SAPIR *et al.*, 2011; CARVALHO, 2012; SENA *et al.*, 2014), pois é um evento extensivo de longa duração e de evolução lenta e silenciosa, podendo abranger uma grande área espacial (GUHA-SAPIR *et al.*, 2011).

A seca meteorológica, pode transformar-se em ameaça social quando resulta em seca agrícola (deficiência na umidade do solo) ou hidrológica (deficiência nas águas superficiais e subterrâneas), o que pode causar escassez de água e prejuízo na produção agrícola. Essas ameaças tendem a limitar os meios de subsistência implicando em outros determinantes sociais e econômicos, não somente da precipitação, se transformando em seca socioeconômica (BUSS *et al.*, 2009; CARVALHO, 2012). Portanto, como um risco de desastre, a seca é construída por decisões econômicas e escolhas sociais (UNISDR, 2011; FREITAS *et al.*, 2014).

Essas características podem dar invisibilidade ao evento de seca e seus impactos associados, principalmente quando se trata dos efeitos sobre a saúde, pois os mesmos passam a ser considerados normais na rotina de atendimento. Essa invisibilidade se dá tanto por parte das populações, quanto por parte dos gestores e profissionais de saúde, conforme estudo apresentado por Sena *et al.* (2018).

A última seca plurianual vivida pelas populações do SB ocorreu recentemente, entre 2012 a 2017. Apesar de ter sido considerada a seca mais extensa em duração, e provocar diversos impactos em todos os serviços básicos, afetando a sociedade quanto à disponibilidade de água, produção de alimentos, pecuária e pesca, danos em saúde, e a necessidade das populações migrar, os efeitos relativos à fome e alta mortalidade foram menores, quando comparados com secas plurianuais de décadas anteriores. Esta situação pode ser explicada devido a formulação e implementação de ações e políticas públicas sociais com foco na transferência de renda, na segurança alimentar e nutricional e na convivência com o semiárido (ALPINO, 2015).

## Impactos da seca no Semiárido Brasileiro

Os impactos da seca sobre a sociedade são múltiplos e tendem a ser ampliados em situação de vulnerabilidades presentes na localidade. Essa condição pode transformar o evento em um risco de desastre de saúde pública, afetando indivíduos, comunidades e serviços básicos, incluindo serviços de saúde (FREITAS *et al.*, 2014; TONG *et al.*, 2016; SENA *et al.*, 2018).

No SB os impactos da seca atingem serviços básicos e recursos necessários à sobrevivência e subsistência da maioria das populações. A escassez ou indisponibilidade de água além de causar vários problemas que impactam na saúde humana gera outros problemas, principalmente relacionados com a insegurança alimentar e nutricional (ex. desnutrição, deficiência nutricional, sobrepeso e obesidade), a fonte de renda e a migração das populações (ALPINO, 2015; SENA *et al.*, 2018; IPCC, 2019). O quadro 1 abaixo apresenta os efeitos que a seca pode causar sobre a saúde humana diante do comprometimento de serviços e recursos que são essenciais à vida e instituídos como direitos humanos (PATZ *et al.*, 2012; STANKE *et al.*, 2013; SENA *et al.*, 2014; SENA *et al.*, 2018; OPAS, 2015; ALPINO *et al.*, 2016).

**Quadro 1.** Impactos da seca sobre a saúde humana, de acordo com os riscos relacionados ao comprometimento dos serviços e recursos básicos, mediados por fatores ambientais, econômicos e sociais.

<b>Riscos em saúde mediados por fatores ambientais</b>	
<b>Mediador de risco relacionado à falta de disponibilidade de água</b>	<b>Impactos sobre à saúde</b>
<p>A quantidade e a qualidade da água de superfície e subterrânea podem ser afetadas de muitas maneiras, trazendo diversos prejuízos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escassez de água</li> <li>• Contaminação de água para consumo humano</li> <li>• Adoção de armazenamento inadequado de água para consumo humano</li> <li>• Falta ou insuficiência de higiene pessoal, ambiental e dos alimentos</li> <li>• Comprometimento na produção de alimentos (agricultura e da pecuária)</li> <li>• Necessidade de carregar água</li> <li>• Dano funcional dos serviços de saúde</li> </ul> <p>OBS.: Tanto a restrição do abastecimento de água, como as diversas formas de distribuição e armazenamento (poços, açudes, carros-pipa, água encanada não potável, rios, caixas de água) podem resultar em doenças ou piorar as já existentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doenças infecciosas transmitidas pela ingestão da água contaminada (cólera, febre tifoide e hepatite A)</li> <li>• Diarreia</li> <li>• Doença renal</li> <li>• Doenças transmitidas por vetores</li> <li>• Doenças infecciosas por falta de higiene (tracoma, dermatites, verminoses, conjuntivite)</li> <li>• Infecções de pele</li> <li>• Desidratação</li> <li>• Doenças osteomuscular</li> <li>• Insegurança alimentar e nutricional (desnutrição, deficiência nutricional, sobrepeso e obesidade)</li> </ul>
<b>Mediador de risco relacionado ao comprometimento da produção de alimentos</b>	<b>Impactos sobre à saúde</b>
<p>A quantidade e a qualidade dos alimentos podem ser afetadas devido à escassez e/ou contaminação de água. Esses fatores resultam em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda agrícola</li> <li>• Escassez ou falta de acesso a alimentos</li> <li>• Contaminação de alimentos</li> <li>• Insegurança alimentar e nutricional</li> </ul> <p>*<sup>1</sup>OBS: A deficiência nutricional é um determinante das mortes infantis associadas à diarreia e outras doenças.</p> <p>*<sup>2</sup>OBS: A redução e ausência no acesso, produção e consumo de alimentos saudáveis em quantidade e qualidade nutricional pode ocasionar o consumo de alimentos mais baratos, como os processados e ultraprocessados, resultando no aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desnutrição e deficiências (complicações: anemia, baixa imunidade, baixo desenvolvimento físico e cognitivo)</li> <li>• Deficiência nutricional<sup>*1</sup></li> <li>• Sobrepeso e obesidade<sup>*2</sup></li> <li>• Doenças infecciosas transmitidas por alimentos contaminados (cólera, febre tifoide, diarreia e hepatite A e E)</li> </ul>
<b>Mediador de risco relacionado ao comprometimento da qualidade do ar</b>	<b>Impactos sobre à saúde</b>
<p>A baixa umidade do ar, o calor e a poeira, comuns no período da seca liberam partículas alergênicas do pólen e toxinas de algas, representando um grave problema para portadores de doenças respiratórias.</p> <p>OBS: As duas doenças que mais atingem as pessoas e que se manifestam com grande intensidade durante a fase da seca são rinite alérgica e asma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doenças respiratórias (rinite alérgica e asma)</li> <li>• Infecção respiratória aguda (bronquite, sinusite e pneumonia)</li> <li>• Doenças infecciosas fúngicas (micoses)</li> <li>• Reações alérgicas</li> </ul>
<b>Riscos em saúde mediados por fatores econômicos</b>	
<b>Mediador de risco relacionado aos impactos relacionados aos meios de sobrevivência</b>	<b>Impactos sobre à saúde</b>
<p>Os impactos sobre a vida da pessoa causam efeitos na saúde devido as preocupações por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de produção da agricultura de subsistência</li> <li>• Perda da produção de alimentos e dos animais</li> <li>• Falta de renda ou insuficiente renda</li> <li>• Desemprego</li> <li>• Falta de acesso a alimento</li> <li>• Necessidade de migrar (temporariamente) deixando suas famílias para trás.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doenças cardiovasculares</li> <li>• Efeitos na saúde mental: ansiedade, estresse, alteração de comportamento, depressão, suicídio</li> </ul>

continua

continuação

<b>Mediador de risco relacionado à perda de produção agrícola e pecuária</b>	<b>Impactos sobre à saúde</b>
<p>A perda de plantações e animais influenciam em fatores como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desajuste financeiro dos pequenos agricultores</li> <li>• Falta ou insuficiência de renda</li> <li>• Desemprego</li> <li>• Falta de acesso a alimento</li> </ul> <p>OBS.: Muitas perdas correspondem à produção de agricultura e pecuária de subsistência.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doenças cardiovasculares</li> <li>• Efeitos na saúde mental: ansiedade, estresse, alteração de comportamento, depressão, suicídio</li> <li>• Desnutrição ou deficiência nutricional</li> <li>• Sobrepeso e obesidade</li> </ul>
<b>Riscos em saúde mediados por fatores sociais</b>	
<b>Mediador de risco relacionado à migração de populações</b>	<b>Impactos sobre à saúde</b>
<p>As populações expostas às condições de seca extrema migram em busca de fontes alternativas de água, alimentos e emprego para tentar oferecer uma vida melhor às suas famílias. Esse processo migratório pode causar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desagregação das famílias que pode influenciar na saúde emocional de ambas as partes (as que migram e as que ficam)</li> <li>• Separação temporária ou permanente das famílias</li> <li>• Aumento da densidade demográfica e da demanda de serviços na nova localidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efeitos na saúde mental: ansiedade, estresse, alteração de comportamento, depressão, suicídio</li> <li>• Alteração do perfil epidemiológico da nova localidade, com probabilidade de aumento de doenças infecciosas e crônicas</li> </ul>
<b>Mediador de risco relacionado ao comprometimento dos serviços de saúde</b>	<b>Impactos sobre à saúde</b>
<p>A falta ou escassez de abastecimento de água nos serviços de saúde pode influir em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação de instrumentos e equipamentos</li> <li>• Comprometimento da assistência em saúde devido à falta de condições dos profissionais de saúde em fazer assepsia (higiene pessoal, material e do ambiente)</li> <li>• Comprometimento do suprimento de energia, prejudicando o uso de equipamentos médicos e refrigeração de medicamentos e vacinas</li> </ul> <p>OBS.: O possível risco de interrupção da assistência de saúde (ex: hemodiálise), pode piorar as condições de saúde da população afetada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmissão de doenças infecciosas</li> <li>• Descontinuidade de tratamentos de doenças crônicas</li> <li>• Agravamento de doenças renais</li> <li>• Aumento de doenças transmitidas por vetores</li> <li>• Aumento de doenças crônicas</li> <li>• Perda de vacinas e medicamentos</li> </ul>

Fonte: Baseado em Patz *et al.* (2012); Stanke *et al.* (2013); Sena *et al.* (2014); OPAS (2015); BRASIL/MS (2015); Alpino *et al.* (2016); Ebi e Bowen (2016); Raiten e Aimone (2017); Sena *et al.* (2018); Sena (2019); Swinburn *et al.* (2019).

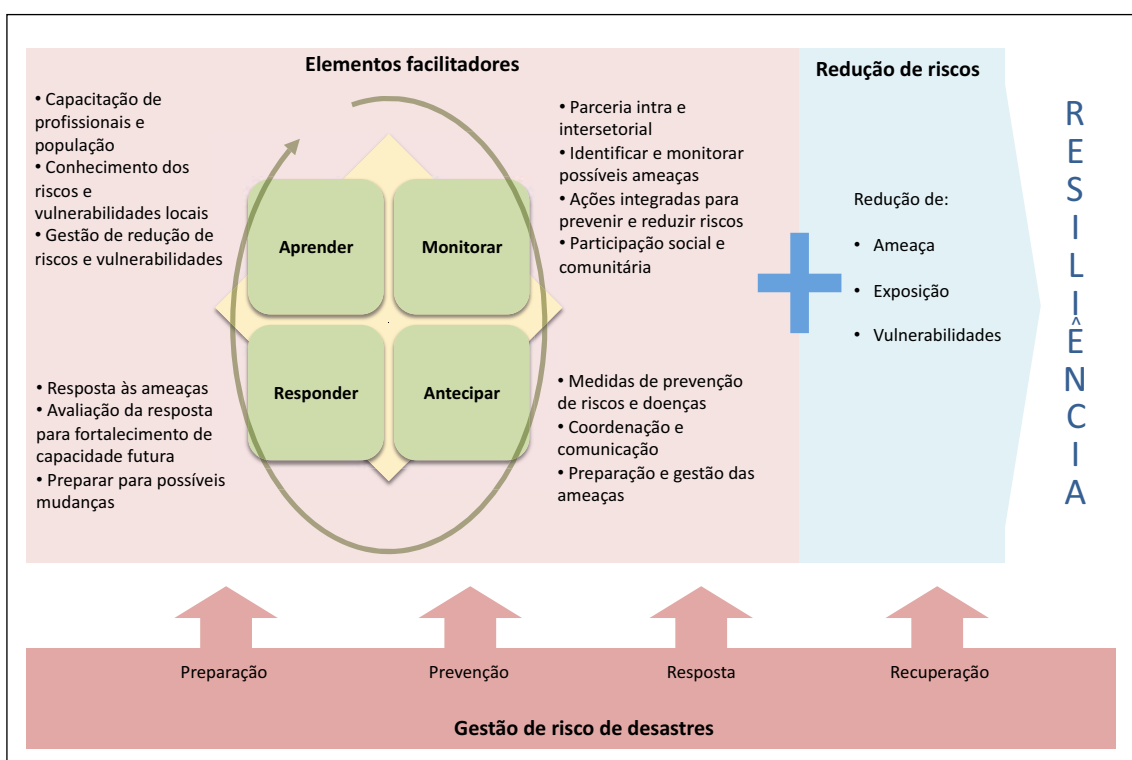
As populações em maior situação de vulnerabilidade são as mais afetadas. As vulnerabilidades podem estar relacionadas à falta de trabalho, baixa renda, dependência da produção alimentar ou pecuária de subsistência (produção alimentar familiar e camponesa); atividades condicionadas à disponibilidade de água; necessidade de buscar água em fontes mais distantes. Exemplos de grupos vulneráveis se destacam agricultores; pescadores; idosos; crianças; mulheres gestantes e lactantes (ALPINO *et al.*, 2016; SENA *et al.*, 2014; SENA *et al.*, 2018).

### **Atuação do setor saúde para redução de riscos de desastres: da gestão reativa para a gestão proativa**

Eventos climáticos extremos de início lento, como se caracterizam as secas, causam múltiplos impactos na saúde. Esses impactos podem ser intensificados quando não existe um planejamento de ação diretamente voltado para reduzir ou prevenir riscos e vulnerabilidades que funcionam como força motrizes para gerar o desastre ocasionado por eventos de seca. A falta de (re)conhecimento do problema

em todos os seus aspectos reforça a invisibilidade do problema, o que desafia as ações e políticas públicas, a gestão relacionada à seca e seus impactos na saúde (SENA *et al.*, 2014; ALPINO *et al.*, 2016; SENA *et al.*, 2018).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), os estabelecimentos de saúde devem ser resilientes frente às mudanças climáticas e seus impactos para conseguirem prestar assistência em situações de emergências, ou quando mais a população pode precisar. Um sistema de saúde resiliente deve ser capaz de antecipar, responder, enfrentar, recuperar de, e adaptar ao estresse e impactos relacionados aos eventos climáticos (WHO, 2015). Sena *et al.* (2017) aborda os elementos essenciais para aumentar a resiliência baseado na redução de riscos (considerando os elementos que definem o seu conceito: ameaça, exposição e vulnerabilidades) e nos fatores que podem facilitar o processo de gestão de risco de desastre. Esse processo tanto pode ser aplicado para as comunidades, quanto para os serviços de saúde (Figura 2). Como resultado desse processo que indica ser manifestado em escolhas e oportunidades na tomada de decisão, o grau de resiliência pode variar em cinco respostas, desde: 1) completa transformação para se evitar os riscos, 2) recuperar melhor que antes do desastre, 3) recuperar e ficar igual ao estado anterior ao desastre, 4) recuperar pior que antes do desastre, e 5) ficar em situação que antes do desastre podendo levar ao colapso do sistema, ou seja, limitar a capacidade do setor saúde em prestar assistência (WHO, 2015). Por isso, a importância do setor saúde garantir esforços conjuntos para aumentar sua capacidade adaptativa em respostas e ações mais eficientes e construir resiliência.

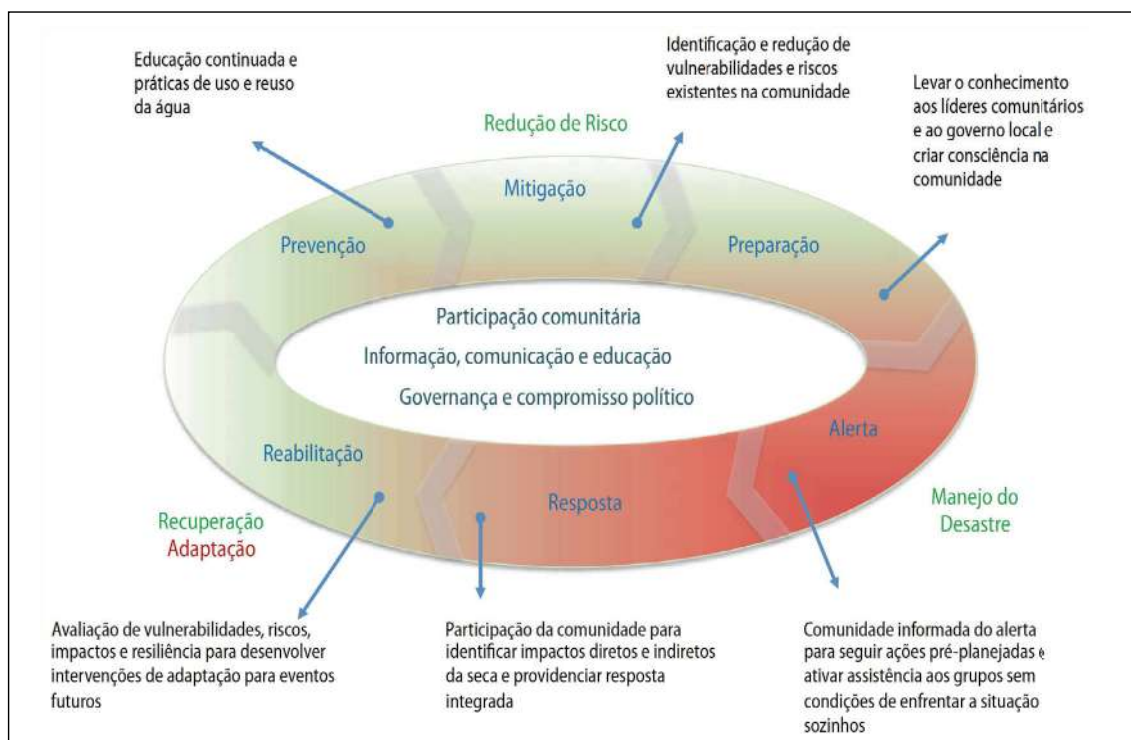


Fonte: Adaptado de Sena *et al.* (2017), baseado em Vorm *et al.* (2011); IPCC (2012); Machado *et al.* (2013); WHO (2015); Pecillo (2010).

**Figura 2.** Elementos para construção de resiliência: capacidade organizacional de comunidades ou sistemas.

Essa abordagem segue a recomendação da estratégia do Marco de Ação de Sendai para redução de desastres pós-2015, portanto a atuação do setor saúde deve transformar suas ações de resposta reativa para uma gestão proativa. Este novo processo de gestão

envolve diversos setores e ressalta uma abordagem muito mais participativa, devendo reforçar o papel de cada setor, após avaliações constantes e adaptar quando necessário (UNISDR, 2015). O ciclo de gestão de redução de risco de desastre normalmente abrange ações numa abordagem que contempla três etapas: 1ª) redução de risco; 2ª) manejo do desastre; e 3ª) recuperação, conforme Figura 3 que também traz alguns exemplos de ação para cada fase das etapas (OPAS, 2015).



Fonte: OPAS (2015), adaptado de UNISDR (2009); Narvaez, Lavell e Ortega (2009)

**Figura 3.** Gestão de redução de risco de desastre associado a eventos de seca.

Todas as fases destacadas em cada etapa são importantes, porém as fases das primeira e terceira etapas (redução e recuperação) devem ser priorizadas para o aumento da capacidade de adaptação e resiliência. Com essas etapas bem fortalecidas, é possível diminuir a probabilidade de ocorrência de desastres. Contudo, é importante e necessário também o conhecimento e a preparação de como manejar um desastre.

A etapa de recuperação apresenta duas fases, a de reabilitação e reconstrução. A fase de reconstrução tem um maior destaque, pois ela traz um elemento chave que é a adaptação (SENA *et al.*, 2014) e serve também como medida de preparação para desastres, por meio da referência ao conceito “build-back-better”, ou seja, reconstruir melhor (UNISDR, 2015). O quadro 2 adaptado para a gestão de eventos de seca traz algumas ações referentes ao Marco de Ação de Sendai que se estabelecem em quatro prioridades e também faz referência a outros importantes artigos que se identificam com o assunto.

---

**Quadro 2.** Exemplos de medidas prioritárias para o Setor Saúde para abordar a gestão de redução de riscos de desastre associados à seca, segundo o Marco de Ação de Sendai.

---

**Prioridade 1 – Entender o risco de desastre**

---

- a) Mapear e avaliar as exposições e vulnerabilidades dos sistemas sociais, ecológicos, geográficos, econômicos, culturais e políticos, incluindo os serviços de saúde a nível local para reconhecer os riscos existentes;
  - b) Conhecer e integrar a informação sobre as mudanças climáticas e variabilidade climática e seus impactos locais, no contexto da informação sobre perigo, exposição e vulnerabilidade para avaliar riscos em saúde específicos para cada caracterização do evento de seca;
  - c) Desenvolver e implementar estratégias locais para fortalecer o conhecimento e a conscientização na redução do risco para a saúde, incluindo a informação e comunicação de risco de desastres por seca, através de campanhas, mídia social e mobilização da comunidade;
  - d) Conhecer a situação de saúde das comunidades, em particular, os determinantes sociais de saúde relacionados à seca, a fim de identificar indicadores para facilitar a ação relevante e em tempo oportuno.
- 

**Prioridade 2 – Fortalecer a governança do risco de desastre para gestão do risco**

---

- a) Desenvolver e promover a incorporação de planos de gestão de redução de risco associados à seca em ações planejadas conjuntamente com as comunidades e profissionais de saúde;
  - b) Implementar ferramentas para avaliar o grau de vulnerabilidade, riscos e ameaças que influenciam na saúde humana, com a finalidade de aumentar a capacidade dos sistemas sociais, políticos, ambientais e econômicos e dos serviços de saúde;
  - c) Facilitar e apoiar a cooperação multissetorial local entre os profissionais de saúde e os governos locais que apresentam uma situação semelhante, conforme identificado pelos indicadores de exposição, perigo, vulnerabilidade e risco da seca.
- 

**Prioridade 3 – Investir na redução de risco de desastre para resiliência**

---

- a) Promover e implementar medidas para a resiliência das comunidades frente aos riscos de desastres, como a seca, incluindo informação, conscientização e educação em saúde;
  - b) Fortalecer a implementação de políticas e planos, para gerenciar riscos antes, durante e após a ocorrência de desastres associados à seca, incluindo o envolvimento das comunidades e a garantia de acesso a serviços de saúde;
  - c) Fortalecer a resiliência dos sistemas nacionais de saúde, incluindo a integração da gestão de risco de desastres nos cuidados de saúde primários, secundários e terciários, desenvolvendo a capacidade dos profissionais de saúde na compreensão do risco de desastres e aplicando e implementando a abordagem de redução de risco de desastres no trabalho de saúde.
- 

**Prioridade 4 – Reforçar a preparação para desastres para uma resposta efetiva e para “Reconstruir melhor” (Build Back Better) na recuperação, reabilitação e reconstrução**

---

- a) Estabelecer um mecanismo de registro de casos e um banco de dados de mortalidade e morbidade causados pela seca, a fim de melhorar a prevenção de impactos adversos para a saúde;
  - b) Promover a incorporação da gestão de risco de desastres no setor saúde para desenvolver capacidades que reduzam o risco de desastres a curto, médio e longo prazos e para garantir uma resposta efetiva e operacional durante e após os desastres, como a seca;
  - c) Desenvolver, com base nas comunidades, e frente aos múltiplos riscos: sistemas de previsão e alerta precoce e mecanismos de comunicação frente a emergências e riscos de desastres, tecnologias sociais, e sistemas de telecomunicação para o monitoramento das ameaças associadas ao evento de seca.
- 

Fonte: adaptado de Sena *et al.* (2017), baseado em IPCC (2012), Ebi (2011), Oppenheimer *et al.* (2014), OPAS (2015), Fischer *et al.* (2013), Scandlyn *et al.* (2010), WHO (2015), Hess, McDowell e Luber (2012), UNISDR (2015), UNISDR (2015a), Freitas *et al.* (2014).

Como apresentado ao longo do capítulo os eventos extremos climáticos com início lento, como as secas, causam múltiplos impactos na saúde, que são intensificados pela falta de reconhecimento e visibilidade do problema e pela falta de resposta imediata e necessária (SENA *et al.*, 2017). Segundo Verner (2016), as áreas rurais agrícolas sofrerão mais impactos com as mudanças climáticas quando comparado

com áreas urbanas e rurais não-agrícolas. Tendo como exemplo o semiárido brasileiro e considerando suas vulnerabilidades socioambientais se faz necessário compreender os riscos, exposições e vulnerabilidades desta área geográfica fornecendo assim meios e medidas necessárias para entender e desenvolver ações e políticas públicas para a redução dos riscos de desastres por seca no semiárido (SENA *et al.*, 2017). Esses esforços também podem certificar o aumento da capacidade de resiliência e a garantia dos direitos humanos básicos (posse e uso correto de terra, acesso regular à água e alimentos em quantidade e qualidade nutricional, acesso a fontes de emprego e renda) para as gerações presentes e futuras nessa região onde as comunidades convivem com secas recorrentes.

## Considerações finais

No que se relaciona à redução de riscos à saúde provocados por desastres, o Marco de Sendai trouxe três mudanças importantes. A primeira foi a expansão da definição de desastres, incluindo as emergências em saúde pública. A segunda foi reconhecer o setor saúde como contribuinte e beneficiário das estratégias de Redução de Riscos de Desastres (RRD), com o aumento do número de referências diretas ao setor saúde. Essas duas mudanças se encontram bem expressas nos Princípios de Bangkok para implementação dos aspectos de saúde para RRD 2015-2030 no Marco de Sendai. A terceira foi incorporar as mudanças climáticas como um potencial de ampliar e agravar os riscos de desastres e de emergências em saúde pública, em sintonia com o Acordo de Paris, de 2015.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável constituiu um passo importante de ampliação dessa agenda, conectando os temas do desenvolvimento e da RRD. O ODS 3, aponta para a necessidade de “Reforçar a capacidade de todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, para o alerta precoce, redução de riscos e gerenciamento de riscos nacionais e globais de saúde” para assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades. Os ODS 1 (acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares), ODS 2 (acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável), ODS 6 (assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos) e ODS 13 (tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos) estabelecem metas que relacionam diretamente com os processos sociais e ambientais que contribuem para que as secas se transformem em desastres para milhões de pessoas no mundo e no Brasil.

As agendas pós 2015, como RRD, ODS e Mudanças Climáticas devem resultar em ações efetivas para reduzir exposições, vulnerabilidades e, conseqüentemente, os impactos desse tipo de desastre. Acrescentamos à esta agenda os esforços da OMS, que em 2015, elaborou um marco de ação estratégico para estabelecer sistemas de saúde resilientes ao clima, o que reflete em uma resposta mais abrangente (WHO, 2015). Assim, os esforços, políticas e ações para a RRD relacionados à seca não podem estar dissociados do enfrentamento das mudanças climáticas e de um modelo de desenvolvimento que reduza a pobreza e desigualdades, ao mesmo tempo que combine os temas relacionados à adaptação e resiliência.

## Referências

ALPINO, T.M.A. **Seca, condições de vida e saúde no Nordeste brasileiro: o caso do município de Itapetim – Pernambuco.** (Dissertação de Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP/ Fiocruz), 2015.

ALPINO, T.M.A; FREITAS, C.M; COSTA, A.M. Seca como um desastre. **Revista Ciência e Trópico**, v. 8, n. 2, p. 109-134, 2014.

ALPINO, T.M.A; SENA, A.R.M; FREITAS, C.M. Desastres relacionados à seca e saúde coletiva: uma revisão da literatura científica. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 809–20, 2016.

ANA. Agência Nacional de Águas. **A questão da água no Nordeste**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2012.

BARCELLOS, C; ROUX, E; CECCATO, P; GOSSSELIN, P; MONTEIRO, A.M; DE MATOS, V.P; XAVIER, D.R. An observatory to gather and disseminate information on the health-related effects of environmental and climate change. **Rev Panam Salud Publica**, v. 40, n. 3, p. 167–73, 2016.

BOWEN, K.J; FRIEL, S; EBI, K; BUTLER, C.D; FIONA MILLER, F; MCMICHAEL, A.J. Governing for a healthy population: Towards an understanding of how decision-making will determine our global health in a changing climate. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, n. 9, p. 55–72, 2012.

BRASIL/MIN. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semiárido**. Brasília: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2005.

BRASIL/MIN. Ministério da Integração Nacional. **Ministério do desenvolvimento regional**. 2018. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 30 jan. 2019.

BRASIL/MS. Ministério da Saúde. **Plano de contingência para emergência de saúde pública por seca e estiagem**. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, 2015.

BUSS, R.; CROCKETT, J.; GREIG, J.; KELLY, B.; ROBERTS, R.; TONNA, A. Improving the mental health of drought-affected communities: an Australian model. **Rural Society**, v. 19, n. 4, p. 296-306, 2009.

CARVALHO, O. A seca e seus impactos. In: MAGALHÃES, A. R. (coord.). **A questão da água no Nordeste**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE, 2012. Cap. 2. p. 4599.

CEPED. Centro Universitário de Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Volume Brasil. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

CICCOTTI, L. *et al.* Objetivos do desenvolvimento sustentável e gestão de riscos e de desastres. In: TSUGUNOBU, H.; YOSHIZAKI, Y.; RODRIGUEZ, C. A. M.; CICCOTTI, L. (Org.). **Riscos e desastres: caminhos para o desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: CEPED: São Carlos: Rima Editora, 2019.

EBI K.L. Resilience to the Health Risks of Extreme Weather Events in a Changing Climate in the United States. **J Environ Res Public Health**. v. 8, n. 12, p. 4582–95, Dec. 2011.

EBI, K; BOWEN, K. Extreme events as sources of health vulnerability: drought as an example. **Weather and Climate Extremes**, n. 11, p. 95-102, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.001>. Acesso em: 30 jan. 2019.

FISCHER, A.P; PAVEGLIO, T; CARROLL, M; MURPHY, D; BRENKERT-SMITH, H. Assessing Social Vulnerability to Climate Change in Human Communities near Public Forests and Grasslands: A Framework for Resource Managers and Planners. **J For**. v. 111, n. 5, p. 357–65, Sep. 2013.

FREITAS, C.M.D; SILVA, D.R.X; SENA, A.R.M.D; SILVA, E.L; SALES, L.B.F; CARVALHO, M.L.D; CORVALÁN, C. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3645-3656, 2014.

FREITAS, C.M; CARVALHO, M.L; XIMENES, E.F; ARRAES, E.F; GOMES, J.O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: Lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1577-1586, 2012.

GUHA-SAPIR, D.; VOS, F.; BELOW, R.; PONSERRE, S. **Annual Disaster Statistical Review 2011: The Numbers and Trends**. CRED: Brussels, Belgium, 2012. Disponível em: [www.cred.be/sites/default/files/ADSR\\_2011.pdf](http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2011.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.



- HESS JJ, MCDOWELL JZ, LUBER G. Integrating Climate Change Adaptation into Public Health Practice: Using Adaptive Management to Increase Adaptive Capacity and Build Resilience. **Environ Health Perspect**, v. 120, n. 2, p. 171–9, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do censo demográfico 2010** [Internet]. Brasília, 2010.
- IPBES. INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. **The IPBES assessment report on land degradation and restoration**. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2018. 744 p. Disponível em: <https://www.ipbes.net/assessment-reports/ldr>. Acesso em: 30 jan. 2019.
- IPCC. THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4\\_wg2\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- IPCC. THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2012.
- IPCC. THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects**. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-FrontMatterA\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- IPCC. THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems: Summary for Policymakers**. 2019. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM\\_Approved\\_Microsite\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- MACHADO, M.S.M; SREMIN, M; CONCEPCIÓN BATIZ, E; MARTÍNES, R. de la C. M. Revisão da literatura sobre o papel da Engenharia da Resiliência na Saúde e Segurança do Trabalho. **Produção em Foco**, v. 3, n. 1, p. 120–43, may 2013.
- MAGALHÃES, A.R. Vida e seca no Brasil. Cap. 1; In: NYS, E. de; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. (Org.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p.
- MCMICHAEL, A. J. Globalization, climate change and human health. **New Engl J Med**, v. 368, n. 14, p. 133543, 2013.
- NARVÁEZ, L; LAVELL, A; ORTEGA, G.P. **La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos**, Lima, Perú: Secretaria General de la Comunidad Andina, 2009. Disponível em: [www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/PROCESOS\\_ok.pdf](http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/PROCESOS_ok.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **Atuação do setor saúde frente a situações de seca**. Brasília: OPAS, 2015. Disponível em: [http://www.paho.org/bra/images/stories/KMC/wpThumbnails/seca\\_web\\_2.pdf](http://www.paho.org/bra/images/stories/KMC/wpThumbnails/seca_web_2.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- OPPENHEIMER, M; CAMPOS, M; WARREN, R; BIRKMANN, J; LUBER, G; O'NEILL, B; *et al.* Emergent risks and key vulnerabilities. In: FIELD, C.B.; BARROS, V.; DOKKEN, D.; MACH, K.; MASTRANDREA, M.; BILIR, T. *et al.* (editors). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press; 2014. p. 1039–99. Disponível em: [http://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/WGII/WGIIAR5-Chap19\\_](http://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/WGII/WGIIAR5-Chap19_)

FINAL.pdf. Acesso em: 30 jan. 2019.

PAHO/WHO. **Climate Change and Human Health - Risks and Responses**: revised summary 2008. Washington, D.C. USA: Pan American Health Organization/World Health Organization; 2008. Disponível em: <http://www.paho.org/hq/dmdocuments/2011/CC%20Revised%20Summary.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2019.

PASTORELLI JUNIOR, J.H. **Estudo da sustentabilidade e resiliência urbana no contexto da redução de risco de desastres**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2018.

PATZ, J; CORVALAN, C; HORTWITZ, P; CAMPBELL-LENDRUM, D. **Our Planet, Our Health, Our Future. Human Health and the Rio Conventions: Biological Diversity, Climate Change and Desertification**. Geneve: World Health Organization, 2012. Disponível em: [http://www.who.int/globalchange/publications/reports/health\\_rioconventions.pdf](http://www.who.int/globalchange/publications/reports/health_rioconventions.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.

PECILLO, M. The concept of resilience in OSH management: a review of approaches. **J Occup Saf Ergon.**, v. 22, n. 2, p. 291–300, Apr. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1126142> PMID: 26652938. Acesso em: 30 jan. 2019.

RAITEN, D.J; AIMONE, A.M. The intersection of climate/environment, food, nutrition and health: crisis and opportunity. **Curr Opin Biotechnol**, n. 44, p. 52-62, 2017.

SCANDLYN, J; SIMON, C.N; THOMAS, D.S.K; BRETT, J. Theoretical Framing of Worldviews, Values, and Structural Dimensions of Disasters. In: PHILLIPS, B; THOMAS, D; FOTHERGILL, A; BLINN-PIKE, L. (editors). **Social Vulnerability to Disasters**. Florida, USA: CRC Press, 2010. p. 27–49.

SENA, A; BARCELLOS, C; FREITAS, C; CORVALAN, C. Managing the Health Impacts of Drought in Brazil. **J Environ Res Public Health**, v. 11, n. 10, p. 10737–51, Oct. 2014.

SENA, A; EBI, K.L; FREITAS, C; CORVALAN, C; BARCELLOS, C. Indicators to measure risk of disaster associated with drought: Implications for the health sector. **PloS ONE**, v. 12, n. 7, p. e0181394, 2017.

SENA, A; FREITAS, C; FEITOSA, SOUZA P; CARNEIRO, F; ALPINO, T; ET AL. Drought in the Semiarid Region of Brazil: Exposure, Vulnerabilities and Health Impacts from the Perspectives of Local Actors. **PLOS Currents Disasters**, 2018. Disponível em: <http://currents.plos.org/disasters/index.html%3Fp=40402.html>. Acesso em: 30 jan. 2019.

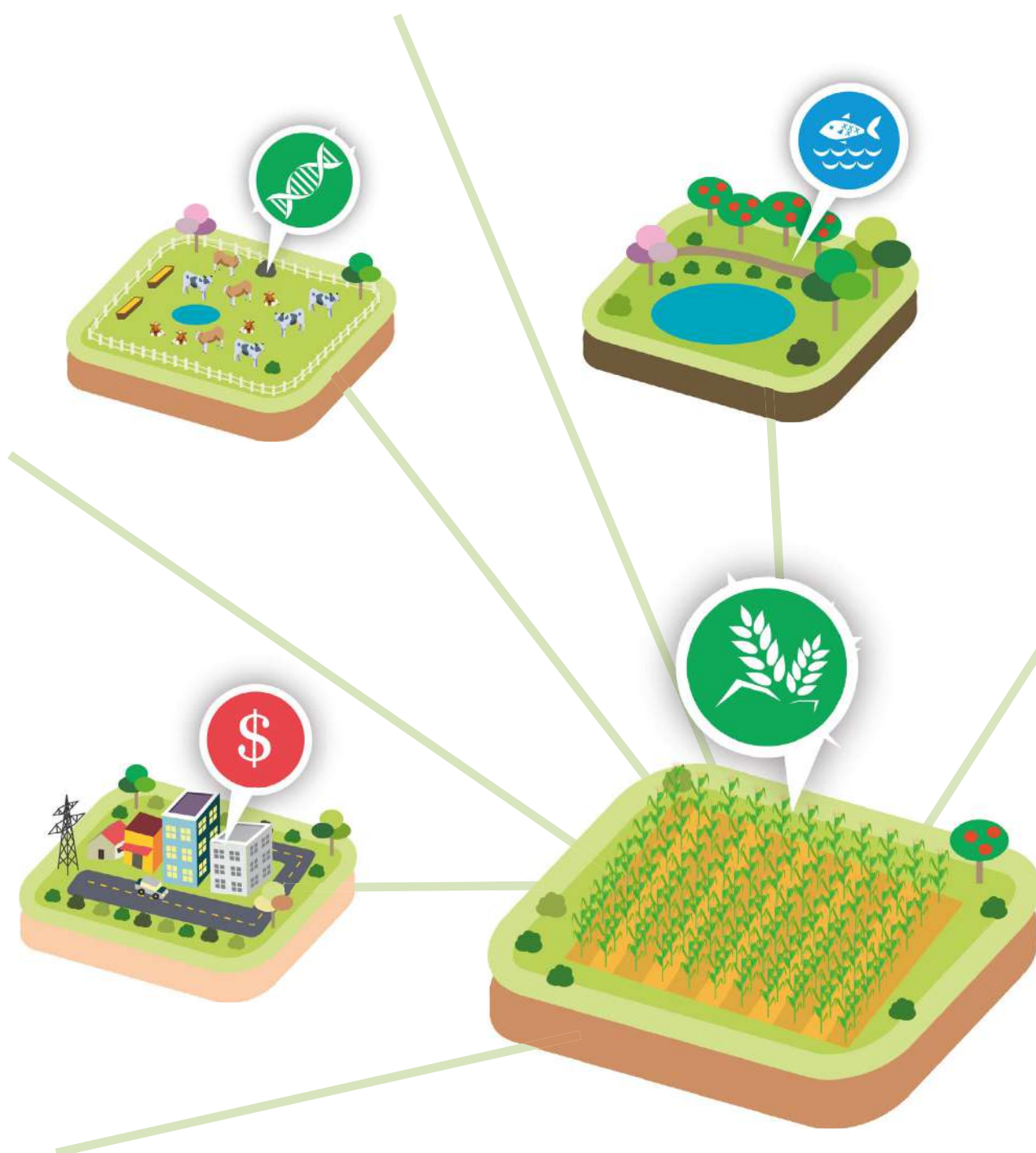
SENA, A. **Land under pressure: Health under stress**. Bonn, Germany: United Nations Convention to Combat Desertification, 2019. Disponível em: <https://knowledge.unccd.int/publication/land-under-pressure-health-under-stress>. Acesso em: 30 jan. 2019.

SMITH, K.R.; WOODWARD, A.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; CHADEE, D. D.; HONDA, Y.; LIU, Q.; OLWOCH, J. M.; REVICH, B.; SAUERBORN, R. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: FIELD, C.B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, L. L. (eds.)). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. p. 709-754.

SWINBURN, B; KRAAK, V.I; ALLENDER, S; ATKINS, VJ; BAKER, P.I; BOGARD, J.R; BRINDEN, H; CALVILLO, A; DE SCHUTTER, O; DEVARAJAN, R; EZZATI, M; FRIEL, S; GOENKA, S; HAMMOND, R.A; HASTINGS, G; HAWKES, C; HERRERO, M; HOVMAND, P.S; HOWDEN, M; JAACKS, L.M; KAPETANAKI, A.B; KASMAN, M; KUHNLEIN, H.V; KUMANYIKA, S.K; LARIJANI, B; LOBSTEIN, T; LONG, M.W; MATSUDO, V.K.R; MILLS, S.D.H; MORGAN, G; MORSHED, A; NECE, P.M; PAN, A; PATTERSON, D.W; SACKS, G; SHEKAR, M; SIMMONS, G.L; SMIT, W; TOOTEE, A; VANDEVIJVERE, S; WATERLANDER, W.E; WOLFENDEN, L; DIETZ,

- W.H. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. **Lancet**, v. 393, n. 10173, p. 791-846, 2019.
- STANKE, C; KERAC, M; PRUDHOMME, C; MEDLOCK, J; MURRAY, V. Health Effects of Drought: a Systematic Review of the Evidence. **PLoS Curr Disasters**, 2013. Disponível em: <http://currents.plos.org/disasters/?p=6221>. Acesso em: 30 jan. 2019.
- TONG, S; CONFALONIERI, U; EBI, K; OLSEN, J. Managing and Mitigating the Health Risks of Climate Change: Calling for Evidence-Informed Policy and Action. **Environmental Health Perspectives**, v. 124; n. 10; Oct., 2016.
- TORO, J; PEDROSO, F.F. **Gestão de riscos de desastres no Brasil: panorama atual e estratégias futuras**. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, GFDR – Global Facility for Disasters Reduction and Recovery, 2013. 60 p.
- UNISDR. UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action**. Geneva, Switzerland: United Nations secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction; 2009 p. 198. Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/11541\\_DroughtRiskReduction2009library.pdf](http://www.unisdr.org/files/11541_DroughtRiskReduction2009library.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- UNISDR. UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Revealing Risk, Redefining Development**. International Strategy for Disaster Risk Reduction. Oxford, UK: Information Press, 2011. p. 54–69. Disponível em: [www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/GAR-2011/GAR2011\\_Report\\_Chapter3.pdf](http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/GAR-2011/GAR2011_Report_Chapter3.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- UNISDR. UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **How to make cities more resilient: a handbook for local government leaders: A contribution to the global campaign 2010-2015**. Geneva: UNISDR, 2012.
- UNISDR. UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. United Nations; 2015. Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf). Acesso em: 30 jan. 2019.
- UNISDR. UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Making development sustainable: the future of disaster risk management**. Geneva, Switzerland: United Nations; 2015a. 311 p.
- UNDRR. UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **What is the Sendai Framework for Disasters Risk Reduction?: Implementing the Sendai Framework** [online]. 2019. Disponível em: <https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sf>. Acesso em: 30 jan. 2019.
- VERNER, D. Vozes do povo: impactos socioeconômicos da seca no Nordeste do Brasil. In: NYS, E. de; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. (Org.) **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE; Banco Mundial, 2016. Cap. 9, 292 p.
- VORM, J.V.DER; BEEK, D.V.DER; BOS, E; STEIJGER, N; GALLIS, R; ZWETSLOOT, G. Images of Resilience: the resilience Analysis Grid Applicable at Several Organizational Levels. In: RESILIENCE ENGINEERING SYMPOSIUM, 4., 2011, Sophia Antipolis, France. **Proceedings [...]**. Sophia Antipolis, France: Presses des Mines via Openeditiion, 2011. p. 263–9.
- WATTS, N; ADGER, W. N; AGNOLUCCI, P; BLACKSTOCK, J; BYASS, P; CAI, W.; COX, P.M. Health and climate change: policy responses to protect public health. **The Lancet Comissions**. v. 386, p. 1861–914, Jun. 2015. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60854-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6). Acesso em: 30 jan. 2019.
- WHO and WMO. World Health Organization and World Meteorological Organization. **Atlas of Health and Climate**. Geneva, Switzerland: World Health Organization and World Meteorological Organization, 2012.
- WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Operational framework for building climate**

**resilient health systems.** Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2015.  
WILHITE, D.A; SIVAKUMAR, M.V.K; PULWARTY, R. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. **Weather Clim Extrem.** n. 3, 'p.4–13, jun. 2014.  
WB. WORLD BANK GROUP. **World Development Report 2014: Risk and Opportunity** Managing Risk for Development. Washington, DC. 2013. 363 p. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16092>. Acesso em: 30 jan. 2019.  
WB. WORLD BANK GROUP. **Climate-Smart Healthcare: Low-Carbon and Resilience Strategies for the Health Sector.** Investing in climate change and health series. Washington: The World Bank; 2017.



# SAÚDE, VULNERABILIDADE E DESASTRES EM AMBIENTES RURAIS E URBANOS DE SANTA CATARINA

Luciana Resende Londe<sup>1</sup>

Rafael Brito Silveira<sup>2</sup>

Daniel Pires Bitencourt<sup>3</sup>

Lindberg Junior<sup>4</sup>

Juliana Ramalho Barros<sup>5</sup>

## Introdução

*"[minha filha] estava sobre um monte de escombros (...) Uns vizinhos vieram com uma motosserra para cortar as madeiras (...) Eles tentaram cortar e ela disse que se cortassem um pouco dela, não tinha problema (...) [estava] escuro e com forte chuva (...) A dor era demais e ela pedia para que eu a matasse. A gente estava naquele desespero (...) Assim foi aquela penúria a noite toda. Ela perguntava a todo momento, na madrugada, que horas eram e se o socorro viria", relato de um sobrevivente do desastre de "2008" em Ilhota/SC (MENEZES, 2009, p. 71-73).*

Santa Catarina é um estado emblemático no estudo de desastres: além de ser atingido pelas diversas tipologias de desastres comuns no Brasil, ou justamente devido a este fato, é um dos estados mais estruturados para a redução de riscos e desastres no país.

Neste capítulo fazemos uma discussão de questões levantadas durante o "Simpósio Impactos dos cenários futuros de mudanças climáticas na agropecuária e na saúde pública catarinense" e, também, uma revisão dos principais conceitos abordados durante este evento, trazendo ao leitor temas essenciais na compreensão dos desastres em geral e especialmente dos desastres em Santa Catarina.

## Mudanças climáticas

Clima é o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera sobre um lugar em sua sucessão habitual (SORRE, 1951, p. 14). Quando mencionamos algo "habitual", é preciso ter em mente que há situações excepcionais que também o integram.

Vários fatores precisam ser considerados nos estudos de interfaces com o clima. Em alguns casos, por exemplo, a resposta ao agravo estudado depende mais das informações de amplitude térmica do que de considerações isoladas de máximas e mínimas. Outros fatores a serem considerados são os sistemas atmosféricos que ocorrem em cada local e

1 Pesquisadora em desastres no Cemaden. E-mail: luciana.londe@cemaden.gov.br.

2 LabClima - Departamento de Geociências, UFSC. E-mail: rafael.brito@posgrad.ufsc.br.

3 Pesquisador na Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO. E-mail: daniel.bitencourt@fundacentro.gov.br.

4 Professor na Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Geografia. E-mail: juniohr@gmail.com.

5 Professora adjunta, Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás - IESA/UFG. E-mail: juliana@ufg.br.

a sua distribuição. Os municípios de Santos e Belém, por exemplo, são semelhantes na classificação da média anual, porém os sistemas atmosféricos e a distribuição são diferentes.

As projeções das mudanças climáticas para os próximos anos são projeções (em diferentes graus) de uma realidade que já existe hoje. Observamos a influência dos locais geográficos nas manifestações de agravos (DURKHEIM, 2000; PATZ *et al.*, 2000; BESANCENOT, 2001), apontando uma interação entre meio biótico, físico e social.

Há visões diferentes com relação às mudanças climáticas, considerando posições, interpretações e concepções distintas. No contexto deste capítulo, a pergunta mais importante é: quem seria mais prejudicado? As projeções apontam para mais impactos sobre as populações mais pobres.

## Clima de Santa Catarina

A dinâmica atmosférica do estado de Santa Catarina (SC), localizado na região Sul do Brasil, é caracterizada pela inter-relação entre sistemas atmosféricos e fatores geográficos, não diferente de outras áreas. Todavia, o relevo, a altitude, a continentalidade e a maritimidade são fatores que demonstram maior interação com os sistemas atmosféricos recorrentes em SC, dando características estáveis ou instáveis, características do subtropical. Tais condicionantes determinam as variações climáticas locais e regionais do estado (MONTEIRO; MENDONÇA, 2014). Peluso Júnior (1991, p. 72-74) chama a atenção para a latitude, exibindo como os mais de 3° de diferença entre os paralelos extremos do estado influenciam na tipificação climática catarinense. As serras estão mais vinculadas aos regimes pluviométricos; locais próximos à Serra do Mar e à Serra Geral tendem a registrar maiores acumulados por funcionarem como barreiras. O mesmo Peluso Júnior (1991, p. 70) aponta que SC está num trecho estreito do continente sul-americano, o que está diretamente ligado ao fato do estado receber o efeito moderador do oceano sobre o clima.

A posição latitudinal de SC confere ao estado a influência de diversos sistemas atmosféricos que atuam sobre o território brasileiro ao longo do ano. Os sistemas atmosféricos instáveis, geradores de chuva, de maneira geral, ocorrem por conta dos transientes provenientes de sul (frentes frias), dos vórtices ciclônicos, dos cavados, dos jatos (baixos, médios e altos níveis da atmosfera), das baixas à superfície, dos complexos convectivos de mesoescala (CCM), da convecção tropical e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (MONTEIRO, 2001). É importante ressaltar, como supracitado, a influência dos contrafortes em SC nas chuvas orográficas, bem como a circulação marítima, responsável por fornecer umidade do oceano para o continente (MONTEIRO, MENDONÇA, 2014). Nery (2005) já indicava que a variabilidade das chuvas na região Sul é consideravelmente melindrosa, com atuações de diversas dinâmicas importantes.

De acordo com Köppen e Geiger (1936), SC possui dois tipos de classificação climática, Cfa e Cfb. Cfa é um clima mesotérmico úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano; já o Cfb é um clima mesotérmico com verões frescos e com invernos tipicamente secos. Genericamente, numa perspectiva sazonal, as temperaturas elevadas de verão, associadas aos índices de umidade, favorecem a formação de convecção, resultando em pancadas de chuvas que contribuem para que este período seja, geralmente, o mais chuvoso ao longo do ano em SC. O estado catarinense tem a particularidade de ser submetido à passagem de frentes frias inclusive no verão, mesmo que sendo inconsistentes. Na porção norte de SC a ZCAS também pode influenciar a ocorrência de tempestades (QUADRO, 1993; MONTEIRO, 2001). Durante o outono, a existência de situações de bloqueio atmosférico e as menores incursões de frentes frias, quando comparado ao inverno, geram estabilidade atmosférica persistente sob SC, resultando em períodos com menor ocorrência de chuva (FUENTES, 1997;

MONTEIRO, 2001). Por outro lado, Monteiro (2001, p. 73) afirma que, de forma geral, apesar do outono registrar menores índices de precipitação pluvial em todo o estado, eventos extremos podem ocorrer, gerando chuvas intensas e localizadas.

Na estação invernal as condições de tempo são diretamente influenciadas por sucessivos avanços de massa de ar polar, que em sua vanguarda são sistemas geradores de chuva. Alguns autores afirmam que SC tem sua dinâmica atmosférica orquestrada basicamente pelos sistemas frontais, exibindo a importância da frontogênese. Tais transientes são os fenômenos meteorológicos mais marcantes no continente sul-americano (MONTEIRO, 2001; FERREIRA, 2006, p. 137; VANHONI; MENDONÇA, 2014, p. 96).

Os sistemas frontais e os vórtices ciclônicos (baixa pressão) em altitude (~5 km), são os principais geradores de chuva nesta estação. Das áreas do planalto para o oeste catarinense as chuvas são mais volumosas que nas áreas costeiras, excetuando-se a costa norte, nas proximidades da Serra do Mar. A Baixa do Chaco tem influência direta nessa característica, pois organiza condições de tempo instáveis, associadas às frentes frias. O fortalecimento do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS) no inverno exerce subsidência do ar na faixa costeira de SC, dificultando a nebulosidade mais vertical, impactando de maneira direta nos menores registros de chuva nas proximidades com o oceano (MONTEIRO, 2001).

Na primavera as situações de instabilidade são geradas especialmente pelos complexos convectivos de mesoescala (CCM), que na maior parte dos casos ocorrem entre o período da madrugada e manhã, sendo responsáveis por chuvas fortes. Além disto, a segunda metade desta estação de transição passa a adquirir características de aquecimento, típicas de verão, tendo assim acréscimo das chuvas convectivas (MONTEIRO, 2001).

Diversas pesquisas mostram que o estado de SC não apresenta estação seca, embora exista variabilidade na precipitação intramensal (PANDOLFO *et al.*, 2002; WREGGE *et al.*, 2012; GOTARDO *et al.*, 2018). Além disto, eventos extremos de ordem hidrológica, especialmente os de inundações e movimentos de massa (escorregamentos) são recorrentes no estado. Herrmann *et al.* (2014a) apontam que, entre 1980 e 2010, 1.344 eventos de inundações graduais foram registrados em SC. Estes eventos correspondem a 19,6% dos desastres ocorridos no estado nestes 30 anos. As inundações graduais no território catarinense deixaram dezenas de milhares de desabrigados e causaram sérios impactos socioeconômicos. Já para as inundações bruscas, Marcelino *et al.* (2014) no período compreendido entre 1980 a 2010, informam que ocorreram 1.257 inundações bruscas em SC. Somente entre 2000 e 2010, estima-se que esse evento, geralmente vinculado à ocorrências de escorregamentos, gerou 154 mortes e ~60 mil desabrigados. Com relação aos escorregamentos, Herrmann *et al.* (2014b, p. 129) indicam que entre 1980 e 2010, existiram 222 eventos em 124 municípios catarinenses, com amplo destaque para o ano de 2008. Entretanto, os mesmos autores apontam que o total de eventos anotados não representa a realidade, pois diante dos episódios de chuva intensa os escorregamentos ao longo das vertentes declivosas são impactantes e numerosos. Ou seja, os dados primários da Defesa Civil de SC que geraram tais números estão subestimados (HERMANN *et al.*, 2014b).

O evento de 2008, de características consideravelmente excepcionais, anotou 133 mortes e ~40 mil desabrigados. Este ano foi o de maior prejuízo orçado, totalizando R\$ 5.338.477.610,00 (MARCELINO *et al.*, 2014). Os impactos gerados por tal evento foram amplamente divulgados nos veículos midiáticos do Brasil. Na costa norte catarinense e no Vale do Itajaí, os volumes de chuva ficaram entre 350 e 400% acima do esperado para o mês, sendo as áreas com os maiores índices pluviométricos do estado (HERRMANN *et al.*, 2014c). O episódio de novembro de 2008 foi tão impactante para SC que gerou um capítulo exclusivo dentro do Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010.

## Vulnerabilidade e vulnerabilização

Durante o Simpósio, os participantes foram questionados sobre o significado de vulnerabilidade. Uma das respostas foi “vulnerável a quê?”, remetendo à característica dinâmica da vulnerabilidade.

A palavra “vulnerabilização” geralmente não é usada em outras línguas (*vulnerabilization*, por exemplo, não é comum), mas é usada há vários anos entre pesquisadores de língua portuguesa para contextualizar os diferentes processos sociais, históricos e territorialmente circunscritos, cujas práticas econômicas e político-institucionais tornam vulneráveis determinados grupos sociais (ACSELRAD, 2006).

Um destes processos é o da urbanização pautada por especulação imobiliária e injustiça ambiental. A urbanização brasileira aconteceu de forma acelerada e concentrada, com uma distribuição desigual de ganhos e de custos sociais e ambientais que contribuíram para induzir as ocupações no espaço urbano. Os mecanismos de produção dessa desigualdade ambiental, ou seja, da “exposição desproporcional dos socialmente mais desprovidos aos riscos das redes técnico-produtivas da riqueza ou sua despossessão ambiental pela concentração dos benefícios do desenvolvimento em poucas mãos” (ACSELRAD, 2010, p.109), manifestam-se sob a forma de proteção ambiental desigual e de acesso desigual aos recursos ambientais (ACSELRAD *et al.*, 2008). Nestes mecanismos, populações de menor renda são empurradas para áreas de maior risco e com menos infraestrutura e também as fontes de risco ambiental e de severo impacto ecológico são direcionadas para estas áreas. Estas conexões revelam conflitos socioambientais amplos e complexos que vêm sendo construídos historicamente nas relações da sociedade com o meio ambiente (VALENCIO, 2014 apud LONDE *et al.*, 2018). Áreas desprovidas de interesse imobiliário e de possibilidade de exploração econômica, como as áreas de proteção ambiental, os mananciais e as áreas sujeitas a inundação e/ou deslizamentos, passaram a ser ocupadas por camadas mais pobres da população. As elites passam a morar em áreas “centrais, elevadas, ventiladas e ensolaradas do centro” enquanto a população pobre ocupa as “lonjuras, as baixadas úmidas e pantanosas” (MURTHA; CASTRO; HELLER, 2015).

Nas periferias se convivem com situações de pauperização e exposição cumulativa a diversos tipos de risco (ALVES, TORRES, 2006). Estas condições de vulnerabilidade e de exposição aos riscos não decorrem de fenômenos naturais, mas sim de processos de “vulnerabilização” (ACSELRAD, 2006). Antes da estação chuvosa já estão definidos quem serão os mais expostos aos riscos socioambientais, a que tipos de riscos estarão expostos e quais os graus de exposição. Os diferentes graus de exposição ao risco, as vulnerabilidades e as condições atuais de segurança humana, portanto, são produto deste longo processo de construção social dos riscos, induzidos por esta urbanização desigual (VALENCIO, 2012).

A vulnerabilização também pode ocorrer por processos relacionados a gênero, cor da pele, identidade sexual, pobreza, migração, entre outros. De forma direta ou indireta, estes grupos estarão mais vulneráveis. A relação entre os riscos e a vulnerabilidade da população, principalmente na consideração das condições de vida dos grupos populacionais é fundamental para a compreensão dos riscos. Esta relação depende de como os sistemas sociais e suas relações são associados à potência do impacto em diferentes grupos sociais: *“So people’s exposure to risk differs according to their class (which affects their income, how they live and where), whether they are male or female, what their ethnicity is, what age group they belong to, whether they are disabled or not, their immigration status, and so forth”* (WISNER *et al.*, 2003, p. 6).

A intensificação deste processo de vulnerabilização socioambiental, associada à ocorrência de eventos como secas e chuvas, ocasiona grande parte dos desastres no Brasil.



## Desastres

Durante o simpósio, foi perguntado aos participantes o significado da palavra “desastres”. Entre as respostas, foram mencionados “eventos que atingem a população”, “é equívoco associar evento anômalo a desastres”, “evento associado ao impacto econômico e às pessoas”, “evento não necessariamente negativo”, “evento preocupante quando há presença do homem”, “impacto”, “situações que colocam em risco a vida da população”, “situações que ocasionam situações de emergência ou estado de calamidade pública”.

Questionados sobre o que tornaria um desastre um “evento não necessariamente negativo”, foram mencionados os exemplos das culturas de arroz e dos “shopping centers”, que aumentam seus lucros quando há meses de alta pluviosidade, no primeiro caso por aumento da produtividade e no segundo caso pela atração de clientes em busca de um local de lazer abrigado da chuva. Foram mencionados também o preenchimento de formulários para requisição de recursos financeiros e a propaganda política que é feita a partir dos desastres. Nota-se nas respostas algumas confusões conceituais e a falta de clareza da diferença entre clima, tempo, mudanças climáticas e desastres socioambientais.

Chuvas, inundações e deslizamentos não são sinônimo de desastre. Há um crescente consenso em torno da desnaturalização dos desastres “naturais” (O’KEFFE; WESTGATE; WISNER, 1976; MASKREY, 1993; MARCHEZINI, 2009; VALENCIO, 2012; PORTELLA *et al.*, 2016). Como diferentes grupos sociais não estão expostos igualmente às mesmas ameaças e não dispõem das mesmas condições para enfrentar e se recuperar, apresentam diferentes condições de vulnerabilidade (MARCHEZINI, 2009; VALENCIO, 2012). Como estas condições não são naturais e tampouco estáticas, têm sido conceituadas como processos de vulnerabilização (ACSELRAD, 2006; MARCHEZINI, 2014 *apud* LONDE *et al.*, 2018; VALENCIO, 2017). Os desastres são considerados socioambientais pela interação das condições de vulnerabilidade, que resultam de uma produção social sobre uma base territorial (MARCHEZINI, 2009; VALENCIO, 2012) e as condições ambientais, como saneamento, abastecimento de água, coleta de lixo e esgoto, entre outros. Fenômenos naturais, como chuvas ou ausência de chuvas, podem ser o fator disparador de eventos como inundações, deslizamentos e secas, e, portanto, são considerados ameaças naturais.

A definição mais atualizada considera o desastre “uma séria interrupção do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade, em qualquer escala, devido a eventos perigosos que interagem com condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, levando a uma ou mais das seguintes consequências: perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais (UNISDR, 2017).

## Resiliência

No item acima mencionamos a definição atual de desastre pela Organização das Nações Unidas. Este conceito envolve três outros: exposição, vulnerabilidade e capacidade. A capacidade é a combinação de forças, atributos e recursos disponíveis em uma organização, comunidade ou sociedade para gerenciar e reduzir riscos de desastres e fortalecer a resiliência (UNISDR, 2017).

Resiliência, por sua vez, tem sido um termo amplamente usado em diferentes esferas. É comum vermos referências aos estudos de física e de resistência dos materiais, que pressupõem uma “capacidade de voltar ao estado natural (ou ao estado anterior ao impacto)”. Na discussão dos riscos e desastres, entretanto, entendemos que o estado anterior ao impacto não funcionava bem, pois o impacto ocorreu e causou danos. A última definição de resiliência pela UNISDR (2017) considera este questionamento, relacionando o conceito de resiliência com a proposta “build back better” (reconstruir de forma melhor).

Após o desastre de 2008 em Santa Catarina, o estado fez vários investimentos para a melhoria da gestão de riscos e desastres e do Sistema de Proteção e Defesa Civil. Em 2012, elaborou um projeto para um Sistema Estadual de Monitoramento e Alertas, voltado para a modernização e expansão da rede de sensores e para a construção de Centros Integrados para gestão de riscos e desastres (CIGERD), além do Sistema Integrado de Defesa Civil (SISDC).

## Risco

Os riscos indicam um nível de possibilidade de determinada ocorrência, geralmente associada a impactos negativos. De acordo com Veyret (2007, p. 11), “o risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal”. Para Lieber e Romano Lieber (2002, p. 22-23)

A profusão de possibilidades do conceito de “risco” apresentada foi decorrente do pressuposto de validade das formas de uso. Destas diferentes possibilidades, contudo, há uma essência que se destaca. “Risco”, em diferentes maneiras, mantém a ideia de algo adverso sujeito à incerteza. Mas essa “incerteza”, não condiciona apenas o adverso, mas condiciona também o seu oposto (o “propício” ou o “favorável”), bem como o desconhecido (inerentemente nem bom nem mau). É uma intencionalidade específica de ênfase que faz o uso do termo “risco” em detrimento do termo “oportunidade”.

Sob a ótica dos desastres socioambientais, o risco reflete a relação entre determinado perigo que se associa com a presença de grupos sociais que residem ou transitam em determinada localidade e num momento específico (VALENCIO, 2009; QUARANTELLI, 1998). Desta forma, a difícil consideração de diferentes variáveis tais como grau de exposição, nível do risco, conhecimento, comunicação e coesão social, vulnerabilidades individuais e de determinados grupos, suscetibilidade dos lugares, intensidade e recorrência dos processos físicos, dentre outros, permitem a identificação dos riscos de determinada população em condição vulnerável. De acordo com Wisner *et al.* (2003, p. 49):

In evaluating disaster risk, the social production of vulnerability needs to be considered with at least the same degree of importance that is devoted to understanding and addressing natural hazards. Expressed schematically, our view is that the risk faced by people must be seen as a cross-cutting combination of vulnerability and hazard. Disasters are a result of the interaction of both; there cannot be a disaster if there are hazards but vulnerability is (theoretically) nil, or if there is a vulnerable population but no hazard event

## Saúde

Saúde pública, condições ambientais e sustentabilidade também atuam como forçantes que determinam a vulnerabilidade, ao mesmo tempo em que são também afetadas pela vulnerabilização. Neste círculo, condições críticas do setor de saúde terão influência direta na capacidade de resposta a desastres e os impactos de desastres podem ser expressivos nesse setor. Sendo assim, as ações de promoção de sustentabilidade e capacidade de resposta serão sempre sinérgicas no suporte ao enfrentamento de epidemias e ao enfrentamento de desastres.

As epidemias podem ocorrer por múltiplos fatores. No contexto de desastres, epidemias são consideradas desastres secundários, quando são deflagradas como uma

consequência do evento natural das chuvas, ou mesmo de outra tipologia de desastre como um movimento de massa ou uma inundação. A quebra de uma “normalidade” nas condições de vida reflete e intensifica uma condição de vulnerabilização anterior ao evento, propiciando novas epidemias (LONDE et al., 2018).

No contexto atual, o crescimento econômico, confundido cotidianamente com desenvolvimento, gera doenças e gera desastres negligenciados. Os efeitos de gestões ineficientes terminam por gerar mais custos, tanto no setor saúde quanto no setor de gerenciamento de desastres (LONDE *et al.*, 2018).

No desastre de 2008 em Santa Catarina houve dificuldade de acesso aos serviços de saúde pela interrupção das vias e também porque muitos trabalhadores da área de saúde foram afetados e não puderam trabalhar.

Apesar de as orientações usuais indicarem o uso de botas e luvas plásticas em situações como o desastre mencionado, muitas pessoas perderam seus pertences, e, portanto, não tinham condições de usar ou comprar o material indicado.

Um laboratório móvel da Funasa esteve disponível para tratar a água em áreas rurais, mas a contaminação continuou presente, por exemplo, em enlatados com resquícios de lama que foram encontrados em estabelecimentos comerciais afetados. Houve morte de animais de grande porte (bois, cavalos, entre outros), que foram encontrados inchados e pesados nas praias. Por dificuldades operacionais, os animais foram enterrados nos locais onde foram encontrados.

## Saúde do trabalhador

Trabalhadores com atividade laboral a céu aberto são afetados diretamente pelas condições de tempo. No Brasil e em especial no estado de Santa Catarina, os eventos meteorológicos extremos, tais como intensas ondas de frio e calor, rajadas de vento associadas a tempestades ou chuvas contínuas fortes, que muitas vezes causam os escorregamentos, apresentam-se como mais um importante aspecto para o aumento do risco nos ambientes de trabalho. A Norma Regulamentadora 21 (<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr21.htm>), que trata do trabalho a céu aberto, embora seja bastante abrangente em muitos aspectos, na grande maioria das vezes não apresenta-se como um instrumento legal capaz de proteger o trabalhador de áreas externas. Isso ocorre essencialmente devido ao alto dinamismo e diversidade dos processos de trabalho que geralmente priorizam a produção e não a saúde, segurança e bem-estar de quem exerce a atividade. Além disso, há ainda a complexidade nos processos que envolvem a previsão meteorológica, a comunicação do alerta e, finalmente, a ação preventiva na organização do trabalho. Esta última, para cada tipo de atividade laboral, requer, entre outras ações, treinamento dos trabalhadores em situações de emergência. Por tudo isso, o trabalhador de áreas externas compõe uma parcela da população com um grau de vulnerabilidade adicional, a depender da atividade laboral que desenvolve.

## Mudanças climáticas, desastres e saúde

As consequências dos desastres para a saúde pública estão relacionadas aos danos materiais da estrutura de atendimento do setor e aos danos humanos sofridos pela população. A operação dos sistemas de saúde pode ser afetada de forma direta em razão da danificação nas instalações, interrupção de serviços básicos, destruição de vias de comunicação e um número inesperado de mortes e enfermidades, excedendo a capacidade de atenção da rede de serviços (OPAS/OMS, 2003). Os prejuízos associados à estrutura de atendimento referem-se, também, ao comprometimento de equipamentos

e do estoque de remédios (PEREIRA; BARATA, 2014). Já os danos sofridos pela população podem ser classificados de acordo com o período de ocorrência. Danos em curto prazo, por exemplo, incluem períodos que variam entre horas e dias, cujos registros, de acordo com Freitas *et al.* (2014), abrangem principalmente mortalidade e ferimentos leves e graves. Em médio prazo há o aumento de doenças, especialmente aquelas de veiculação hídrica e também as transmitidas por vetores, como dengue, *zika* e malária. Impactos em longo prazo incluem processos depressivos e danos psicossociais, vivenciados, em sua maioria, pelo abandono social no processo de reconstrução e recuperação (VALENCIO; SIENA; MARCHEZINI, 2011; UNISDR, 2011; FREITAS *et al.*, 2014), tal como vivenciado na catástrofe socioambiental da Bacia do Rio Doce no ano de 2016, após o rompimento da barragem de rejeito de minérios e o projeto de “desenvolvimento” associado à mineração e seus riscos.

Os custos com perdas e danos decorrentes das inundações em Santa Catarina, em 2008, somaram R\$ 4,75 bilhões, distribuídos nos setores de infraestrutura (transportes, água e saneamento), social (habitação, saúde e educação) e produtivo (agricultura, indústria e comércio). O Estado de Santa Catarina conta com alta proporção de hospitais privados em relação aos públicos, mas em 2008 em 14 municípios foi decretado estado de calamidade pública e, em 59, situação de emergência (BANCO MUNDIAL, 2012 *apud* LONDE *et al.*, 2015; BRASIL, 2010b *apud* LONDE *et al.*, 2015). No desastre de 2008, os municípios de Gaspar, Ilhota, Itapoá, Rio dos Cedros e Rodeio não dispunham de leitos em seus estabelecimentos de saúde, indicando a necessidade de transportar a população para municípios vizinhos.

Os custos com as perdas e danos calculados no setor de saúde somaram R\$ 155 milhões, o que representa cerca de 3,7% do impacto total do desastre, e concentraram-se no setor público (99%) (BANCO MUNDIAL, 2012 *apud* LONDE *et al.*, 2015). Os danos estão associados à destruição ou danificação das infraestruturas de apoio ao setor (hospitais, postos de saúde e equipamentos) e contabilizaram R\$ 100 milhões, o que corresponde a 65% dos custos totais do desastre para o setor de saúde. Os prejuízos se concentram nos impactos diretos em unidades de saúde (R\$ 96 milhões) e custos de recuperação de hospitais (R\$ 3,4 milhões). Em termos absolutos, as chuvas afetaram 129 unidades de saúde públicas e 48 privadas (BANCO MUNDIAL, 2012 *apud* LONDE *et al.*, 2015). Em Ilhota, dos quatro estabelecimentos públicos de saúde existentes, dois foram danificados e dois foram destruídos. Em Blumenau, 60% dos estabelecimentos públicos foram danificados (38) ou destruídos (quatro). Em Itajaí, 52% foram danificados (20). Destaca-se que nestes municípios houve uma grande porcentagem de afetados nos desastres e que possivelmente demandaram ações extras dos serviços de saúde que foram atingidos. Em Ilhota, 28% da população (3.500 pessoas) foi afetada, em Blumenau, 33% (103 mil pessoas) e, em Itajaí, 89% (163.219). Os impactos no setor de infraestrutura de água e saneamento foram responsáveis por custos totais de R\$ 29,2 milhões. Desse total, mais da metade correspondeu a danos nos sistemas de distribuição de água, concentrando-se em estações de tratamento de água – ETA (R\$ 9 milhões) e redes de distribuição (R\$ 7 milhões), e aproximadamente 25% referiram-se a perdas na coleta e tratamento de lixo não realizados (BANCO MUNDIAL, 2012 *apud* LONDE *et al.*, 2015)

## Sistemas de Alerta

Os sistemas de alerta têm características diferentes se direcionados a alertas de tempo, de desastres ou de saúde.

A ONU define sistema de alerta como um conjunto de capacidades necessárias para gerar e disseminar, com tempo e de forma compreensível, informações que possibilitem que indivíduos, comunidades e organizações vulneráveis a desastres possam se preparar

e agir, de forma apropriada e em tempo suficiente, para reduzir sua possibilidade de sofrer danos e/ou perdas (UNISDR, 2012 *apud* MARCHEZINI; LONDE, 2018).

Documentos científicos e não-científicos têm apontado para quatro eixos básicos nos sistemas de alerta: conhecimento dos riscos, monitoramento, comunicação e capacidade de resposta (MARCHEZINI; LONDE, 2018).

Há muitas críticas aos sistemas de alerta tradicionais de concepção verticalizada ("last mile"), de cima para baixo (GARCIA; FEARNLEY, 2012 *apud* MARCHEZINI; LONDE, 2018; THOMALLA; LARSEN, 2010 *apud* MARCHEZINI; LONDE, 2018). Na abordagem verticalizada, os aspectos tecnológicos recebem mais atenção do que os aspectos humanos. Nessa lógica, os equipamentos técnicos detectam uma provável ameaça (chuvas, tornados etc.) e remetem alertas para as pessoas que estão em uma situação de risco. Esta abordagem é chamada de fim de linha ("last mile"), por somente envolver as pessoas em uma etapa final do sistema, isto é, para receber um alerta. Dentro deste modelo de atuação, somente os equipamentos técnicos (radares, estações automáticas etc.) e os peritos possuem dados, informações e conhecimentos sobre as ameaças e os riscos. Os "leigos" que vivenciam as ameaças, as vulnerabilidades e os desastres não são representadas como possuidoras de informação, conhecimento e sabedoria. As pessoas somente são incorporadas no sistema como receptoras do alerta, ou seja, são as últimas a serem envolvidas.

Em oposição à esta abordagem há o modelo de primeira linha ("first mile"), o qual assume que as pessoas deveriam ser envolvidas como componente central no desenho e na operacionalização de um sistema de alerta, uma vez que são diretamente afetadas (KELMAN; GLANTZ, 2014 *apud* MARCHEZINI; LONDE, 2018). A eficácia deste tipo de sistema demanda uma forte ênfase nas pessoas expostas ao risco, de modo a incorporar todos os fatores relevantes, desde as ameaças naturais ou biológicas até as vulnerabilidades sociais (BASHER, 2006 *apud* MARCHEZINI; LONDE, 2018). Isto implica o reconhecimento de diferentes percepções e representações em relação ao risco, assim como da valorização dos conhecimentos tradicionais e locais, além do científico. Neste modelo de sistema de alerta, as ações ocorrem em diferentes escalas e envolvem múltiplos tomadores de decisão, que dialogam e colaboram nas fases de todo o processo (GAILLARD; MERCER, 2012 *apud* MARCHEZINI; LONDE, 2018), isto é, nos quatro eixos do sistema de alerta. Em outras palavras, o sistema de alerta se torna centrado nas pessoas, descentralizado em diferentes níveis de governo, participativo e as políticas públicas são baseadas no conhecimento produzido.

## Conclusão

Saúde, vulnerabilidade e desastres representam uma interação repleta de desafios. No âmbito científico, a produção e organização de dados, bem como a comunicação sobre estes dados entre diferentes órgãos (oficiais e não governamentais) ainda demandam melhoras, mais recursos e mais articulação e melhor gestão das interações. Órgãos científicos poderiam produzir mais estudos a partir de dados que ficam restritos a órgãos de saúde e estes, por outro lado, seriam extremamente beneficiados com o tratamento e análise de seus dados por cientistas de diversas áreas.

No âmbito de atividades educacionais e de extensão universitária, fica exposta a grande necessidade de comunicação com as comunidades locais, trocando informações sobre formas de se perceber tempo e clima, formas de entender e interagir com o ambiente e planos de ação para casos de emergência. As Universidades têm uma grande responsabilidade no engajamento com a popularização da ciência, os mapeamentos participativos e os planejamentos realizados.

No âmbito de políticas públicas e de gestão também é evidente a pouca interação dos órgãos entre si e também a pouca interação dos órgãos de gestão com a

população, desde as orientações de uso de luvas e botas que não podem ser seguidas por falta de recursos financeiros da população afetada, até a falta de entendimentos sobre ocupações de áreas de risco e planejamentos de uso do solo. Neste aspecto, iniciativas de governança ambiental e governança policêntrica seriam os grandes gatilhos de uma gestão eficiente de riscos e desastres.

## Referências

- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: COMUNICAÇÃO AO ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS, 2., 2006, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006.
- ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010.
- ACSELRAD, H. *et al.* **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.
- ALVES, H.P.F.; TORRES, H.G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo: Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 44-60, 2006.
- BESANCENOT, J.-P. De la maladie à la santé: climatisme et climatothérapie. In: BESANCENOT, J.-P. **Dans Climat et Santé**. Paris: Presses Universitaires de France, 2001. Cap. 10, p. 99-105.
- DURKHEIM, É. **O suicídio**: estudo de sociologia. Tradução Monica Stahel. São Paulo: Martins Fontes, 2000 (Coleção Tópicos).
- FERREIRA, A.G. **Meteorologia prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 188 p.
- FREITAS, C. M. D.; SILVA, D. R. X.; SENA, A. R. M. D.; SILVA, E. L.; SALES, L. B. F.; CARVALHO, M. L. D.; CORVALÁN, C. Natural disasters and health: an analysis of the situation in Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3645-3656, 2014.
- FUENTES, M.V. **Climatologia de bloqueios próximos à América do Sul e seus efeitos**. 1997. 70 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.
- GOTARDO, R.; PIAZZA, G.A.; TORRES, E.; SEVERO, D.L.; KAUFMAN, V. Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. **Geosul**, v. 33, n. 67, p. 253-276, 2018.
- HERRMANN, M.L.P.; KOBIYAMA, M.; MARCELINO, E.V. Inundação gradual. In: HERRMANN, M.L.P. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**: período de 1980 a 2010. 2. ed. atual. e rev. Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014, Cap. 5, p. 117-121.
- HERRMANN, M.L.P.; PARIZOTO, D.G.V.; TOMAZZOLLI, E.R.; PELLERIN, J.R.G.M.; CAMARGO, L.P. O episódio pluvial extremo de novembro de 2008. In: HERRMANN, M.L.P. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**: período de 1980 a 2010. 2. ed. atual. e rev. Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014c. Cap. 16, p. 173-180.
- HERRMANN, M.L.P.; PELLERIN, J.R.G.M.; SAITO, S.M. Escorregamento. In: HERRMANN, M.L.P. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**: período de 1980 a 2010. 2. ed. atual. e rev. Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014b. Cap. 7, p. 129-133.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.
- LIEBER, R.R.; ROMANO-LIEBER, N. S. O conceito de Risco: Janus reinventado In: MINAYO M, C, S; MIRANDA, A. C. **Saúde e ambiente**: estreitando nós. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2002. p. 69-112.
- LONDE, L. de R. et al. Vulnerabilização, saúde e desastres socioambientais no litoral de São Paulo: desafios para o desenvolvimento sustentável. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 21, n. 1-24, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/asoc/v21/>

pt\_1809-4422-asoc-21-e01022.pdf. Acesso em: 13 abr. 2019.

LONDE, L. de R.; MARCHEZINI, V.; DA CONCEIÇÃO, R. S.; BORTOLETTO, K. C.; SILVA, A. E. P.; DOS SANTOS, E. V.; REANI, R. T. Impactos de desastres socioambientais em saúde pública: estudos dos casos dos Estados de Santa Catarina em 2008 e Pernambuco em 2010.

**Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 32 n. 3, p. 537-562, dez. 2015.

MARCELINO, E.V.; GOERL, R.F.; PARIZOTO, D.G.V.; OLIVEIRA, C.A.F.; MURARA, P.G. Inundação brusca. In: HERRMANN, M.L.P. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**: período de 1980 a 2010. 2. ed. atual. e rev. Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014. Cap. 6, p. 123-127.

MARCHEZINI, V. Dos desastres da natureza à natureza dos desastres In: VALENCIO, N. (org.). **Sociologia dos desastres**: construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos/SP: RiMa, 2009. v.1, p. 48-57.

MARCHEZINI, V.; LONDE, L. de R. Sistemas de alerta centrados nas pessoas: desafios para os cidadãos, cientistas e gestores públicos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. esp., p. 525-558, jun. 2018. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6558/3898](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6558/3898). Acesso em: 13 abr. 2019.

MENEZES, J. G. R. de. **A tragédia do Morro do Baú**. Blumenau: Nova Letra, 2009.

MONTEIRO, M.A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

MONTEIRO, M.A.; MENDONÇA, M. Dinâmica atmosférica no estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M.L.P. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**: período de 1980 a 2010. 2. ed. atual. e rev. Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014. Cap. 2, p. 5-12.

MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 193-210, 2015.

NERY, J.T. Dinâmica climática da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

O'KEEFE, P.; WESTGATE, K.; WISNER, B. Taking the 'Naturalness' Out of 'Natural' Disasters. **Nature** **260**, p. 566-567, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1038/260566a0>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/260566a0>. Acesso em: 27 jan. 2017.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Protección de las nuevas instalaciones de salud frente a desastres naturales: guía para la promoción de la mitigación de desastres**. Washington, D.C.: Opas/Banco Mundial, 2003.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JR., V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, CD-ROM, 2002.

PATZ, J. *et al.* The Potential Health Impacts of Climate Variability and Change for the United States: Executive Summary of the Report of the Health Sector of the US National Assessment. **Environmental Health Perspectives**, n. 108, p. 367-376, 2000.

PELUSO JÚNIOR, V.A. **Aspectos geográficos de Santa Catarina**. Florianópolis: FCC.,/Ed. da UFSC, 288 p., 1991.

PEREIRA, C. A. R.; BARATA, M. M. de L. Organização dos serviços urbanos de saúde frente à mudança do clima e ao risco de desastres na América Latina. **Saúde Debate**, v. 38, n. 102, p. 624-634, set. 2014.

PORTAL BRASIL. **Papel das Forças Armadas no combate ao Aedes aegypti é destacado por Dilma**. 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/governo/2016/01/dilma-considera-forcas-armadas-essenciais-no-combate-ao-aedes-aegypti>. Acesso em: 14 março 2017.

- PORTELLA, SÉRGIO; OLIVEIRA, SIMONE; VALENCIO, NORMA; E NUNES, JOÃO. Da “ponte sobre águas turbulentas” à reinvenção do “homem lento”: reflexões sobre assimetrias de saber e desastres. **Ciência & Trópico**, Recife: Fundação Joaquim Nabuco, v. 40, n. 1, 2016.
- QUADRO, M.F.L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1993. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993.
- QUARANTELLI, E. L. **What is a Disaster?: Perspectives on the question**. Routledge: London, 1998
- SORRE, M. Le Climat. In: SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Paris: Armand Colin, 1951. Chap. 5, p.13-43.
- TEIXEIRA, L. R. **Megaprojetos no litoral norte paulista: o papel dos grandes empreendimentos de infraestrutura na transformação regional**. 2013. Tese (Doutorado em Ambiente e Sociedade) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- UNISDR. INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Global assessment report on disaster risk reduction**. Geneva, Switzerland: ISDR, 2011. Disponível em: <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/19846>. Acesso em: 11 nov. 2015
- UNISDR. UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Terminology for Disaster Risk Reduction**. Geneva, Switzerland, 2017. Disponível em: <https://www.preventionweb.net/english/professional/terminology/>. Acesso em: 13 abr. 2019.
- VALENCIO, N. F. L. da S. Vivência de um desastre: uma análise sociológica das dimensões políticas e psicossociais envolvidas no colapso de barragens. In: VALENCIO, N.F L. da; SIENA, M.; MARCHEZINI, V; GONÇALVES, J. C. (Orgs.). **Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2009, v. 1, p. 160-175.
- VALENCIO, N. F. L. da S.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V. **Abandonados nos desastres: uma análise sociológica de dimensões objetivas e simbólicas de afetação de grupos sociais desabrigados e desalojados**. Brasília: Conselho Federal de Psicologia, 2011.
- VALENCIO, N.F.L da S. **Para além do “dia do desastre”**: o caso brasileiro. Curitiba: Editora Appris. 2012.
- VALENCIO, N.F.L da S. A ordem invisível por detrás do caos aparente: arquitetura do poder e desfiliação social no contexto de desastre. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS, 41., 2017, Caxambu. **Anais [...]**. São Paulo: ANPOCS, 2017.
- VANHONI, F.; MENDONÇA, F. Fachada atlântica sul do Brasil. In: MENDONÇA, F. (org.). **Os climas do sul: em tempos de mudanças climáticas globais**. Jundiaí, Paco Editorial, 2014. 274 p.
- VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto.2007.
- WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. **At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 2. ed. S.l.: Routledge, 2003.
- WREGG, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR., C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012.

## Referência complementar

- ABRASCO. **Cidades sustentáveis e saudáveis: microcefalia, perigos do controle químico e o desafio do saneamento universal**. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/noticias/institucional/carta-de-alerta-da-abrasco-cidades-saudaveis-e-sustentaveis-este-e-o-desafio-urgente/15926/>. Acesso em: 10 out. 2016.
- AYACH, L. R., DE LIMA GUIMARÃES, S. T., CAPPI, N., & AYACH, C Saúde, saneamento e



- percepção de riscos ambientais urbanos. **Caderno de Geografia**, v. 22, n. 37, p. 47-64, 2012.
- BANDINI, Marcos Pellegrini. O papel da defesa civil na gestão dos riscos naturais – o caso da área insular de Santos-SP. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE VULNERABILIDADES E RISCOS SOCIOAMBIENTAIS, 1., 2014, Rio Claro. **Anais [...]**. Rio Claro: UNESP, 2014, p. 503-510.
- BRASIL. Decreto nº 895, de 16 de agosto de 1993. **Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC), e dá outras providências**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d0895.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d0895.htm). Acesso em: 22 maio 2017.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Saúde da Família: uma estratégia de organização dos serviços de saúde**. Brasília, 1996 a.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Manual para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública**. Brasília: Sedec, 2007a, v. 1.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Manual para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública**. Brasília: Sedec, 2007b, v. 2.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica, p. 160, (Série A. Normas e Manuais Técnicos), Brasília. 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Política nacional de atenção básica**. Brasília: MS; 2011.
- BUENO, L. M. M. Cidades e mudanças climáticas no Brasil: planejamento de medidas ou estado de risco? **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 81-98, 2011.
- CARDOSO, A. L. Risco urbano e moradia: a construção social do risco em uma favela do Rio de Janeiro. **Cadernos IPPUR**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 27-48, 2006.
- CARVALHO, J. M. Cidadania no Brasil: o longo caminho. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002.
- CASTRO, L. A. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 2.ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/Departamento de Defesa Civil, 1998.
- DATASUS. **Departamento de Informática do SUS**. Disponível em: [datasus.saude.gov.br/](http://datasus.saude.gov.br/). Acesso em: 15 out. 2017.
- EL PAÍS. **Brasil destina 60% das suas Forças Armadas na luta contra um mosquito**. 2016. Disponível em: [http://brasil.elpais.com/brasil/2016/02/13/politica/1455383958\\_196275.html](http://brasil.elpais.com/brasil/2016/02/13/politica/1455383958_196275.html). Acesso em: 14 mar. 2017.
- FONSECA, A. de F.C.; PRADO FILHO, J. F. do. Um importante episódio na história da gestão dos recursos hídricos no Brasil: o controle da coroa portuguesa sobre o uso da água nas minas de ouro coloniais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 3, p. 5-14, 2006.
- FURTADO, C. Os desafios da nova geração. **Revista de Economia Política**, v. 24, n. 4 (96), out./dez. 2004.
- GASPARRINI, A. et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. **Lancet**. v. 386, n. 9991, p. 369-75, jul. 2015. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62114-0. Acesso em: 14 mar. 2017.
- G1. **Nuvem tóxica atinge quatro cidades no litoral de SP: vazamento continua**. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2016/01/nuvem-toxica-atinge-quatro-cidades-no-litoral-de-sp-vazamento-continua.html>. Acesso em: 14 mar. 2017.
- G1. **Forças Armadas terão 71 mil militares no combate ao Aedes aegypti no RJ**. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/02/forcas-armadas-terao-71-mil-militares-no-combate-ao-aedes-aegypti-no-rj.html>. Acesso em: 14 mar. 2017.
- G1. **Governo anuncia ação de 220 mil militares para combater Aedes aegypti**. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2016/01/governo-anuncia-acao-dos-militares-no-combate-ao-aedes-aegypti.html>. Acesso em: 14 mar. 2017.

- GONÇALVES, J. C. Impactos e medidas econômicas relacionados com desastres. **ComCiência** (UNICAMP), v. 117, p. 1-3, 2010.
- HORTA M. A. P et al. Os efeitos do crescimento urbano sobre a dengue. **Rev. Bras. Promoc. Saúde**, Fortaleza, v. 26, n. 4, p. 539-547, out./dez., 2013.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 jan. 2017.
- JACOBI, P. R.; GIATTI, L. L. A ambivalência do desenvolvimento e a busca de novas vias para a sustentabilidade. **Ambient. Soc.**, São Paulo, v. 18, n. 3, set., 2015.
- JACOBI, P. Moradores e meio ambiente na cidade de São Paulo. São Paulo: Centro de Estudos de Cultura Contemporânea, 1995. Cadernos CEDEC, n. 43.
- LITORAL sustentável. **Resumo executivo**: dinâmicas regionais. Disponível em: <http://litoralsustentavel.org.br/wp-content/uploads/2013/09/Resumo-Executivo-Regional-Litoral-Sustentavel.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2017.
- MARCHEZINI, V. Redução de vulnerabilidade a desastres: dimensões políticas, científicas e socioeconômicas. **Waterlat-Gobacit Network Working Papers**, v. 2, p. 82-102, 2015.
- MARCHEZINI, VICTOR; WISNER, BEN; LONDE, LUCIANA R.; SAITO, SILVIA M. **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action**. São Carlos: RiMa Editora, 2017. 624 p.
- MASKREY, A. (Eds.). **Los desastres no son naturales, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina**, Panamá, 1993.
- MENDONÇA, F. de A.; SOUZA, A. V.; DUTRA, D. de A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Soc. Nat.**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 257-269, 2009.
- MOURA, Érica Ferreira. **Percepção de risco em área de população vulnerável a desastres naturais do município de Guarujá - SP**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, 2011.
- OBSERVATÓRIO LITORAL SUSTENTÁVEL. Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos: alternativas de tratamento dos resíduos orgânicos. **Caderno Temático 3**. Disponível em: <http://polis.org.br/publicacoes/gestao-sustentavel-dos-residuos-solidos-urbanos-alternativa-de-tratamento-dos-residuos-organicos/>. Acesso em: 27 jan. 2017.
- PASCOALINO, Aline. **Varição térmica e a distribuição têm poro-espacial da mortalidade por doenças cardiovasculares na cidade de Limeira/SP**. 2013. 283 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/104331>. Acesso em 27 jan. 2017.
- REDE BRASIL ATUAL. **Governo Federal mobiliza servidores e Forças Armadas contra Aedes aegypti**. 2016. Disponível em: <http://www.redebrasilatual.com.br/saude/2016/01/governo-federal-mobiliza-servidores-no-combate-ao-mosquito-aedes-aegypti-6738.html>. Acesso em: 14 mar. 2017.
- RIBEIRO, W. da C. Riscos e vulnerabilidade urbana no Brasil. **Scripta**: Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, v. 14, n. 331 (65), 2010.
- SAITO, S. **Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no maciço central de Florianópolis - SC**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado de Geografia) - Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2004, 133p.
- SANTOS, A.B. et al. A catástrofe de 1967. In: CAMPOS, Jurandy Ferraz de. **Santo Antônio de Caraguatatuba: memórias e tradições de um povo**. Caraguatatuba: FUNDACC, 2000. p. 373-386.
- SANTOS (Cidade). Prefeitura de Santos. **Mutirão com reforço da Defesa Civil vistoria 1.433 imóveis no Areia Branca**. 2017. Disponível em: <http://www.santos.sp.gov.br/node/895992>. Acesso em: 15 fev. 2017.

SÃO PAULO. **Serra do Mar e mosaicos da Mata Atlântica: uma experiência de recuperação socioambiental.** São Paulo: KPMO Cultura e Arte, 2014. .136 p. Disponível em: [http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/serradomar/2016/12/AF\\_P\\_MIOLO\\_Livro-Serra-do-Mar-2.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/serradomar/2016/12/AF_P_MIOLO_Livro-Serra-do-Mar-2.pdf). Acesso em: 17 maio 2017.

SEADE (IPVS). Fundação Seade. **Índice paulista de vulnerabilidade social.** São Paulo; 2005. Disponíveis em: [www.seade.gov.br/](http://www.seade.gov.br/). Acesso em: 15 jan. 2017.

STARFIELD, B. **Atenção primária: equilíbrio entre necessidades de saúde, serviços e tecnologia.** Brasília: Ministério da Saúde; 2002.

UNISDR. **Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters.** United Nations: Geneva, 2005.

VALLIM, S., VIEIRA, A.M.L., OSIANO, V.L.L.R. **A estratégia saúde da família – Qualis – em 101 Municípios do Estado de São Paulo.** São Paulo: Secretaria da Saúde: Coordenadoria de Planejamento de Saúde, 2006. p.189-205.

VIEIRA E. T.; SANTOS, M. J. Desenvolvimento econômico regional: uma revisão histórica e teórica. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional-G&DR**, Taubaté, SP, v. 8, n. 2, p. 344-369, maio-ago. 2012.

WILHITE, D. A. The enigma of drought. In: WILHITE, D. A. **Drought assessment, management, and planning: Theory and case studies.** Springer US, 1993, p. 3-15.

WISNER, B.; GAILLARD, J.C. An introduction to neglected disasters. **JAMBA: Journal of Disaster Risk Studies**, v. 2, n. 3, p. 151-158, 2009.



## PREVENIR E ANTECIPAR PARA NÃO REMEDIAR: O ENSINO DE GEOGRAFIA, A REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES E A RESILIÊNCIA NO MUNDO GLOBALIZADO

Laurenço Magnoni Júnior<sup>1</sup>

Maria da Graça Mello Magnoni<sup>2</sup>

A construção geográfica de uma sociedade é um processo de práticas e saberes espaciais dialeticamente interligados numa práxis. Os saberes espaciais que vêm das práticas. E as práticas espaciais que por meio daqueles se orientam. A sociedade geograficamente edificada é o fruto desse amálgama. Como também a própria Geografia.

Ruy Moreira

Se fugirmos aos conteúdos impostos no Ensino Fundamental e soubermos planejar nosso trabalho centrados na construção de conceitos essenciais à consecução do saber geográfico, poderemos transformar o ensino de nossa disciplina em algo muito eficaz e muito condizente com os objetivos do saber geográfico) [...]os fins estabelecidos de forma clara e objetiva, deverão sempre considerar o que se pretende com o ensino da Geografia e com a transformação do aluno como ser social, diante dos desafios que o mundo nos impõe e, muitas vezes, mascara.

Álvaro José de Souza

### Para início de conversa...

O momento da conversa é o ponto inicial no trabalho educativo que tem a prática social como ponto de partida. Conversar sobre a escola e sobre o ensino de Geografia no mundo globalizado, é um enorme desafio para os professores que atuam entre as crianças e jovens na educação básica como para os que atuam na formação dos professores, na educação universitária.

Tomando como referência as questões “o que ensinar” e o “como ensinar”, historicamente temos vivenciado a permanente luta “dos contrários” que permeiam as nossas ações e relações,

---

1 Graduado em Geografia pelas Faculdades Integradas de Ourinhos - SP (1988). Mestre em Educação pela UNESP/Marília – SP (1999). Doutor em Educação para a Ciência pela UNESP/Bauru (2007). É docente do Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica da UNESP Campus de Bauru - SP, da Faculdade de Tecnologia de Lins (Fatec) e das Escolas Técnicas Astor de Mattos Carvalho de Cabrália Paulista - SP e Rodrigues de Abres de Bauru - SP (Unidades de ensino do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza); membro do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Bauru (COMDEMA) e da Diretoria Executiva da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Bauru – SP. Editor da Revista Ciência Geográfica ([www.agbbauru.org.br](http://www.agbbauru.org.br)). E-mails: [lourenco.junior@pq.cnpq.br](mailto:lourenco.junior@pq.cnpq.br) - [lourenco.junior@fatec.sp.gov.br](mailto:lourenco.junior@fatec.sp.gov.br).

2 Professora Assistente Doutora do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências (FC) da UNESP/Campus Bauru e Professora do Programa de Pós-Graduação Mídia e Tecnologia da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC). Membro da Diretoria Executiva da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Local Bauru–SP e do Comitê Editorial da Revista Ciência Geográfica. E-mail: [mgm.magnoni@unesp.br](mailto:mgm.magnoni@unesp.br).

entre as quais a prática educativa cotidiana. Se o atual contexto “científico, tecnológico e informacional” nos apresenta novas possibilidades para as abordagens dos conceitos e dos conteúdos bem como para a organização, utilização e produção de recursos didáticos, em contrapartida, temos o controle sobre o currículo, reflexo do avanço dos tentáculos da globalização excludente, do fortalecimento das políticas ultraneoliberais que submeteram com muita facilidade a Educação, através das políticas públicas para a educação básica e superior.

Resgatando o pensamento do Professor Álvaro José de Souza, que através dos Encartes Pedagógico do nosso “O Espaço do Geógrafo” travava a luta, colocando-se num dos lados com a clareza de quem conhece e a coragem de quem fizera a opção pelo caminho”, identificava e buscava a superação dos desafios. Em “Geografando ou aprendendo a fazer Geografia” Souza (2001) diz que

Em torno de cada um de nós, no nosso dia-a-dia, uma grande quantidade de informações encontra-se veiculada nos mais diversos meios de comunicação oral e escrita, verbal ou imagética, de base científica ou portadora do senso-comum, informativa ou opinativa, enfim, numa plêiade de formatos a exigir as mais variadas formas de decodificação. Saber conviver com esta diversidade de informações é uma necessidade premente e também uma forma de exercer a cidadania, que se expressa não somente pelo acesso às mesmas mas também pela aptidão em selecioná-las, com vistas a um correto e pleno entendimento do mundo em que vivemos (2001, p. 6-10).

Paulo Freire na intenção de colaborar para que esse objetivo se concretizasse na vida dos homens e mulheres, estruturou e defendeu o processo de alfabetização a partir da concepção da Educação Libertadora, selecionando como referência inicial no trabalho educativo, a palavra chave, a palavra geradora ou a “palavramundo” na expressão do educador, definida como a palavra carregada do sentido do mundo, do gosto do mundo, da vivência no mundo.

O ensino dessa Geografia necessária depara-se com uma proposta de ensino de Geografia em que a “leitura de mundo” é ensinada através de uma cartilha moderna (ou pós moderna), onde os conceitos e os decorrentes conteúdos são apresentados como “objetos do conhecimento” e os objetivos estabelecidos como habilidades a serem atingidas. Quando se ensina um deles, os outros estão ausentes ou totalmente desvinculados da realidade dos alunos e, a totalidade fica costurada como soma das partes, não como um todo que tem significado orgânico no espaço geográfico e na relação da sociedade com esse espaço. É (e continua a ser) como formulou Ruy Moreira (1985), uma ciência de “cacos”, um discurso descritivo e fragmentário, sem conjunto de totalidade e identidade.

Para Lacoste (1993),

“O discurso geográfico escolar foi imposto a todos no fim do século XIX e cujo o modelo continua a ser reproduzido ainda hoje, quaisquer que possam ter sido, aliás, os progressos na produção de ideias científicas, se mutilou totalmente de toda a prática e, sobretudo, foi interdita qualquer aplicação prática. De todas as disciplinas ensinadas na escola (...), a geografia é, ainda hoje, a única a aparecer, por excelência, como um saber sem a menor aplicação prática fora do sistema de ensino” (1993, p. 56).

Lacoste (1993), evidencia que ainda hoje para a maioria dos estudantes, a Geografia é uma disciplina escolar secundária e desinteressante que tem a função de apenas fornecer elementos descritivos sobre o mundo. É comum os alunos da educação básica

perguntarem para que serve a Geografia. Como professores de Geografia na educação básica e superior há mais de trinta anos, inúmeras vezes fomos pegos de surpresa com este tipo de questionamento. Então, entre os inúmeros desafios que os professores de Geografia terão que enfrentar no decorrer do século XXI, está a alfabetização geográfica necessária para que possam entender a sua importância estratégica enquanto ciência e disciplina no entendimento da dinâmica de construção e reconstrução do espaço geográfico. Indo ao encontro da nossa reflexão, Cavalcanti (2010) diz que

“Os professores de Geografia relatam que estão frequentemente enfrentando dificuldade em “atrair” seus alunos nas aulas, pois a maioria não se interessa pelos conteúdos que essa disciplina trabalha. No entanto, se a Geografia contempla a diversidade da experiência dos homens na produção do espaço, as questões espaciais estão sempre presentes no cotidiano de todos eles, sejam as de dimensões globais ou locais. É o caso de se questionar, então, por que os alunos não mostram interesse especial pelos conteúdos da disciplina, limitando-se, na maior parte das vezes, ao cumprimento formal das obrigações escolares.

Se a tarefa do ensino é tornar os conteúdos veiculados objetos de conhecimento para o aluno e se a construção do conhecimento pressupõe curiosidade pelo saber, esse é um obstáculo que precisa efetivamente ser superado. Para despertar o interesse cognitivo dos alunos, o professor deve atuar na mediação didática, o que implica investir no processo de reflexão sobre a contribuição da Geografia na vida cotidiana, sem perder de vista sua importância para uma análise crítica da realidade social e natural mais ampla. Nesse sentido, o papel diretivo do professor na condução do ensino está relacionado às suas decisões sobre o que ensinar, o que é prioritário ensinar em Geografia, sobre as bases fundamentais do conhecimento geográfico a ser aprendido pelas crianças e jovens, reconhecendo esses alunos como sujeitos, que têm uma história e uma cognição a serem consideradas” (2010, p. 3).

Nesse contexto, a Geografia Escolar é entendida pelos referidos geógrafos como absolutamente crucial, pois os sistemas de relação entre indivíduos, entre grupos sociais e entre nações, tendo como cenário o espaço geográfico, continente de objetos e ações explicados pelos mais variados discursos, consistem exatamente no escopo fundamental dessa ciência, fora e dentro do contexto do mundo globalizado.

### **Globalização, a palavra chave na leitura do mundo atual**

Concebida nos anos de 1950 do século XX, a fase atual da globalização representa o ápice da internacionalização capitalista e foi potencializada pelo aparato científico e tecnológico da terceira revolução industrial, por meio da microeletrônica, da informática, da máquina de controle numérico computadorizado (CNC), da robótica, da telemática, da engenharia genética, dos novos materiais e da biotecnologia, sob a hegemonia das nações ricas e das grandes corporações transnacionais.

Andrade (1996) demonstra com muita clareza os efeitos da globalização capitalista, dizendo que ela se efetiva na aplicação de um modelo único e mundial de organização da economia e da política. O avanço da globalização e da implementação das políticas neoliberais elimina as barreiras tarifárias de proteção à economia dos países pobres ou em “desenvolvimento”, a livre circulação comercial e a racionalização da exploração dos recursos naturais em detrimento da construção de uma economia de mercado única e favorável aos interesses das nações ricas e do capital produtivo e financeiro global.

No decorrer da década de 1990 do século XX, na esteira do avanço da globalização capitalista, tivemos a imposição da reestruturação econômica neoliberal concebida pelo Consenso de Washington para promover a desregulamentação da economia dos países pobres ou em “desenvolvimento” por meio do ajuste fiscal que penaliza os pobres e beneficia os ricos, das privatizações e da abertura econômica indiscriminada, tendo forte adesão da maioria dos governos conservadores dos países da América Latina.

No momento atual, o capitalismo globalizado está passando por mais uma grave crise e, novamente, a fórmula encontrada para tentar mitigá-la pelas grandes potências e por seus agentes privados do campo da produção e das finanças é um novo modelo de ajuste econômico, ainda mais radical e desregulador do que ao aplicado anteriormente pelo Consenso de Washington. A nova fórmula de ajuste econômico, denominada de ultraneoliberalismo ou, como apresentara Milton Santos em “Por uma outra Globalização”, o lado perverso da globalização.

Mais uma vez, objetiva-se ajustar as economias dos países pobres ou em “desenvolvimento” por meio da quase que total eliminação das barreiras econômicas, das privatizações dos bens públicos com valores aviltantes, da flexibilização das leis trabalhistas, do desmonte da Previdência Social e da imposição do teto aos gastos públicos. Entre os resultados estão os cortes severos dos investimentos na área de educação, saúde, segurança e infraestrutura básica, facilitando e promovendo a expansão do grande capital globalizado transnacional financista/rentista e, conseqüentemente, o controle econômico e das fontes de riquezas que ainda estão sob domínio estatal (principalmente fontes de recursos minerais estratégicos), criando um estado máximo para os interesses dos mais ricos e do grande capital globalizado e um estado mínimo para as necessidades dos trabalhadores e dos segmentos mais pobres da sociedade brasileira.

Na visão Santos (2002), a globalização, estágio supremo da internacionalização do capitalismo, intensifica o processo de intercâmbio desigual entre as nações ricas e pobres, levando à afirmação de um novo meio geográfico cuja produção é deliberada e que é tanto mais produtivo quanto maior o seu conteúdo em ciência, tecnologia e informação. O meio técnico, científico e informacional dá-se então sob diferentes formas; extensa e contínua nas nações ricas, em partes nos países em desenvolvimento e como manchas e pontos nos países pobres, articulando o local com o global de acordo com os interesses acumulativos de riquezas do capitalismo globalizado.

Segundo Reis (2007), uma das mais respeitadas definições de ciência é proposta pela UNESCO que a tem como o conjunto de conhecimentos organizados sobre os mecanismos de causalidade dos fatos observáveis, obtidos por meio do estudo objetivo dos fenômenos empíricos. A ciência está intimamente ligada ao conhecimento dos fenômenos e a comprovação de teorias por meio dos métodos de pesquisa utilizados.

Como se sabe, a ciência, a tecnologia, a informação e a inovação são a base de sustentação técnica do mundo globalizado na atualidade, concepção evidenciada em Rutherford e Ahlgren (1995) ao defini-la

“A ciência parte do princípio de que as coisas e os acontecimentos no universo ocorrem em padrões coerentes que se tornam compreensíveis através de um estudo cuidadoso e sistemático. Os cientistas crêem (sic) que, através do uso do intelecto e com a ajuda dos instrumentos que prologam os sentidos, podemos descobrir padrões na totalidade da Natureza.

A ciência também parte do princípio de que o universo é, como o nome indica, um sistema único e vasto, no qual as regras básicas são sempre as mesmas. Os conhecimentos obtidos a partir do estudo de uma parte do universo são aplicáveis a outras partes (...).

A ciência é um processo de produção de conhecimento. Este processo depende, simultaneamente, de uma observação cuidadosa dos fenômenos e da invenção de teorias que confirmam sentido àquelas observações. A evolução do conhecimento é inevitável, uma vez que novas observações podem desafiar teorias estabelecidas (...). Em ciência, a verificação e o melhoramento, bem como a rejeição ocasional de teorias, quer novas, quer antigas, são um processo constante. Os cientistas partem do princípio de que, mesmo que não haja nenhuma maneira de chegar à verdade completa e absoluta, podem fazer-se aproximações cada vez mais exatas para explicar o mundo e o seu funcionamento” (1995, p. 28/29).

Embora a ciência tenha influência sobre a sociedade, ela não produz impactos sociais e econômicos diretos, ao passo que a tecnologia fica destituída de sentido se não estiver sintonizada com as preocupações econômicas e o bem-estar de uma determinada sociedade.

Ao abordar o conceito de tecnologia, Rutherford e Ahlgren (1995) a definem como o conjunto dos princípios que orientam a criação das técnicas de uma civilização, vistos ou não na forma de objeto mecânico. São ao mesmo tempo, técnicas, métodos, procedimentos, ferramentas, equipamentos e instalações que contribuem para a realização e obtenção de um ou vários produtos ou serviços econômicos ou sociais, mencionando a sua longevidade à do próprio ser humano.

Na verdade, as técnicas de dar forma a instrumentos são consideradas a prova principal do início da cultura humana. De uma maneira geral, a tecnologia tem sido uma força poderosa no desenvolvimento da civilização, sobretudo desde que se forjou a sua ligação com a ciência. A tecnologia – como a linguagem, o ritual, os valores, o comércio e as artes – é uma parte intrínseca de um sistema cultural e tanto dá forma como reflete os valores do sistema. No mundo de hoje a tecnologia é um empreendimento social complexo, que inclui não só a investigação, o design e o artesanato, mas também as finanças, a indústria, a gestão, a mão de obra e a manutenção. No sentido mais lato (científico), a tecnologia amplia as nossas capacidades para mudar o mundo: cortar, dar forma ou juntar materiais; chegar mais longe com as nossas mãos, vozes e sentidos. Usamos a tecnologia para tentarmos tornar o mundo mais ao nosso gosto e jeito. As mudanças que efetuamos podem estar relacionadas com as necessidades de sobrevivência, como a alimentação, o abrigo ou a defesa, ou podem relacionar-se com aspirações humanas, como o conhecimento, a arte ou o controle. Porém, os resultados das alterações a que sujeitamos o mundo são muitas vezes complicados e imprevisíveis. Podem incluir benefícios inesperados, custos inesperados e riscos inesperados – e qualquer destes fatores podem afetar grupos sociais diferentes em alturas diferentes. Por conseguinte, prever os efeitos da tecnologia é tão importante como conhecer de antemão as suas capacidades (...) (1995, p. 47).

Na opinião dos referidos autores, a tecnologia influenciou fortemente o rumo da história e da natureza da sociedade humana e continuará a fazê-lo enquanto homem habitar o Planeta Terra. Para os conceituados estudiosos, as grandes revoluções na tecnologia agrícola, por exemplo, tiveram provavelmente, mais influência no modo de vida das pessoas do que as revoluções políticas; a evolução das condições sanitárias e da medicina preventiva contribuiu para a explosão populacional (e para o seu controle); os arcos e as flechas, a pólvora e os explosivos nucleares mudaram, por sua vez, a maneira



de fazer a guerra; o microprocessador alterou o nosso modo de escrever, de usar os computadores, de gerir os bancos, de conduzir os negócios e a investigação científica e de comunicar com os outros. Desde o início da era industrial, a tecnologia é a responsável por grandes mudanças em larga escala, como a cada vez maior urbanização da sociedade e a crescente interdependência econômica entre as nações no âmbito planetário.

Com a globalização da economia capitalista, a interdependência científica, tecnológica econômica evidenciada por Santos (1996) torna-se cada dia mais crescente entre as nações do Planeta Terra, mas suas dimensões variam de acordo com continentes, países e regiões.

“A ciência, a tecnologia e a informação estão na base mesma de todas as formas de utilização e funcionamento do espaço, da mesma forma que participam da criação de novos processos vitais e da produção de novas espécies (animais e vegetais). É a cientificização e a tecnificação da paisagem. É, também, a informatização, ou, antes, a informatização do espaço. A informação tanto está presente nas coisas como é necessária à ação realizada sobre essas coisas. Os espaços assim requalificados atendem sobretudo aos interesses dos atores hegemônicos da economia e da sociedade, e assim são incorporados plenamente às correntes de globalização” (1996, p. 51).

A terceira e agora a atual quarta era industrial, representam a hegemonia do meio técnico, científico e informacional sobre territórios e sociedades, sendo responsável pelo novo paradigma de organização e de gestão da produção e do trabalho que planejam ao mesmo tempo ações próximas ou longínquas, inserindo todos no fluxo do comércio capitalista globalizado conduzido pelas nações ricas e corporações transnacionais.

Para o Relatório do Painel de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global (2012),

O modelo de desenvolvimento global atual é insustentável. Não podemos mais presumir que nossas ações coletivas não irão desencadear pontos de ruptura ao ultrapassarem-se limiares ambientais, arriscando a ocorrência de danos irreversíveis tanto aos ecossistemas quanto às comunidades humanas. Ao mesmo tempo, esses limites não devem ser usados para impor tetos de crescimento arbitrários aos países em desenvolvimento que buscam retirar seu povo da pobreza. De fato, se não resolvermos o dilema do desenvolvimento sustentável, corremos o risco de condenar até três bilhões de membros da nossa família humana a uma vida de pobreza endêmica. Nenhum desses resultados é aceitável e precisamos encontrar um novo caminho (2012, p. 19).

Para que possamos construir um outro mundo possível e viável, temos que incentivar o avanço das inovações científicas, tecnológicas e informacionais para provocar mudanças e transformações significativas no cotidiano das empresas, das pessoas, dos grupos sociais e da sociedade como um todo, promovendo a emergência de novos paradigmas na prática social e produtiva tanto no meio urbano quanto no rural.

Neste novo contexto de mundo e sociedade, a articulação de políticas públicas e os investimentos públicos e privados em ciência, tecnologia, informação e inovação são essenciais para o desenvolvimento de práticas econômicas que promovam mudanças nos processos produtivos, melhorando sua eficiência para reduzir o uso de recursos naturais, reciclando os resíduos produzidos no meio urbano e rural, combatendo a desigualdade social e a exclusão digital, protegendo os mananciais e

fazendo uso sustentável da água, universalizando o saneamento básico, aumentando os investimentos para desenvolver fontes de energia limpas e renováveis, preservando os ecossistemas e mitigando os efeitos provocados pelas mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global causado pela emissão antrópica de gases de efeito estufa intensificado a partir do advento da era industrial.

É sabido que as ideias de desenvolvimento, de progresso material e social vigentes no mundo globalizado, são conceitos oriundos das primeiras décadas da modernidade Industrial. Ainda hoje, são utilizados como parâmetros para balizar a “opinião pública” em relação a distribuição das riquezas entre as nações, os indicadores econômicos e de bem-estar, de cultura e civilidade dos povos. Portanto, ao deslocarmos dos domínios do senso comum, percebemos que na atualidade o insumo mais estratégico para os países ricos e alguns “emergentes”, é o desenvolvimento de pesquisas de ponta geradoras de inovações para serem aplicadas nos setores vitais da produção industrial e agroindustrial.

Os tecnopolos são um conjunto composto por empresas-escritórios, laboratórios e unidades de fabricação, estruturados num ambiente de qualidade na definição de Lima (1994). Segundo o autor, essa conceituação demarca o modelo *science park* ou parque científico que é implantado num campus universitário ou próximo dele. Os tecnopolos, localizados no Vale do Silício na Califórnia/EUA, por exemplo, estão entre os principais centros de concepção, produção e propagação de ciência, tecnologia, pesquisa/desenvolvimento (P&D) e inovação do mundo; vitais para o avanço da globalização capitalista concentradora de riqueza e produtora de desigualdades.

Na mesma linha de raciocínio, Benko (1996) diz que os tecnopolos são realizações utilizadas por cidades cujas estratégias de desenvolvimento econômico estão apoiadas na valorização de seu potencial universitário e de pesquisa, objetivando que eles provoquem uma industrialização nova por iniciativa de empresas de alta tecnologia, criadas no local ou para lá atraídas.

Na opinião Benko (1996), os projetos de tecnopolos repousam sobre o conceito de *fertilização cruzada* que significa a reunião, num mesmo lugar, de atividades de alta tecnologia, centros de pesquisas, empresas, universidades e organismos financeiros que visam facilitar os contatos pessoais entre esses meios, produzindo efeitos de sinergia com intuito de surgir ideias novas, inovações técnicas e a criação de novas empresas. Lima (1994), diz que o conceito de *fertilização cruzada* visa criar energia entre industriais, universitários e pesquisadores para que os trabalhos de uns tirem proveito do trabalho de outros e vice-versa. Assim, a presença num mesmo lugar de universidades, centros de pesquisa e de indústrias é susceptível de provocar inovações tecnológicas e criação de empregos no mundo desenvolvido.

Até pouco tempo, os principais tecnopolos mundiais localizavam nos EUA, Europa e Japão, porém, na atualidade, a cidade de Shenzhen que há 40 anos atrás era apenas uma pequena vila de pescadores localizada no sul da China, já é vista como um dos principais polos mundiais de prospecção de tecnologia de ponta. É considerada a Vale do Silício chinês, demonstrando que a China caminha a passos largos para disputar a hegemonia do desenvolvimento científico e tecnológico de última geração com as potências ocidentais; principalmente com os EUA que já vem criando dificuldades contra as empresas chinesas de alta tecnologia que estão atuando em seu território, elas a empresa Huawei. Podemos dizer, que a china se transformou nos últimos anos num grande ecossistema de inovação e potência tecnológica.

Na visão de Santos (1996), a globalização capitalista é estimulada pela união entre a ciência, a técnica e a informação, daí meio técnico, científico e informacional responsável pelo avanço da inovação tecnológica presente na nova concepção de produção e de trabalho decorrente do avanço da quarta revolução industrial; a era da chamada Indústria 4.0.

Na era da indústria 4.0, a inovação deveria reger todas as atividades humanas dependentes de mediação tecnológica, de ciências básicas e aplicadas e com resultados determinantes tanto nos aspectos sociais quanto nos econômicos, num mundo cada dia mais dependente do conhecimento técnico, científico e informacional.

A era industrial 4.0 é a revolução dos aplicativos, dos sistemas físicos cibernéticos, da internet das coisas (IoT), da computação em nuvem/névoa, da inteligência artificial, dos novos materiais, da micro e nanoeletrônica, da fotônica, dos sistemas de manufatura avançada, da comunicação entre máquinas (M2M) e 5G, do big data e analytics, QR Code, dentre outros; tudo indica que a nanotecnologia será o seu conteúdo principal. Porém, aventa-se que tudo isso vai ganhar forma e se concretizar com computador quântico (sem transistores) que ainda não chegou à produção para consumo industrial em massa. O IBM Q System One, lançado no início de 2019, caminha na direção da viabilização da comercialização de computadores quânticos no mundo.

Para Azevedo (2017),

“O termo Indústria 4.0 ficou conhecido em 2011, quando uma associação de representantes do governo, empresas e academia promoveu a ideia de uma abordagem a fim de aprimorar a competitividade da indústria alemã. (...) A Indústria 4.0 é a visão alemã da transformação e do modo como as empresas e pessoas se relacionarão em um futuro próximo.

A implementação da Indústria 4.0 tem como objetivo otimizar a cadeia de valor aproveitando a questão tecnológica e o potencial econômico por meio de uma sistemática de inovação de processo, tendo foco sobre os seguintes aspectos fundamentais (...):

- A integração horizontal através de redes de valores;
- Integração digital fim a fim da engenharia em toda a cadeia de valor;
- Integração vertical e sistema de manufatura em rede (2017, p. 47/51).

Com o intuito de aprofundar a nossa reflexão, Singer (1998) fala que todas as revoluções industriais acarretam acentuado aumento da produtividade do trabalho e, em consequência, causaram o desemprego tecnológico. Para o autor, a partir da terceira revolução industrial, houve a aceleração da produtividade do trabalho tanto na indústria quanto na prestação de serviços, principalmente nos setores que recolhem, processam, transmitem e arquivam informações e a gradual substituição do trabalho humano pelo computador, também a transferência de uma série de operações exercidas por profissionais que fazem atendimento ao público (principalmente bancárias) para o próprio usuário.

A inovação tecnológica é considerada um dos maiores desafios do mundo moderno, porém, conceitualmente a inovação tecnológica é relativamente simples, indo o seu espectro de abrangência de uma iniciativa modesta à uma revolucionária. No campo empresarial significa a produção de novidades para trazer resultados econômicos no campo da tecnologia, da gestão, dos processos ou modelo de negócio. A sua base é o conhecimento técnico-científico e informacional vigente.

O Manual de Oslo (OCDE; FINEP, 2005), documento-chave que baliza o desenvolvimento da inovação no mundo, define inovação como

A implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas (2005, p. 55).

Para o Manual de Oslo (OCDE; FINEP, 2005), a empresa inovadora possui determinadas características que podem ser agrupadas em duas categorias principais de competências: a) competências estratégicas: visão de longo prazo, capacidade de identificar e, até antecipar tendências de mercado, disponibilidade e capacidade de coligir, processar e assimilar informações tecnológicas e econômicas;

b) competências organizacionais: disposição para o risco e capacidade de gerenciá-lo, cooperação interna entre os vários departamentos operacionais e cooperação externa com consultorias, pesquisas de público, clientes e fornecedores, envolvimento de toda a empresa no processo de mudança e investimento em recursos humanos.

Porém, o contexto delineado pelo Manual de Oslo (OCDE; FINEP, 2005), retrata principalmente a realidade vivida pelas grandes empresas nacionais e transnacionais responsáveis pelo desenvolvimento de empreendimentos produtivos e comerciais de grande monta, sejam eles do meio rural ou urbano. Elas estão permanentemente conectadas ao meio técnico, científico e informacional do mundo globalizado. Do lado oposto, as micros, pequenas e médias empresas rurais e urbanas ficam alijadas do acesso à inovação tecnológica de ponta devido à falta de recursos próprios para investir e a ausência de políticas públicas consistentes com a realidade vivida por elas.

O Manual de Oslo (OCDE; FINEP, 2005), relata que o processo de inovação tecnológica por intermédio do conhecimento será o grande divisor de águas do mundo globalizado no decorrer do século XXI, justificando porque a criatividade humana e a inovação já são consideradas a mola propulsora do avanço da economia baseada no conhecimento, portanto, se a produção do conhecimento geral, da ciência, da tecnologia, da informação e da inovação continuar concentrada nas mãos das nações ricas e das grandes corporações transnacionais, será muito difícil eliminar a distância que separa os países ricos dos emergentes e pobres. É preciso mudar esta óptica perversa. Para Santos (1996),

Os espaços da globalização apresentam cargas diferentes de conteúdo técnico, de conteúdo informacional, de conteúdo comunicacional. Os lugares, pois, se definem pela sua densidade técnica, pela sua densidade informacional, pela sua densidade comunicacional, atributos que se interpenetram e cuja fusão os caracteriza e distingue (1996, p. 205).

Diante do exposto, voltamos novamente ao Relatório do Painel de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global (2012), para aprofundarmos a nossa reflexão sobre os benefícios da inovação tecnológica para muito além dos interesses do mundo empresarial e do grande capital produtivo e financeiro globalizado:

Produtos, processos e políticas inovadores têm, historicamente, mudado as vidas de milhões de pessoas para melhor (por exemplo, vacinas, melhores variedades de grãos e telefones celulares, para indicar apenas alguns). A globalização criou um clima de inovação favorável e os estrategistas empresariais têm mais oportunidades do que nunca para escolher as melhores práticas e recursos em todo o mundo e combiná-los de maneiras novas e inéditas. Os próximos 10 anos verão a chegada de uma “avalanche de inovação tecnológica”, particularmente nas áreas de biotecnologia e genética, ciência da computação e uso e eficiência de energia e recursos. Muitas dessas tecnologias poderiam ter funções altamente positivas ajudando a impulsionar o desenvolvimento sustentável, por exemplo, melhorando a produtividade dos recursos, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e facilitando o acesso a serviços básicos como água, energia e

alimentação. Sistemas *smart grid* e tecnologias que economizam energia, bem como sistemas de energia renováveis, são exemplos promissores.

O impacto global das inovações tecnológicas e outras inovações na agenda de desenvolvimento sustentável será guiado não apenas pelo efeito que elas têm sobre a pegada ecológica da humanidade, mas também pelo grau em que os países pobres e grupos vulneráveis podem se beneficiar das novas tecnologias e da maneira em que sejam geridos os possíveis riscos que podem representar as tecnologias, tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente (2012, p. 38/39).

O desafio do homem do século XXI e do terceiro milênio ainda continua sendo a melhoria do mundo nos aspectos econômico, político, social, cultural e ambiental e as decorrentes ações para diminuir os impactos negativos oriundos da ação exploratória e predatória capitalista que tem degradado a qualidade de vida dos seres humanos e o meio ambiente desde o advento da era industrial na Inglaterra.

Para o Relatório do Painel de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global (2012),

O modelo de desenvolvimento global atual é insustentável. Não podemos mais presumir que nossas ações coletivas não irão desencadear pontos de ruptura ao ultrapassarem-se limiares ambientais, arriscando a ocorrência de danos irreversíveis tanto aos ecossistemas quanto às comunidades humanas. Ao mesmo tempo, esses limites não devem ser usados para impor tetos de crescimento arbitrários aos países em desenvolvimento que buscam retirar seu povo da pobreza. De fato, se não resolvermos o dilema do desenvolvimento sustentável, corremos o risco de condenar até três bilhões de membros da nossa família humana a uma vida de pobreza endêmica. Nenhum desses resultados é aceitável e precisamos encontrar um novo caminho (2012, p. 19).

Neste sentido, o Relatório do Painel de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global (2012), nos remete a seguinte questão:

“A escala de investimento, inovação, desenvolvimento tecnológico e criação de empregos necessários para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza está além do alcance do setor público. O Painel, portanto, defende o uso do poder da economia para criar um crescimento inclusivo e sustentável e gerar valor além dos conceitos estreitos de riqueza. Os mercados e o empreendedorismo serão um fator essencial da tomada de decisão e mudança econômica. E o Painel apresenta um desafio para os nossos governos e instituições internacionais: aprimorar o trabalho conjunto na resolução dos problemas comuns e na promoção dos interesses compartilhados. A mudança significativa é possível quando os atores dispostos unem forças em coalizões que visem ao futuro e assumem a liderança na contribuição para o desenvolvimento sustentável” (2012, p. 21).

Com intuito de dar continuidade a nossa reflexão, iremos fazer breves considerações sobre desastres, vulnerabilidade, risco, área de risco e resiliência.

O Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR, 2009), conceitua desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais,

econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos.

Na visão de Tominaga (2015),

“os desastres naturais podem ser provocados por diversos fenômenos tais como inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furações, tempestades, estiagem, entre outros” (2015, p. 13).

O Glossário da Defesa Civil Nacional: Estudos de Riscos e Medicina de Desastres (CASTRO, 1998), trata desastre como sendo o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem (antrópicos), sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais, ambientais e, conseqüente, prejuízos de ordem econômica e social. Os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade; já os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Normalmente o fator preponderante para a intensificação de um desastre é o grau de vulnerabilidade do sistema receptor.

Para Kobayama *et al.* (2006), os desastres naturais são determinados a partir da relação conflituosa entre o homem e a natureza. Na sua opinião, os desastres naturais resultam das tentativas humanas em dominar a natureza, que, em sua maioria, acabam derrotadas e quando não são aplicadas medidas efetivas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos. Para ele, grande parte da história da humanidade fora influenciada pela ocorrência de desastres naturais, principalmente os de grande magnitude.

Para o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR, 2009), desastre é uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos; dependendo da dimensão dos desastres, precisa recorrer à ajuda internacional para viabilizar a recuperação.

Os desastres naturais são provocados por fenômenos de ordem natural potencializado ou não pela atuação humana sobre o espaço. Podem ser inundações provocadas por chuvas fortes e concentradas, erosão, escorregamento de encostas, secas severas, vendaval, tornado e furacão. Já os desastres antrópicos resultam de ações empreendidas pelo homem, tais como: contaminação do solo, água e ar, acidentes de trânsito, rompimento de barragens como por exemplo Mariana em 2015 e Brumadinho em 2019, incêndios urbanos e rurais como os ocorridos recentemente no Pantanal e na Amazônia.

Quanto a sua intensidade, Kobayama *et al.* (2006) classifica os desastres por nível e intensidade:

- Nível I: De baixa intensidade;
- Nível II: de média intensidade;
- Nível III: de grande intensidade;
- Nível IV: de muito grande intensidade.

O processo de ocupação desordenada dos solos urbano e rural, a exploração desordenada de inúmeros recursos naturais e o avanço do aquecimento global e das mudanças climáticas têm potencializado o grau de vulnerabilidade e de risco de áreas em diferentes regiões do Planeta Terra.

Se inúmeros estudos apontam que desastre resulta da confluência entre um fenômeno natural ou tecnológico perigoso com uma população inserida num contexto

econômico, social e ambiental desfavorável e vulnerável, é imprescindível conhecer os fatores causadores das vulnerabilidades, sendo assim, é preciso fazer um mapeamento detalhado dos riscos para levantar as reais condições em que se encontram determinadas ameaças com potencial para provocar desastres ambientais. Daí a importância de reconhecer que os desastres resultam de processos que diante da presença de uma situação de perigo ou ameaça, se convertem em detonadores de situações críticas preexistentes em termos sociais, ambientais, econômicos e políticos.

O Marco de Ação de Hyogo (2005-2015), delimita vulnerabilidade como situações determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de riscos.

Para Carvalho *et al.* (2007):

a) Vulnerabilidade: é o grau de perda para um dado elemento, grupo, ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo e risco é a relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade;

b) Risco: é a “relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade;

c) Área de risco: é uma área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda.

Para o Marco Sendai 2015-2030 (UN-ISDR, 2015),

A gestão eficaz dos riscos de desastres contribui para o desenvolvimento sustentável. (...) É urgente e fundamental prever, planejar e reduzir o risco de desastres, a fim de proteger de forma mais eficaz pessoas, comunidades e países, seus meios de vida, saúde, patrimônio cultural, patrimônio socioeconômico e ecossistemas, fortalecendo, assim, sua resiliência.

É necessário redobrar o trabalho para reduzir a exposição e a vulnerabilidade, evitando a criação de novos riscos de desastres, bem como criar um sistema de responsabilização pela criação de riscos de desastres em todos os níveis. Ações mais dedicadas precisam ser centradas no combate a fatores subjacentes de risco de desastres, como, por exemplo, as consequências da pobreza e da desigualdade, mudanças e variabilidade climática, urbanização rápida e não planejada, má gestão do solo e fatores como a mudança demográfica, arranjos institucionais fracos, políticas não informadas sobre riscos, falta de regulamentação e incentivos para o investimento privado na redução do risco de desastres, cadeias de suprimentos complexas, limitada disponibilidade de tecnologia, usos insustentáveis de recursos naturais, ecossistemas em declínio, pandemias e epidemias (2015, p. 4).

Para o Relatório do Painel de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global (2012), a resiliência é a capacidade de lidar com a mudança climática e os desastres naturais, particularmente aqueles associados às secas, aumento no nível do mar, aumento das temperaturas e episódios climáticos extremos. O Relatório evidencia que a redução do risco de desastres é muito mais do que o gerenciamento de emergências, ao contrário, para ser totalmente eficaz, deve estar integrada a todos os setores de desenvolvimento e cobrir tanto medidas para evitar desastres quanto para mitigar os seus efeitos no ato de sua ocorrência.

No ano de 2015, o Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR), realizou na cidade de Sendai, capital da província de Miyagi no Japão, a Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, quando foi adotado o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres (2015 – 2030) (UN-ISDR, 2015), indicando que os desastres agravados pelas mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global estão se tornando mais frequentes e intensos, impedindo a transição para o desenvolvimento sustentável em diferentes regiões do Planeta Terra.

Segundo o referido marco, inúmeras evidências indicam que a exposição de pessoas e ativos cresce mais rapidamente do que a redução da vulnerabilidade, gerando novos riscos e um aumento constante em perdas por desastres, com significativo impacto sobre a economia, a sociedade, a saúde, a cultura e o meio ambiente, a curto, médio e longo prazo. Para o Marco de Sendai, pequenos desastres recorrentes e desastres de início lento afetam particularmente comunidades, famílias, pequenas e médias empresas, constituindo um percentual elevado das perdas. Nos países pobres ou em desenvolvimento, a mortalidade e as perdas econômicas são desproporcionalmente maiores em relação às nações ricas.

O objetivo do Marco de Sendai (2015 – 2030) da UN-ISDR é:

Prevenir novos riscos de desastres e reduzir os riscos de desastres existentes, através da implementação medidas econômicas, estruturais, jurídicas, sociais, de saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais integradas e inclusivas que previnam e reduzam a exposição a perigos e a vulnerabilidade a desastres, aumentar a preparação para resposta e recuperação, e, assim, aumentar a resiliência (2015, p. 7).

Para o Marco de Sendai da UNISDR (2015-2030), é urgente e fundamental prever, planejar e reduzir o risco de desastres, a fim de proteger de forma mais eficaz pessoas, comunidades e países, seus meios de vida, saúde, patrimônio cultural e socioeconômico, bem como os ecossistemas, fortalecendo assim a resiliência.

É necessário redobrar o trabalho para reduzir a exposição e a vulnerabilidade, evitando a criação de novos riscos de desastres, bem como criar um sistema de responsabilização pela criação de riscos de desastres em todos os níveis. As ações precisam ser centradas no combate aos fatores subjacentes de risco de desastres, como por exemplo, as consequências da pobreza e das desigualdades, mudanças e variabilidade climática, urbanização rápida e não planejada, má gestão do solo e fatores como o crescimento demográfico, arranjos institucionais fracos, políticas não informadas sobre riscos, falta de regulamentação e incentivos para o investimento privado na redução do risco de desastres, cadeias de suprimentos complexas, limitada disponibilidade de tecnologia, usos insustentáveis de recursos naturais, ecossistemas em declínio, pandemias e epidemias.

Segundo o Marco de Ação de Hyogo (2005 – 2015), a vulnerabilidade evidencia as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que expõem uma comunidade ao impacto de riscos e perigos como um evento físico, fenômeno ou atividade humana potencialmente prejudicial e capaz de causar a perda de vidas humanas ou ferimentos, danos à propriedade, ruptura social e econômica ou degradação ambiental.

Hipoteticamente, os perigos naturais ameaçam “igualmente” todos os seres humanos, porém, são os pobres os mais atingidos por habitarem áreas vulneráveis e com alto grau de risco. O ideal seria a consecução de um projeto de desenvolvimento econômico, político, social e ambiental capacitado para construir um sistema de habitação de qualidade e de coleta de água pluvial adequado, levar água encanada,



saneamento básico, asfalto, educação, saúde, lazer e cultura para as áreas periféricas densamente povoadas e retirar as pessoas das áreas com risco eminente de desastres; seria um passo muito importante para consecução da resiliência.

O documento "Terminologia sobre a Redução de Risco de Desastres do UNISDR – 2009", publicado em maio de 2009 na cidade de Genebra, na Suíça, pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR), define resiliência como

a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade expostos a riscos de resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se dos efeitos de um perigo de maneira tempestiva e eficiente, através, por exemplo, da preservação e restauração de suas estruturas básicas e funções essenciais. (2009, p. 28).

No entanto, as ações visando a redução do risco de desastres não podem ser focadas somente na redução dos riscos decorrentes de eventos naturais extremos. Para atingirmos a resiliência, necessitamos da organização de um sistema de monitoramento público integrado e articulado com agentes privados que atuam na área.

Caso não tenhamos um meio rural resiliente, não conseguiremos produzir alimentos suficientes para a população e os diversos tipos de matérias primas que fomentam a produção industrial no meio urbano, não haverá resiliência urbana sem alimento em quantidade para garantir a sobrevivência dos habitantes das cidades.

No mundo atual, precisamos refletir mais sobre a fome e a produção de alimentos no mundo. Para o Relatório: Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo 2019 elaborado por cinco Agências da ONU: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA), Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), Programa Mundial de Alimentos (PMA) e Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 820 milhões de pessoas passam fome atualmente no mundo.

Na visão de Canuto *et al.* (2017), a questão da fome no mundo vai além da dimensão produtiva; a comida não pode ser vista apenas como uma simples mercadoria, um mero produto para ser negociado no mercado. Na sua opinião, a concepção de sistema de "agricultura", deveria ultrapassar a situação de restrição à produção estando intrinsecamente ligada às culturas, tradições, histórias e paisagens rurais. O aumento da produtividade e da renda dos agricultores familiares seria fundamental para superar o estado de insegurança alimentar vigente no Brasil e no mundo.

Para Canuto *et al.* (2017), no que toca à agricultura, vale destacar que o modelo de produção monocultor atual é insustentável, mostrando graves sinais de esgotamento e, a médio e longo prazos, não terá condições de dar suporte para uma melhoria estável na oferta de alimentos. Aponta para a situação das reservas mundiais dos principais elementos componentes dos fertilizantes químicos que se encontram à beira da exaustão, para a gravidade da utilização de pesticidas em larga escala, contaminando os solos, as águas e os seres humanos, contribuindo para o aumento da incidências de pragas nas plantações, potencializando os desastres no meio rural, já agravados pelas secas severas e pelos períodos extremos de chuvas.

A produção monocultora e a criação de bovinos em pastagens nos latifúndios que provocam a compactação dos solos, os desmatamentos/queimadas que atualmente devastam a Amazônia e o Pantanal, erosões e o consequente assoreamento e poluição dos riachos e rios com resíduos dos agrotóxicos, estão entre os fatos apontados pelo autor.

Por outro lado, a biodiversidade das grandes áreas produtivas da agricultura industrial e tecnificada foi reduzida a níveis quase simbólicos e a agrobiodiversidade, base da alimentação humana tem ficado restrita a pouquíssimas variedades comerciais.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC/ONU), tem publicado inúmeros estudos sobre mudanças na dinâmica da temperatura atmosférica do Planeta Terra, indicando impactos socioeconômicos significativos no âmbito da produção agropecuária no Brasil e no mundo para as próximas décadas.

As regiões de climas áridos e semiáridos, como por exemplo, a África Setentrional, a Ásia Central e o Sertão Nordestino, poderão ficar ainda mais secas devido a redução das chuvas e o aumento da evaporação da umidade do solo e das águas acumuladas nos rios e lagos, diminuindo a disponibilidade de água para consumo humano, animal e para irrigação agrícola. Se está tendência se confirmar, podemos ter o agravamento da fome e da miséria pelo fato da maioria dos habitantes dessas regiões dependerem da agricultura tradicional para produzir seus alimentos e garantir a segurança alimentar.

Para a Embrapa (2018), o avanço do aquecimento e das mudanças climáticas poderá trazer impactos significativos para o Brasil e para a América do Sul. Entre estes impactos estão a extinção de habitat e de espécies, principalmente na região tropical; substituição de florestas tropicais por savanas e de vegetação semiárida por árida; aumento de regiões em situação de estresse hídrico (produção de água insuficiente para suprir as demandas da população, da produção agropecuária e industrial urbana), o aumento de pragas em culturas agrícolas e de doenças tais como a dengue e a malária, o deslocamento e migração de populações, podendo impactar a economia e aumentar a pobreza.

A concentração das chuvas em períodos curtos em decorrência das mudanças climáticas, tem provocado a expansão da agricultura irrigada. Os sistemas convencionais de irrigação por aspersão são os mais utilizados em virtude do custo para a montagem e do custo operacional; porém, são menos sustentáveis em relação aos automatizados por aspersão e gotejamento de última geração. O seu avanço poderá diminuir a vazão de rios e aprofundar o nível dos mananciais de águas subterrâneas, ameaçando a oferta de água para consumo humano principalmente no meio urbano, para o desenvolvimento da agropecuária familiar e, até mesmo o fluxo de água necessário para a geração de energia hidroeétrica.

Segundo Magnoni *et al.* (2012), para cientistas de diferentes áreas do conhecimento humano, as mudanças climáticas são responsáveis pelo aumento da temperatura e da evaporação no mundo, resultando na aceleração do ciclo hídrico nas regiões tropicais, elevando a pluviosidade em importantes regiões agrícolas do Planeta Terra. Ao mesmo tempo, a elevação pluvial tem reflexos positivos e negativos. Se a distribuição das chuvas for equilibrada durante o período vegetativo das plantas, favorecerá o aumento da produtividade. Por outro lado, se as chuvas forem mais concentradas, apresentando intervalos superiores a 20 dias de estiagem, o estresse hídrico poderá comprometer a produtividade agrícola. Por outro lado, o excesso de chuvas no período da colheita pode ocasionar perdas de safras e prejuízos significativos aos produtores.

Nas regiões de altas latitudes, por exemplo, o avanço da temperatura pode deixar os gélidos climas mais amenos, originando novas fronteiras agrícolas, entretanto, as mudanças na intensidade e frequência das chuvas em decorrência do aquecimento global e das mudanças climáticas estão provocando perdas significativas na produção agropecuária brasileira e mundial.

No Brasil, por exemplo, em algumas áreas o plantio da safra primavera/verão, antes realizado geralmente na primeira quinzena de outubro, está chegando cada vez mais próximo do mês de dezembro pela falta do volume pluviométrico adequado para que as sementes semeadas apresentem bons índices de germinação e, conseqüentemente, o desenvolvimento robusto das plantas geneticamente e biotecnologicamente modificadas para suportarem ora as altas temperaturas, ora a falta e o excesso de chuvas, ora o aumento da incidência de pragas potencializadas pelas mudanças climáticas.

Para o Marco de SENDAI (2015-2030) (UN-ISDR, 2015), para reduzir o risco de desastres, é necessário enfrentar os atuais desafios e se preparar para os futuros: focar o monitoramento para antecipar o risco, avaliar e compreender os riscos de desastres, compartilhar as informações e demonstrar como elas são geradas, fortalecer a governança e a coordenação entre as instituições e os setores relevantes, bem como articular a participação plena e significativa das partes interessadas nos níveis adequados, investir na resiliência econômica, social, de saúde, cultural e educacional de pessoas, comunidades e países e, no meio ambiente, por meio de tecnologias e pesquisas para melhorar os sistemas de alertas para vários tipos de perigos, preparação, resposta, recuperação, reabilitação e reconstrução.

Ainda segundo o Marco de SENDAI (2015-2030) (UN-ISDR, 2015), investir na prevenção de novos riscos de desastres e na redução por meio da implementação de medidas econômicas, estruturais, jurídicas, sociais, de saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais integradas e inclusivas, é fundamental para prevenir e reduzir a exposição a perigos e a vulnerabilidade aos desastres, aumentar a preparação para resposta e recuperação e aumentar a resiliência no meio rural e urbano. A redução do risco de desastres exige engajamento e cooperação de toda a sociedade, empoderamento e participação inclusiva, acessível e não discriminatória, com especial atenção para as comunidades vulneráveis.

É no âmbito do contexto abordado que devemos valorizar o papel estratégico do ensino de Geografia na construção de uma educação capacitada para atender a quantidade com qualidade, conscientizar, emancipar e libertar a gente do povo da alienação intencionalmente construída para manter a distância entre riqueza e pobreza nos patamares vigentes.

No meio técnico, científico e informacional do mundo globalizado, a inovação para fins econômicos e sociais deveriam fazer parte das estratégias de todas as instituições públicas e privadas e de profissionais que atuam nas diferentes atividades empreendidas pelo homem. Então, como educadores, entendemos que tanto a educação regular quanto a técnica/tecnológica, não podem omitir os conhecimentos sobre esta nova era. Sendo assim, a capacidade de inovar é um componente estratégico para todas as atividades com potencial econômico, sejam industriais, agropecuárias, de comunicação e cultura e de pesquisas técnico-científicas e educacionais de interesses social.

### **Ensino de Geografia: Prevenir e antecipar para não remediar**

O grande desafio de qualquer nação pobre ou em desenvolvimento do presente e do futuro, será a socialização do conhecimento técnico-científico e da inovação a partir da ampliação e do fortalecimento da Educação

No mundo globalizado, as reformas implementadas atualmente pelo governo federal via nova agenda de ajuste ultraneoliberal, desconsideram o Relatório da ONU de 2012, ao promoverem cortes drásticos nos investimentos públicos, prejudicando o avanço da ciência, da tecnologia, da informação, da inovação e a melhoria da qualidade da educação básica e superior pública e as constantes manifestações dos educadores como Libâneo *et al.* (2003),

Na ótica economicista e mercadológica, presente na atual reestruturação produtiva do capitalismo, o desafio essencial da educação consiste na capacitação da mão de obra e na requalificação dos trabalhadores, para satisfazer as exigências do sistema produtivo e formar o consumidor exigente e sofisticado para um mercado diversificado, sofisticado e competitivo. Trata-se, portanto, de preparar trabalhadores/consumidores para os novos estilos

de consumo e da vida moderna. O cidadão eficiente e competente, nessa ótica, é aquele capaz de consumir com eficiência e sofisticação e de competir com seus talentos e habilidades no mercado de trabalho (2003, p. 111/112).

Como podemos observar, Libâneo *et al.* (2003) apontam a redução da capacitação e requalificação da mão de obra aos interesses em satisfazer às exigências da produção e do consumo, não permitindo qualquer avanço na direção da construção e organização coletiva do trabalhador.

Entendemos que a qualificação profissional é essencial pelo fato do contexto técnico-científico e informacional atual exigir cada vez mais conhecimentos e criatividade do trabalhador, logo, investimento na sua formação inicial, continuada e na assimilação da inovação tecnológica necessária para elevar a produtividade, a qualidade dos produtos manufaturados, garantindo a competitividade das empresas no mercado nacional e global. Porém, ela também deveria contribuir com a redução das desigualdades sociais e na melhoria da qualidade de vida do trabalhador.

Temos consciência de que não existe conhecimento científico e tecnológico neutro e descolado do mundo real, já que a produção científica, tecnológica e informacional é produto e reflexo de seu tempo, um saber interdisciplinar relacionado às condições materiais e intelectuais que forjam o seu desenvolvimento no âmbito da sociedade. Assim, para que seja possível desenvolver um país democrático, soberano e justo será necessário desenvolver as pessoas, elevando-as ao patamar de informação disponível e dos conhecimentos básicos sobre ciência, tecnologia e informação, primordiais para o desenvolvimento da criatividade e da inovação produtiva e social no âmbito do mundo globalizado.

Nesse contexto, a Educação escolar e não escolar ganha relevância diante da necessária conscientização para o desenvolvimento de um projeto econômico, político, social e ambiental sustentável ao longo das próximas décadas do século XXI, devendo as questões aqui colocadas constituir conceitos e conteúdos nas diferentes áreas do conhecimento humano, principalmente na Geografia que tem a sociedade como tema central, como nos ensina Ruy Moreira (2007) pois são as relações sociais que indicam como a natureza será apropriada e estudada a partir daquilo que é a expressão material visível da sociedade: o espaço geográfico. Com o avanço da ciência, da tecnologia e da informação moderna, precisamos cada vez mais desenvolver conhecimentos estratégicos e formar profissionais para pensar e agir ao mesmo tempo.

A complexidade e flexibilidade técnico, científica-informacional e laboral do mundo atual colocam novos desafios para a educação, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de projetos de aplicação científica e tecnológica no âmbito do espaço escolar que permitam a articulação entre teoria e prática (nenhuma relação aqui com a Pedagogia dos Projetos ou com a Pedagogia Tecnicista), como salientara Freire (1997), "*transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador*" (1997, p. 37).

A garantia de acesso à Educação que permita desencadear um processo de melhoria significativa na cadeia produtiva, fortalecendo o mercado interno e tornando sua economia mais robusta, sustentável e competitiva no mercado externo, condição primordial para produzir riqueza, promover melhor distribuição de renda e elevar a qualidade de vida da população.

Ferreira do Vale (2018) considera que no mundo atual, a educação básica e superior deveriam estimular os jovens a se tornarem "profissionais da ciência e da tecnologia", para avançarmos cada vez mais na mobilização do conhecimento já existente, projetando a plataforma futura de saberes que o país necessita para conceber um projeto de desenvolvimento econômico, político,

social e ambiental sólido e sustentável em sua plenitude. O trabalho educativo necessário é para o educador, aquele que permite a síntese entre teoria e atividade prática transformadora, como meio fundamental para instrumentalizar as pessoas.

O saber sistematizado (conteúdo) será tanto mais eficaz quanto mais difundido for a democratização do conhecimento (ciência, tecnologia, inovação, cultura etc.), condição básica para o desenvolvimento do país. Em contrapartida, é preciso ter clareza de que os conteúdos não valem por si mesmos; eles adquirem sentido quando integrados a um quadro de preocupações sociais reais.

Neste contexto, o professor é o elemento decisivo no processo de democratização do conhecimento e a educação é atividade mediadora desenvolvida no interior da prática social global, pelo fato de não agir diretamente sobre a realidade. Temos que ter a consciência de que a ação educativa não transforma de modo direto e imediato e sim de modo indireto e mediato atuando sobre os sujeitos da prática através da instrumentalização, conscientização, participação e pensamento crítico transformador.

A instituição escolar, seja ela básica ou superior, deve ser o local da transmissão e assimilação do saber sistematizado tomando como referência para o trabalho pedagógico o diálogo com a cultura acumulada no processo de evolução do ser humano.

O professor na sua especialidade contribui decisivamente para a democratização da sociedade ao instrumentalizar as populações, dotando-as das ferramentas de caráter geográfico, histórico, matemático, biológico, agrônomo, literário etc. A contribuição do professor será tanto mais positiva quanto mais o professor for capaz de compreender os vínculos de sua prática com a prática social global.

Na visão de Andrade (1996, p. 85-86.),

*“A Geografia ainda dispõe de meios para orientar o processo de desenvolvimento dentro de uma linha de visão total da realidade, procurando preservar os direitos sociais da população e os recursos naturais que devem ser explorados de forma a que não degradem a natureza. O homem tem o direito de explorar os recursos de que dispõe, mas não pode fazê-lo pensando apenas na maximização dos lucros e na apropriação por minorias ávidas de riquezas, esquecendo os direitos da população e a necessidade de preservação da natureza. A Geografia, por uma posição dinâmica, pode conduzir a sociedade a produzir sem destruir”.*

A reflexão de Andrade (1996) evidencia que é preciso ter clareza sobre o objeto da Ciência Geográfica para então definirmos os conceitos e conteúdos fundamentais que tomados como categorias de análise poderão nos permitir uma análise realista do mundo atual.

O geógrafo e Professor Ruy Moreira, em *O que é Geografia* (1985), expõe a especificidade da ciência geográfica ao considerá-la “um saber vivido e aprendido pela própria vivência. Um saber que nos põe em contato direto com o nosso mundo exterior, com o seu todo e com cada um dos seus elementos, a um só tempo” (p. 58).

Para Moreira (1985)

*Chega a parecer natural que a Geografia tenha se tornado uma ciência da aparência, uma vez que quando todos nós deitamos os olhos sobre o mundo a primeira coisa que salta as nossas vistas é a sua geografia. E é esta sua aparência. O que pode estar trás do que a Geografia aparenta ser deve já estar transparente (1985, p. 66).*

Ao observar a localização e a distribuição dos objetos que resultam no arranjo espacial, esse é tomado como real, como concreto, o que fez da Geografia uma “ciência

da aparência" definida ora como uma "descrição da paisagem", ora como "estudo da relação homem-meio", ora como "organização do espaço pelo homem".

A percepção nos dá um *conhecimento empírico*, que em si mesmo ainda não é conhecimento já que "a coisa em si não se manifesta imediatamente ao homem" como escrevera Karel Kosik, e, "em virtude dessa manifestação não-imediata da essência ao pensamento humano, os homens têm que percorrer desvios para poder alcançá-la". O *conhecimento conceitual* é esse desvio e, para Kosik, o único meio através do qual se pode conhecer a realidade em sua concreticidade (1976, p. 17). O espaço geográfico é a aparência de que o processo historicamente concreto do trabalho é a essência.

A ciência geográfica fundamenta-se na compreensão do espaço como totalidade, ensinar Geografia significa possibilitar a compreensão do espaço nos aspectos materiais e imateriais considerados como um "conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de *sistemas de objetos e sistemas de ações*, não considerados isoladamente, mas como o quadro único onde a história se dá". Milton Santos em *A natureza do espaço* (1996), define os sistemas de objetos e de ações:

No princípio, tudo eram coisas, enquanto hoje tudo tende a ser objeto, já que as próprias coisas, dádivas da natureza, quando utilizadas pelos homens a partir de um conjunto de intenções sociais, passam, também, a ser objetos. Assim a natureza se transforma em um verdadeiro sistema de objetos e não mais de coisas. "O espaço é hoje um sistema de objetos cada vez mais artificiais, povoado por sistema de ações imbuídos de artificialidade... As ações humanas não se restringem aos indivíduos, incluindo, também, as empresas, as instituições (1996, p. 51).

Segundo o geógrafo Milton Santos, a evolução que marca as etapas do processo de trabalho e das relações sociais marca, também, as mudanças verificadas no espaço geográfico, tanto morfológicamente, quanto do ponto de vista das funções e dos processos. É assim que as épocas se distinguem umas das outras. Para Santos (1996),

Todo e qualquer período histórico se afirma com um elenco correspondente de técnicas que o caracterizam e com uma família correspondente de objetos... Em realidade, não há apenas novos objetos, novos padrões, mas, igualmente, novas formas de ação (1996, p. 77).

Numa sociedade estruturada em classes, o espaço tem por conteúdo as relações contraditórias dessas classes e a correlação de forças que entre elas se estabeleça (MOREIRA, 1985, p. 92). É a partir da análise da sociedade concreta, dos espaços contraditórios que produz, que o seu ensino ganha relevância social. O objetivo do ensino da Geografia escolar nas palavras de Pereira (1996, p. 14) é o de ensinar a ler o espaço geográfico, conseguir "olhar para o espaço e perceber que ele apresenta algum sentido e que pode fornecer algumas indicações e conhecimentos acerca do funcionamento da sociedade e dos outros elementos da natureza em que o aluno está inserido.

Pensar o ensino da Geografia que possibilite o contato, a análise e a interpretação dos fatos e dos fenômenos a partir dos conceitos fundamentais da ciência geográfica, tendo os conteúdos da realidade mais próxima como ponto de partida nos leva a buscar as concepções pedagógicas críticas, assim denominadas em função de estarem voltadas aos interesses da maioria da população, em formular propostas e desenvolver estudos no sentido de tornar possível uma escola articulada aos interesses concretos do povo.

As práticas pedagógicas que tomam como ponto de partida a prática social, as vivências e conhecimentos construídos cotidianamente, que têm o lugar da criança e

do jovem como referência inicial. Os trabalhos do Geógrafo Álvaro José de Souza, nos Encartes Pedagógicos do Jornal O Espaço do Geógrafo, da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção local Bauru, demonstravam a preocupação com a necessária articulação da Geografia às demais áreas do conhecimento, com destaque à Educação.

Para transpormos esta utopia em direção à realidade, a Educação, especialmente a pública, deveria colocar a prática social como ponto de partida e ponto de chegada do processo de ensino e aprendizagem. O verdadeiro processo de ensino e aprendizagem é aquele que ao mesmo tempo consegue identificar, equacionar e sugerir soluções para os principais problemas vividos no contexto da prática social. É no âmbito da prática social que o professor poderá encontrar os temas relevantes para desenvolver o ensino, a pesquisa e a extensão. Uma educação que vai muito além do treinamento tecnicista neoliberal para a qual nos alertara Paulo Freire (1997)

É neste sentido que reinsisto em que formar é muito mais do que puramente treinar o educando no desempenho de destrezas. E por que não dizer também da quase obstinação com que falo de meu interesse por tudo o que diz respeito aos homens e as mulheres, assunto de que saio e a que volto com gosto de quem a ele se dá pela primeira vez. Daí a crítica permanentemente presente em mim à malvadeza neoliberal, ao cinismo de sua ideologia fatalista e a sua recusa inflexível ao sonho e à utopia (1997, p. 15).

A ênfase nessa proposta metodológica decorre das considerações de que “os conceitos são formados pelos sujeitos na sua relação com as coisas do mundo, em um processo complexo que pressupõe a relação entre os conceitos cotidianos e os conceitos científicos” e que a formação de conceitos, “ajudam a ver o mundo não somente como um conjunto de coisas dispersas na realidade mas permitem converter as coisas, por meio de operações intelectuais (conhecimento, sensações, imaginação, entre outras), em objetos, teoricamente espaciais, em objetos do pensamento”, como apontara Cavalcanti (2019, p.146).

Preocupado com a intencionalidade da homogeneização dos conteúdos da Geografia em âmbito nacional e com as tentativas de controle da disciplina, Souza (2001) propôs outros caminhos para o ensino da Geografia.

[...] se fugirmos aos conteúdos impostos no Ensino Fundamental e soubermos planejar nosso trabalho centrados na construção de conceitos essenciais à consecução do saber geográfico, poderemos transformar o ensino de nossa disciplina em algo muito eficaz e muito condizente com os objetivos do saber geográfico) [...]os fins estabelecidos de forma clara e objetiva, deverão sempre considerar o que se pretende com o ensino da Geografia e com a transformação do aluno como ser social, diante dos desafios que o mundo nos impõe e, muitas vezes, mascara. A partir dessa postura, surge a necessidade de trabalharmos com determinados conceitos, cuja construção não estará limitada a um determinado momento do nosso curso e muito menos a uma unidade conteudista. Por isso mesmo, é preciso tê-los claros, assim como ter claras as etapas de sua construção (2001, p. 9).

Trabalhar a partir da construção de conceitos implica em profundas transformações não só no desenvolvimento dos conteúdos em sala de aula, mas também no ato de planejar o seu desenvolvimento. A construção de conceitos passa a ser um fim, ao passo que os conteúdos transformam-se em meios, o que contribui

de forma substancial para criar uma Geografia menos informativa e portanto, mais formativa, comprometida com a construção do cidadão consciente.

Na visão de Cavalcanti (2011),

A formação de conceitos geográficos é uma habilidade essencial para a compreensão da realidade para além de sua dimensão empírica, na medida em que os conceitos permitem fazer generalizações e incorpora um tipo de pensamento que é capaz de ver o mundo não somente como um conjunto de coisas, mas um modo de pensamento que é capaz de converter tais coisas, por meio de operações intelectuais, em objetos espaciais (teoricamente espaciais, se assim se pode dizer) (2011, p. 201)

Historicamente, sempre existiu na educação e no ensino de Geografia uma lógica dos conteúdos herdada da educação tradicional. Para Pereira (1996), essa situação decorre, na maioria das vezes, da formação deficitária e da jornada de trabalho estafante, que impedem a reflexão sobre os objetivos da Geografia no processo de ensino e aprendizagem dos educandos, a definição, pesquisa e organização dos conteúdos.

Os conteúdos ensinados em sala de aula envolvem a definição de objetivos e de valores e se os tomamos com a finalidade da transformação, o ensinar a ler o espaço geográfico significa construir um olhar concreto para o espaço e seus significados, para dinâmica de funcionamento da sociedade sobre o espaço e da relação com os outros elementos que compõe a natureza. Aqui está a justificativa para a alfabetização geográfica dos alunos da educação básica pública; despertar para o sentimento de pertencimento e para a cultura da reflexão e da participação coletivas, necessária para a concretização de ações, aqui pensadas em direção à prevenção do risco de desastres naturais e à construção da resiliência no espaço urbano e rural.

Para Capriles (1989), o educador soviético Anton Semiónovitch Makarenko escreveu com muita propriedade que

não se poderá imaginar o coletivo se tomarmos a simples soma de pessoas isoladas; ele é um organismo social vivo e, por isso mesmo, possui órgãos, atribuições, responsabilidades, correlações e interdependência entre as partes. Se tudo isso não existe, não há coletivo, há uma simples multidão, uma concentração de indivíduos (1989, p. 154).

Essa relação é destacada também em Brandão (1984), ao tomar como referência a concepção Libertadora da Educação, considera a contribuição do educador na ampliação da participação social, condição urgente para a consciência socioambiental que colabore para frear o processo de degradação social e do meio ambiente em curso num mundo sob égide do mercado e da mercadoria. Nessa direção, as considerações de Bordenave (1981)

A participação é uma necessidade humana e, por conseguinte, um direito das pessoas. A participação se justifica por si mesma, não por seus resultados. A participação é um processo de desenvolvimento da consciência crítica e um processo de aquisição do poder. A participação serve à apropriação do desenvolvimento pelo povo. A participação é uma capacidade que se aperfeiçoa. A participação pode ser provocada e organizada sem que isto signifique necessariamente manipulação. A participação é facilitada pelo desenvolvimento dos fluxos de comunicação e pelo aumento das habilidades comunicativas. Devem ser aceitas as diferenças individuais na forma de participar (1981, p. 102).



Essa concepção de mundo e de educação é entendida aqui como condição para a construção de uma sociedade resiliente, pois, sem a construção de um projeto de escola pública para atender a quantidade com qualidade, não teremos um ensino de Geografia que desperte o interesse e a curiosidade nos alunos sobre a importância do ler, entender, se responsabilizar e atribuir responsabilidades frente às transformações do espaço geográfico pelo homem. Lembrando aqui as palavras de Callai (1998, p. 69), *“o que acontece na vida de uma sociedade acaba criando marcas no espaço, ou por outra, a sociedade deixa no espaço as suas marcas”*.

O mundo globalizado atual, exige uma Geografia escolar que vá muito além da descrição desinteressante do espaço, da paisagem e dos dados que impedem o entendimento dos fatos. Os Professores e as suas Geografias precisam, considerando as suas dificuldades e lutas, romper a pretensa neutralidade intencionalmente construída através das propostas pedagógicas não críticas, tradicionais ou liberais, que dificultam a relação entre os conteúdos e a realidade, democracia e participação, justiça e condições ideais de vida, segurança e igualdade social, desigualdades sociais e degradação ambiental.

Para Kobayama *et al.* (2006),

Nas últimas décadas, o número de registro de desastres naturais em várias partes do mundo vem aumentando consideravelmente. Isto se deve, principalmente, ao aumento da população, a ocupação desordenada e ao intenso processo de urbanização e industrialização. Dentre os principais fatores que contribuem para desencadear estes desastres nas áreas urbanas destacam-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar. Enquanto que nas áreas rurais, destaca-se a compactação dos solos, o assoreamento dos rios, os desmatamentos e as queimadas (2006, p. 12).

As inúmeras favelas existentes nas grandes regiões metropolitanas do país, resultam da concentração de riqueza, da falta de planejamento e da especulação imobiliária que majora o preço do solo urbano em favor das classes sociais mais abastadas, não restando outra opção para os pobres a não ser a ocupação das áreas periféricas caóticas, promovendo ao mesmo tempo, a segregação espacial e social. A maioria das favelas possuem ruas sem ou com pavimentação asfáltica/iluminação pública ruim e um sistema precário de distribuição de água potável, energia elétrica, de coleta de esgoto e água pluvial e com a ausência de serviços públicos de qualidade nas áreas da educação, transporte, saúde, lazer, esporte e cultura. O entendimento sobre o processo de ocupação e parcelamento do solo urbano e rural é fundamental para gente do povo tenha consciência da importância da conquista de um habitat seguro e resiliente.

Para tanto, os conceitos estruturais da Geografia lugar, paisagem, território, espaço podem ser desenvolvidos a partir dos conceitos mais específicos como o urbano, rural, relevo, rede hidrográfica, ambiente, clima, tempo, aquecimento global, mudanças climáticas, degradação ambiental e social, desastres naturais e antrópicos, risco, vulnerabilidade, prevenção, mitigação, sustentabilidade, resiliência, dentre outros. Precisamos ensinar e difundir o conhecimento geográfico na totalidade, levando em consideração principalmente os interesses das populações pobres e vulneráveis tanto no contexto socioeconômico e climático da realidade e favorável aos detentores do político e econômico.

Diante do panorama evidenciado, esta e outras questões terão que ser consideradas e trabalhadas pelo o professor de Geografia na sala de aula para construir a consciência necessária para que a gente do povo possa entender a importância do desenvolvimento

de ações concretas necessárias para promover a redução efetiva da pobreza e mitigar os riscos decorrentes de eventos climáticos extremos. É necessário construir a cultura do prevenir e antecipar para não remediar no âmbito da sociedade brasileira e mundial.

## Referências

- ANDRADE, M. C. de. **Globalização & geografia**. Recife: Editora Universitária UFPE, 1996.
- AZEVEDO, M. T. **Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil**. 2017. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- BENKO, G. **Economia, espaço e globalização na aurora do século XXI**. São Paulo: Hucitec, 1996.
- BORDENAVE, J. E.D. **O que é participação**. São Paulo: Brasiliense, 1981.
- BRANDÃO. C. R. **Pensar a prática**. São Paulo: Loyola, 1984.
- BRANDÃO. C. R. **Saber e ensinar**. Campinas: Papyrus, 1986.
- BRASIL. **Decreto nº 5.798 de 7 de junho de 2006**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5798.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5798.htm). Acesso em: 12 mar. 2018.
- CALLAI, H. O lugar na geografia e as monografias municipais. *In*: CALLAI, H. **Ensinar e aprender geografia**. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Porto Alegre, 1998.
- CANUTO, J. *et al.* Os sistemas agroflorestais biodiversos na perspectiva da segurança alimentar. *In*: MAGNONI JUNIOR, L. *et al.* (orgs). **JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p. 373-389.
- CASTRO, A. L. C. **Glossário da defesa civil nacional: estudos de riscos e medicina de desastres**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998.
- CAPRILES, R. **Makarenko: o nascimento da pedagogia socialista**. São Paulo: Scipione, 1989.
- CARVALHO, H. G. de *et al.* **Gestão da inovação**. Curitiba: Aymar, 2011.
- CAVALCANTI, L. de S. A geografia e a realidade escolar contemporânea: avanços, caminhos, alternativas. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL: CURRÍCULO EM MOVIMENTO: PERSPECTIVAS ATUAIS, 1., 2010, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte, 2010.
- CAVALCANTI, L. de S. Ensinar geografia para a autonomia do pensamento: o desafio de superar dualismos pelo pensamento teórico crítico. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, número especial, p. 193-203, out. 2011.
- CAVALCANTI, L. de S. **Pensar pela geografia: ensino e relevância social**. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2019. 232 p.
- EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018.
- ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE LAS NACIONES UNIDAS (UN/ISDR). **Terminología sobre reducción del riesgo de desastres**. Ginebra, Suiza: UN/ISDR, 2009. Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf). Acesso em: 22 out. 2017.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2019. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. **Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía**. Roma: FAO, 2019.
- FERREIRA DO VALE, J. M. **Estudos de educação escolar: reflexão sobre a prática da educação**. Bauru: Novas Edições Acadêmicas, 2018.
- FOLZ, C. J.; CARVALHO, F. H. T. de. **Ecosistema inovação**. Brasília, Embrapa, 2014.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.
- IANNI, O. **A era do globalismo**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.

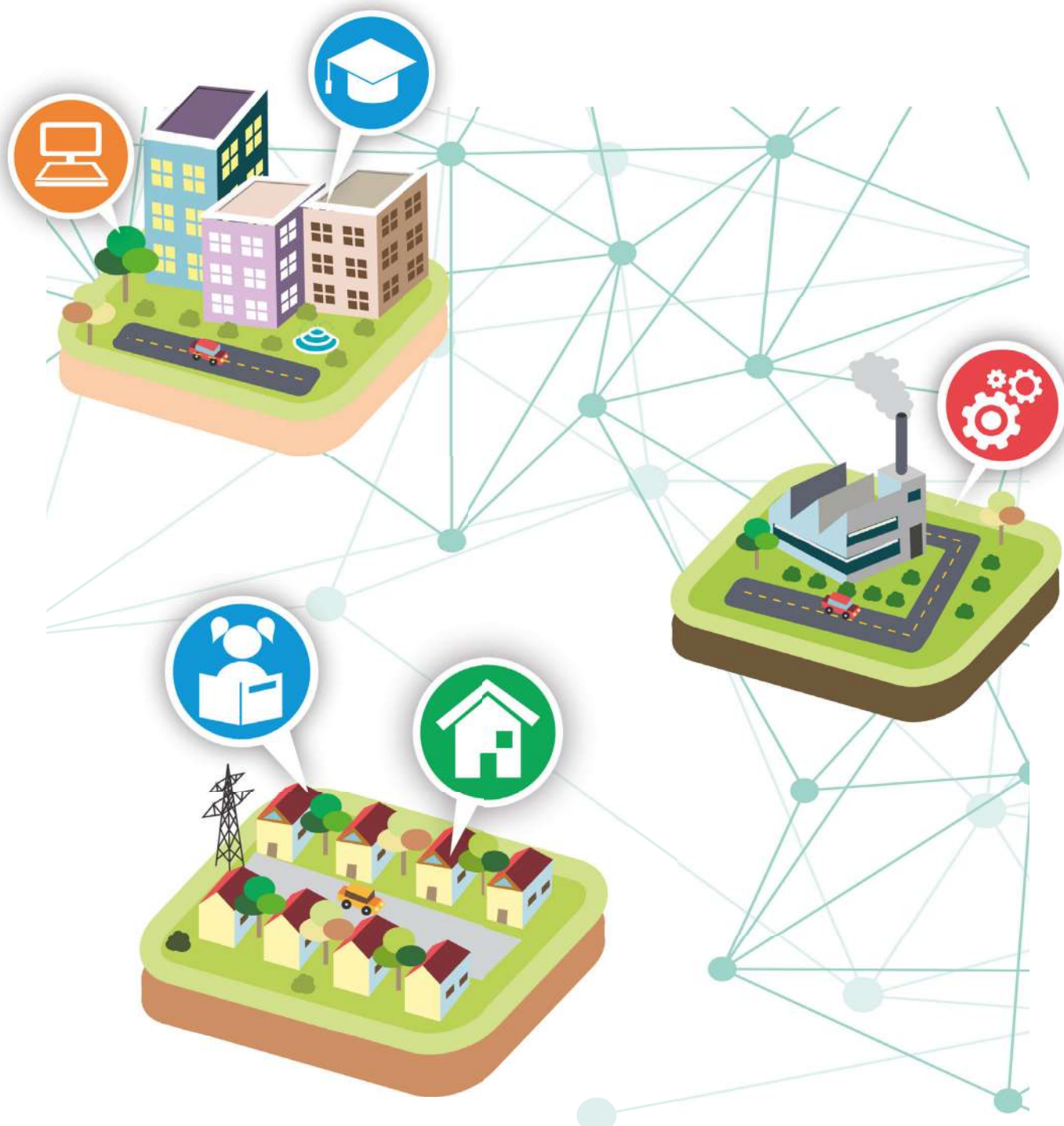
- KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; SILVA, R.V. Redução de desastres naturais relacionados às inundações: problemas e soluções. *In: MEDIONDO, E.M. et al. (org.). Conceitos e aplicações em águas urbanas.* Porto Alegre: ABRH, 2005.
- KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais:** conceitos básicos. Curitiba: Organic Traiding, 2006.
- KOSIK, K. **Dialética do concreto.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.
- LACOSTE, Y. **A geografia:** isso serve em primeiro lugar para fazer a guerra. Campinas: Papirus, 1993.
- LIBÂNEO, J. C. **Organização e gestão escolar.** Goiânia: Alternativa, 2001.
- LIBÂNEO, J. C. *et al.* **Educação escolar:** políticas, estruturas e organização. São Paulo: Cortez, 2003.
- LIMA, L. C. **Novo espaço da produção:** os tecnopolos. 1994. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994
- MAGNONI, A. F. *et al.* O monitoramento climático e o alerta de desastres naturais na era da comunicação digital. **Ciência Geográfica**, Bauru - SP, ano 16, v. 16, n. 2, p. 268-279, jan/dez, 2012.
- MOREIRA, R. Categorias, conceitos e princípios lógicos para (o ensino e o método de) uma geografia dialeticamente pensada. *In: MOREIRA, R. Escola pública e sociedade.* São Paulo: Saraiva, 2002.
- MOREIRA, R. **O que é geografia.** São Paulo: Editora Brasiliense, 1981.
- MOREIRA, R. **Pensar e ser em Geografia.** São Paulo: Contexto, 2007.
- MOREIRA, R. Uma ciência das práticas e saberes espaciais. **Revista Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 13, n. 2, p. 26-43, jul.-dez., 2017.
- OCDE; FINEP. **Manual de Oslo:** diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 3. ed. s.l.: OCDE, 2005. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2019.
- OLIVEIRA, J. F. de. **Educação escolar:** políticas, estrutura e organização. São Paulo: Cortez, 2003.
- PAINEL de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global. **Povos resilientes, planeta resiliente: um futuro digno de escolha.** Nova York: Nações Unidas, 2012.
- PEREIRA, D. Entrevista com Professor Diamantino Pereira. **O Espaço do Geógrafo**, n. 8, p. 13-15, 1996.
- PETRAS, J. **Armadilha neoliberal.** São Paulo: Xamã, 1999.
- PINTO, Á V. **O conceito de tecnologia.** Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.
- REIS, D. **Gestão da inovação tecnológica.** São Paulo: Manole, 2007.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1996.
- SANTOS, M. **O país distorcido:** o Brasil, a globalização e a cidadania. São Paulo: Publifolha, 2002.
- SANTOS, M. **Por uma outra globalização:** do pensamento único à consciência universal. Rio de Janeiro: São Paulo: Record, 2003.
- SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo, globalização e meio técnico-científico informacional.** São Paulo: HUCITEC, 1994.
- SINGER, P. **Globalização e precarização do trabalho.** São Paulo: Contexto, 1998.
- SOUZA, Á. J. de. Geografando ou aprendendo a fazer Geografia. **O Espaço do Geógrafo**, n. 27, jul./set. 2001.
- RUTHERFORD, F. J.; AHLGREN, A. **Ciência para todos.** Lisboa: Grávida, 1995.
- TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? *In: TOMINAGA, L. K. Desastres*
-

**naturais:** conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2015.

UNISDR. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. Genebra, 2015. Disponível em: <[http://www.unisdr.org/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf)>. Acesso em abril de 2020.

UNISDR. **Hyogo framework for action 2005-2015: building the resilience of nations and communities to disasters**. Genebra: ONU, 2005. Disponível em: <<http://www.refworld.org/docid/42b98a704.html>>. Acesso em maio de 2020.

VALE, J. M. F. do. Projeto político-pedagógico como instrumento coletivo de transformação do contexto escolar. In: BICUDO, M. A. V., SILVA JÚNIOR, C. A. da. **Formação do educador e avaliação educacional**. São Paulo: Editora UNESP, 1999, p. 73-74.



## ONDE OS DESASTRES SE ESCONDEM? DAS CRISES COMPÓSITAS AOS HORIZONTES DE INCERTEZAS

Norma Valencio<sup>1</sup>

### Introdução

Como anunciado no título da obra, *Através do Espelho*, a personagem-chave lança-se a um inusitado exercício de reflexão especular, o qual testa o seu modo de fabricação de concepções sobre a realidade. Mais do que um mero ponto de transição, o qual permite à Alice discernir entre as características de dois universos – de um lado, o da densidade das coisas e, de outro, o da imagem fidedignamente invertida do primeiro –, o espelho se apresenta na obra como um ponto de ancoragem que permite que as verdades convencionadas em ambos os lados sejam postas à inspeção. A travessia torna-se, para ela, um processo de aprendizagem exaustivo tanto para desvendar a variedade de mecanismos de interação social quanto para testar o seu funcionamento. Portanto, o que poderia ter sido um prosaico ato de mirar-se ante ao espelho, à espera da imagem invertida de si mesma, desencadeia na referida personagem um processo imaginativo associado ao desejo de dar um passo adiante, de explorar o não-conhecido aceitando a confrontação com insistentes provocações à razão.

Embora o primeiro pensamento que frequentemente lhe ocorra seja o de que os sujeitos do outro lado do espelho agem de maneira desarrazoada, logo Alice se apercebe da necessidade de se ajustar às novas circunstâncias, não apenas para compreender a concatenação social subjacente ao desenrolar dos acontecimentos, mas para deles participar dentro do papel que lhe fora atribuído pelo grupo que a acolheu e ao qual ela aderiu. Os acontecimentos variados, conectados por um enredo mirabolante, invocam tanto a relações assimétricas quanto a fluxos invertidos. Envolvem-na na forma de sinais insistentes de advertência a lembrá-la que, naquele universo, outras eram as lógicas operantes, exigindo-lhe formas originais de pensamento. Somente adotando uma nova matriz de raciocínio, suas interações sociais seriam condizentes com a situação. As notas de Martin Gardner, na edição comentada da referida obra (CARROL, 2002), nos indica algumas dessas cenas de advertência:

Para se aproximar da Rainha Vermelha, Alice anda às avessas; no vagão de trem, o Guarda diz a ela que está viajando ao contrário; o Rei tem dois mensageiros, “um para vir, outro para ir”. A Rainha Branca explica as vantagens de viver de trás

---

<sup>1</sup> Professora Sênior do Departamento e do Programa de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Apoio: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo 310976/2017-0 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 17/17224-0. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão do CNPq e da FAPESP. E-mail: norma.valencio@ufscar.br.

para a frente no tempo; o bolo do espelho é primeiro servido, depois partido. Números ímpares e pares, o equivalente combinatório de esquerda e direita, são introduzidos na história em vários pontos. Por exemplo, a Rainha Branca oferece geleia “dia sim, dia não”. Num certo sentido, o próprio *nonsense* é uma inversão sanidade-insanidade. O mundo usual é virado de cabeça para baixo e de trás para a frente; torna-se um mundo em que as coisas tomam todos os rumos, menos os esperados (notas de Gardner in CARROL, 2002, p. 138).

Não obstante a incrível aventura deflagrada no percurso de ida – que transformou um mero espelho em um fantástico portal –, o processo de retorno à sua vida ordinária e ao seu universo de origem não foi menos relevante. Permitiu a ela ressignificar a ordem das coisas, relativizá-las, o que deu nova perspectiva à sua existência ali.

Creemos que tais aspectos dessa notável obra literária nos auxilia a problematizar, nesse sucinto ensaio sociológico, a potência da aventura sociopolítica contemporânea na qual as crises contemporâneas, entrelaçadas, constituem uma espécie de espelho-portal. De um lado, apresenta-se a sociedade, em processo de atomização e progressiva perda de capacidade de agência e, de outro, as instituições públicas, que operam encerradas numa rigidez anacrônica, perdendo contato com a dinamicidade do mundo social. Sendo um tipo importante de crise, desastres são um dos caminhos sombrios que explicitam o processo problemático de desassociação de sociedades desorientadas e de instituições públicas letárgicas, propendendo a estranhamentos mútuos e a conflitos. A travessia pelo espelho-portal, que enreda desastres com outras crises, pode revelar pontos de contato e sentidos da fricção entre esses universos. É, então, o exercício ao qual passamos a nos dedicar.

### **Tecendo crises compósitas com os fios da heteronomia social**

Nos diferentes contextos sociais contemporâneos e escalas organizativas da esfera pública – multilateral, nacional, regional ou local –, as instituições têm funcionado pela lógica de fracionamento das demandas sociais. Ao fazê-lo, produzem campos múltiplos de poder, técnico e político, os quais estabelecem modos particularizados de controle sobre aspectos distintos da vida social. Embora essa tenha sido a maneira que a sociedade contemporânea encontrou para fazer avançar muitos dos sistemas que ansiava em ver progredir – como os de infraestrutura e de serviços em transportes, telecomunicações, saúde, educação, saneamento básico, energia, fosse através de fornecimento estatal, de arranjos mistos ou pela regulação da oferta do setor privado –, o efeito colateral tem sido o de produzir um balanço precário entre a dinâmica que a gestão pública imprime para operar/monitorar/intervir nesses sistemas e a dinâmica da vida vivida no terreno árduo das necessidades cotidianas que deles necessitam. Muitas são as incompatibilidades que, ao longo do tempo, vão se pronunciando.

O cidadão comum tenta se ajustar à fragmentação que as instituições públicas fazem de suas demandas – como, de resto, o mercado já o havia feito, através da divisão social do trabalho e da oferta de bens e serviços produzidos por cadeias setoriais –, resignando-se diante os enquadramentos burocráticos que desarticulam os variados aspectos da sua vida social bem como à lentidão das providências tomadas. Essa resignação lhe custa o preço de frustrações continuadas, uma vez que está em oposição à experiência própria do viver, a qual permanece acelerada e integrativa. Desse distanciamento deriva o estranhamento progressivo dos quadros de referência que norteiam a ambos o que, a princípio, não deveria sê-lo. Há um nexo de filiação entre as instituições públicas e a sociedade, a primeira sendo parte constitutiva da segunda. Ocorre que a criatura tem evoluído emancipando-se do criador, o qual pretendia mantê-lo fortemente vinculado.

Ao produzir mecanismos para instaurar uma cultura própria, tácita e explícita, com relativa autonomia frente ao todo que deveria representar, a criatura passa a disciplinar o criador, ditando-lhe quais as frações dos desafios da vida social, por quais meios e em que ritmos podem ser levadas perante às repartições, presenciais ou virtuais, para a tomada da providência tal ou qual. Nesse disciplinamento às avessas, que parte do particular para o geral, as demandas e queixas dos cidadãos são recortadas para caberem nos compartimentos estanques que lhes são oferecidos pelas instituições as quais, por seu turno, atendem-nas em níveis que, não raro, são vistas como aceitáveis para elas, mas inefetivas para quem as recebem. Normativas intrincadas e múltiplas têm servido para parametrizar impossibilidades de atendimentos nos termos em que os cidadãos os demandam. Códigos indecifráveis são utilizados para classificar e distinguir aspectos da vida do cidadão frente aos diferentes setores estatais com os quais interage: o número de registro de identidade; o de contribuinte; o da carteira de motorista; o de consumidor do serviço público x ou y; o de usuário de saúde; o da carteira de trabalho e assim por diante. Se prestam a lógicas e a critérios pouco comunicantes na vida prática e que ainda estão a mostrar o sentido de se prestar ao bem-estar integral do cidadão. É de estranhar que recentemente, no Brasil, os recém-nascidos tenham passado a ter número de Cadastro de Pessoa Física-CPF, um código de contribuinte, sendo traduzido como algo adequado à sua identificação, perante às bases nacionais de informações cadastrais, como cidadão, tomando-se uma coisa (a parte, as relações fiscais) pela outra (o todo, o sujeito de direitos).

Tanto mais a cessão de poder à criatura a permita seguir esquecida da pactuação de origem, que a vincula ao criador, mais isso se converte em tendência de naturalização da heteronomia social. Isto é, numa interação pela qual a coletividade deixa de ser considerada em seus próprios termos e passa a ser adestrada por sistemas públicos que desdizem a complexidade da vida social. Isso ocorre quando a máquina pública, ao invés de aliviar as pressões sobre o cidadão e promover condições dignas de sua inserção social e convivência, torna-se um fator de opressão social, produzindo insensibilidades sociais, do ponto da indiferença social ao do estigmatização e ao ódio.

Por exemplo, isso se dá através da difusão de práticas técnicas ditas de “remoção” de famílias, que são postas em prática sem que haja alternativas melhores de moradia à disposição daquelas que são expulsas dos assentamentos precários em que se encontram (VALENCIO; VALENCIO, 2017). Ou quando as políticas públicas, ao se apresentarem sob prismas setoriais, desencaixam os elementos vinculantes de seus préstimos os quais, contudo, seguem interdependentes na vida prática econômica. Nesse caso, as oportunidades de trabalho seguem dependentes de meios de transporte coletivos para permitir que os trabalhadores acessem os locais onde essas se encontram, enquanto os meios de transporte são também dependentes de infraestruturas íntegras, mas cujas condições seguem ruins e inviabilizam o fluxo das pessoas e dos transportes, tais como vias terrestres sujeitas a alagamentos ou esburacadas ou colapsam e impendem o tráfego por elas. Ou, ainda, quando surgem possibilidades legais à plena exploração predatória de recursos humanos, econômicos ou ambientais. Por exemplo, na precarização do trabalho. Ou, ainda, nos licenciamentos ambientais, que têm sido concedidos a obras geradoras de grande destituição/destruição socioambiental e são amparados por mecanismos legais progressivamente facilitados e nos quais a narrativa ufanista dos governantes que as recebem obnubila os impedimentos havidos para que os grupos atingidos participassem da definição dos Termos de Referência dos empreendimentos (LASCHEFSKY, 2014). Uma ilustração emblemática do ódio é a do policial militar que pisou insistentemente no pescoço de uma senhora negra e a arrastou pela rua de um bairro periférico da capital paulista (PAGNA; AMÂNCIO, 2020) o que, embora tivesse sido oficialmente negado como sendo um procedimento tecnicamente recomendável, expressa a força de uma cultura tácita de ódio que opera entre os seus membros e se

replica insistentemente em atos de violência na abordagem policial daqueles grupos que se encontram em desvantagem social. Tal cultura tácita reflete a naturalização do racismo ambiental (BULLARD, 2006) na relação sociopolítica do cidadão com o Estado, convertendo-se em encontro friccionado, de negação de direitos de cidadania, ao invés de reconfirmá-los, o que acelera o distanciamento entre esses dois universos. Mais do que isso, indica que a instituição pública se fecha numa lógica própria que perde a referência de que o discurso e a prática de seus membros representam a cadeia de valores que a interliga com a sociedade, simbolizando as aspirações e compromissos entre ambos (ANSELL; BOIN; FARJOUN, 2015). A heteronomia social, que essa lógica insensível implanta, progride da submissão à exclusão radical da humanidade do interlocutor. Por seu turno, o silenciamento ou conformismo dos que testemunham a cena aponta para a progressão da barbárie no caminho dessa relação, isto é, as desconexões de sentido entre as partes são sucedidas por conexões perversas.

Pode-se dizer que as principais crises dos séculos XX e XXI decorreram de processos de heteronomia social. Esse é um dos fios condutores que as tornam um compósito de crises que nos arrasta para um desastre civilizacional. Um exemplo dessas conexões entre crises foi a relação entre as operações militares na I Grande Guerra e o espriamento da gripe espanhola, transformando-as numa pandemia que ceifou milhões de vida (SOROKIN, 1942). A crise global deflagrada nos EUA, entre 2007-2008, decorrente do estouro de uma bolha especulativa, esteve associada ao colapso do sistema de Bretton Woods, ocorrido em 1971 (CHOWDHURY; ZUK, 2018), também associado a ataques especulativos, e ambas têm raízes na outra grande crise especulativa, a de 1929, a qual, quando adotou o remédio armamentista para a recuperação de economias nacionais europeias, favoreceu a emergência de governos totalitários e projetos de poder inconciliáveis que deflagraram uma nova guerra mundial (TOURAINÉ, 2011).

Ao mesmo tempo em que uma crise pode conter elementos que dinamizam outra crise, de natureza similar ou diversa, também o remédio aplicado para as sanar, na ilusão de restabelecimento da normalidade, pode se transformar em veneno que aciona e amplifica outras crises adiante. O remédio para a superação da crise econômica dos anos de 1930, através de investimentos massivos na indústria de armas, é o que desencadeia pretensões políticas que degringolam para arbitrariedades de toda a sorte e culminam desencadeamento do sofrimento social extremo de grupos civis estigmatizados, vítimas de genocídio. Por fim, mais recentemente, os cidadãos que, em diversos países, tentaram manter a cabeça fora da água no pós-crise econômica 2007/2008 – sujeitando-se ao trabalho informal ou ao trabalho precarizado, resignando-se a viver em moradias subnormais sem acesso a sistemas de infraestrutura básicos, como ainda lançando-se corajosamente em pequenos empreendimentos, abertos ao custo dos parques recursos patrimoniais e creditícios disponíveis – foram os primeiros a sofrer as repercussões econômicas, sociais e de saúde, física e psíquica, oriundas de uma crise sanitária, aquela relacionada ao novo coronavírus SARS-CoV-2. A depender do contexto nacional, como o brasileiro, viu-se que os períodos entendidos como sendo de normalidade social nem sempre foram conduzidos pelas instituições públicas para impedir ameaças futuras ou reforçar anteparos sociais suficientes diante a presença destas. A heteronomia social toma, por vezes, as feições de um divórcio, no qual uma parte segue ressentida da outra. Noutras, toma as feições de abandono social, no qual os desvalidos não são sequer enxergados e precisam criar meios alternativos de recuperação enquanto lutam para serem visíveis e terem as suas demandas reconhecidas como legítimas (VALENCIO; SIENA; MARCHEZINI, 2011). Noutras, ainda, se converte numa interação na qual os sinais são constantemente trocados, havendo ambiguidade em relação à qualidade desta. Com relação a isso, vejamos o caso no qual a superfície da crise, o seu traço aparente, mantém-se como espaço de providências institucionais eficazes, mas que esconde insuficiências, que vão se revelar desafios ainda maiores adiante.



Por exemplo, um estudo econométrico recente, realizado por Sawaya Neto e Meneses Neto (2014), que se debruçou sobre o impacto do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), no referente a infarto agudo do miocárdio (IAM) em municípios de pequeno e médio porte do país, concluiu que o impacto era positivo em termos de redução de número de óbitos e que os efeitos benéficos dos investimentos direcionados a essa política eram visíveis. A boa notícia, que indubitavelmente subjaz a essa constatação, é que o SAMU se revelou como um subsistema do SUS que reconectou-se com cidadão no *timing* necessário para a garantia do direito à vida, numa demonstração inequívoca de que não há divórcio à vista, pois instituição pública e sociedade seguem numa relação virtuosa. Porém, é a própria eficácia do SAMU nesses municípios que se tornou fator político de alegação para que sistemas hospitalares de média e alta complexidade não necessitassem estar ali presentes, pois os pacientes poderiam ser transportados pelo SAMU, como por serviços similares de transporte público de pacientes, para outras localidades. Durante a pandemia de SARS-CoV-19, no mês de julho 2020, quando havia leitos disponíveis em hospital de campanha na capital paulista, mas os leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) já estavam em disponibilidade crítica na Região Metropolitana de Campinas (composta por 42 municípios), o prefeito municipal de Campinas (a metrópole) argumentou que, por não dispor de estratégias usuais de deslocamentos de seus pacientes, os demais municípios da região (pequenos e médios) deveriam enviar seus pacientes de COVID-19 para a capital, deixando os leitos de Campinas prioritariamente para os pacientes deste município. Isso implicou que as famílias dos pacientes oriundos desses municípios periféricos ficassem com o ônus, sobretudo psicossocial e econômico, de verem os seus entes queridos serem internados numa localidade mais distante do seu lugar de filiação (EPTV1, 2020). Para além dos casos individuais, nos quais a distância física, frente às circunstâncias de gravidade e incerteza, ampliava as angústias de ambos os lados, família e paciente, isso re-situará a discussão sobre as estratégias de investimento em unidades de saúde nos diferentes níveis de complexidade nos municípios desses portes.

Ao buscarmos os fios condutores que correm nos subterrâneos das crises, vemos que o fechamento em si mesmo, seja da parte da sociedade atomizada quando das instituições públicas fragmentadas, é um aspecto muito saliente de um processo mútuo de alienação. Isso vai indicando que rearranjos ainda mais desafiadores serão requeridos, logo mais à frente, nas relações do Estado com os cidadãos. Os últimos, sentindo-se relegados perante o Estado, vão vivendo como que numa realidade paralela, desmantelados em interesses variados e no suporte mútuo em microgrupos. Ao reduzirem as suas expectativas quanto às funções protetivas do Estado, dirigem-se às frações deste, resignados em apresentar os seus problemas como miudezas para fazerem-nos caber nas caixinhas dos números de protocolos e requerimentos. Isso atomiza ainda mais a capacidade coletiva de reconhecimento de suas lutas e de agência, porque cada protocolo é visto como um problema único – no máximo, como um problema de vários consumidores contra um dado ente, que caiba no enquadramento de um site de visibilização de reclamações ou na capacidade de atendimento de uma unidade do Procon – e perde-se o interesse coletivo em ir ao fundo dos processos por detrás do incremento das queixas.

Saber-mo-nos inseridos num processo acelerado de produção e de fusão de crises não é algo que cause espanto aos que já suspeitavam da existência de laços preexistentes entre elas. O que vem ocorrendo é que esses laços já não encontram as condições objetivas de outrora para se manterem no regime de ocultação. Ao serem gradualmente revelados, puxados para fora dos esconderijos onde estavam escrupulosamente confinados, vão ultrapassando a aparência dos acontecimentos particularizados para, enfim, revelarem o seu enredamento no plano civilizatório através do fio condutor da heteronomia social.

Esta é peça fundamental dos escapismos narcísicos que negam a precedência que as pulsões de morte têm tido sobre as pulsões de vida, e que por isso restringem a visão da catástrofe civilizatória por detrás de crises aparentemente manejáveis.

A heteronomia social é o lastro da relação hierárquica invertida entre dois universos, movida à base do torpor da sociedade que, frente às crises sucessivas, se prostra diante à narrativa técnica e política de que se esteja buscando um “retorno à normalidade”, um escapismo fechado numa lógica circular que tenta recuar saudosamente num ponto do passado “bom” e imediato, mas que conduz à repetição da mesma crise, senão pior. Contudo, até mesmo para os mais crentes nas promessas vãs, o testemunho de argumentos escapistas e evasivos vão produzindo uma corrosão em sua vida social. Orientações e deliberações governamentais e técnicas já não tem durabilidade e não são confiáveis. O desmorronar simbólico do mundo do cidadão desnordeado é, então, passível de converter o seu desamparo radical em desconexão maior com as instituições, na procura de um novo referente de coesão social. Conforme Touraine (2011), em alusão à crise econômica global de 2007-2008, mas cujos ingredientes podemos claramente notar na crise global de 2020:

[...] a longo prazo, a crise acelera a tendência em direção a uma separação do sistema econômico, incluída aqui sua dimensão militar, dos atores sociais que, alvejados pela crise social e transformados em desempregados, em excluídos ou em poupadores arruinados, sentem-se incapazes de reagir politicamente, o que explica o atual silêncio das vítimas da crise, transformadas em atores cada vez menos sociais e sempre mais definidas em termos universais, morais ou culturais (TOURAINÉ, 2011, p. 10).

É deste ponto que disjunções sociopolíticas são confirmadas e, se mantida a visão anacrônica das instituições públicas, prepara o terreno das relações deterioradas para recepcionar tragédias em uma próxima crise.

Vencer o processo de heteronomia social não é tarefa fácil. Isso está referido essencialmente às tensões em torno do tema dos direitos humanos e em como os grupos sociais atomizados podem se articular, se são capazes de sair do estado de torpor. A luta central do cidadão, como ator moral, é a de perquirir as instituições públicas no referente a esse tema. As questões centrais do mundo contemporâneo posicionam os atores a favor ou contra os direitos humanos, diz Touraine (2011). Esse é o fio condutor mais subterrâneo ao da heteronomia social. Encontrar o posicionamento das instituições públicas quanto a isso equivale a identificar um ponto de contato para avançar na reconciliação ou na fricção, distinguir entre projetos de civilização e de barbárie.

Por decorrência, a luta para a ultrapassagem da condição heterônoma exige o resgate do exercício de pensamento próprio, estabelecendo espaço para a quietude e distanciamento para a reflexão (a contemplação diferenciada) a fim de prover meios de organização das ideias para a ação entusiasmada, conforme ponderou Arendt (2010). A autora continua, explicando que o pensamento é a experimentação de tornar presentes, porém dessensorializadas e numa terra invisível, as coisas ausentes, nos vários sentidos que as comportam: nos sentidos opostos, nos sentidos de continuidade, de trás para a frente e vice-versa, e nos sentidos de fusões e de distinção. Embora discernidas, as distâncias espaciotemporais entre a lembrança (os significados próprios do que já se foi, o conhecimento) e a imaginação (as utopias, o desejo do espírito) não impossibilitam o percurso, mas convocam à experimentação de seu encontro, sinaliza a referida autora. O espelho-portal, aqui, é o presente recalibrado pelas referências polares, as quais impedem que o ator reflexivo seja capturado (mais uma vez) pela ordem constituída. Os fluxos “fora da ordem” não são manejáveis nos compartimentos das convenções do

tempo presente e, assim, ousam alimentar um presente com alternativas às estruturas operantes, criando horizontes de autodeterminação aos atores morais.

São essas as dinâmicas sociais fundamentais que, ao nosso ver, suscitam a necessidade de se atravessar, metafórica e destemidamente, um espelho-portal similar ao de Alice, referente ao passado e ao futuro. Isto é, fazer-se uma travessia de imersão reflexiva nas normalidades que botaram o mundo às avessas e de lá retornar, com releituras que redimensionem as nossas utopias libertadoras. Os novos atores morais que possamos vir a ser deslocam eventos do campo de uma situacionalidade restrita para dar-lhes perenidade; isto é, negam as distâncias espaciotemporais formais – os discursos de que os eventos ocorreram “lá” e não “cá”, e de que estejam contidos no passado e não interfiram mais no presente – e apresentam, em contraponto às narrativas oficiais, as proximidades emblemáticas entre sofrimentos sociais entendidos como separados uns dos outros.

Duarte (2000), em seu estudo sobre o pensamento arendtiano, adverte que é preciso olhar o evento nos seus próprios termos, identificando os seus traços particulares, que o apresentam como fenômeno de ruptura em seu próprio tempo, mas transcendê-lo. É isso que, no contexto norte-americano, tornou a pandemia do novo coronavírus SARS-CoV2 uma crise de segunda ordem diante outra classe no evento, a do homicídio cometido por um policial contra um homem negro, matando o último por sufocamento, com requintes de crueldade, com o joelho assentado em seu pescoço enquanto a vítima gritava que não conseguia respirar. A frase derradeira e insistentemente repetida da vítima, “*I can't breathe*”, tornou-se não apenas um refrão, que mobilizou massas nas ruas de diversos países para questionar o modo de pensamento e os métodos de suas forças policiais, mas levou a ONU e a discutir a criação de uma comissão para investigação do racismo sistêmico nos EUA (OFFICE OF THE HIGHT COMMISSIONER OF HUMAN RIGHTS, 2020). Ademais, a indignação social referente ao modo de ação das forças policiais incitou uma mobilização social de tal envergadura em vários países, incluso no Brasil, que pôs em xeque a crença tácita de instituições de segurança pública de que o contexto de decretação de emergência lhes permite atuar ancorados num pensamento anti-humanista sem freios. Duarte (2000) assevera que uma ordem julgada mais rígida vai se impondo se não encontrar barreiras cívicas que a impeçam de prosseguir.

### Desvendando os desastres: um modo de calibragem do problema pelas lentes da sociologia

Na perspectiva teórica da Sociologia dos Desastres, desastres são acontecimentos sociais trágicos, associados a diferentes tipos evento físico (fenômenos naturais, tecnológicos ou sociais), os quais estressam sobremaneira a coletividade que os vivenciam (FRITZ, 1961; QUARANTELLI, 1998). Tais acontecimentos são a concretização de riscos previstos ou sequer estimados, que ultrapassam inadvertidamente o ponto-limite aceitável de relações socioambientais, sociotécnicas, sociopolíticas ou socioeconômicas disfuncionais. Portanto, desastres são um tipo de crise (QUARANTELLI; BOIN; LAGADEC, 2007). Quando os cientistas sociais filiados a essa perspectiva teórica se debruçam sobre um desastre, suas perguntas de pesquisa usuais costumam ser:

- *Em termos do comportamento social*: como se configura a passagem de uma dinâmica rotineira de ação para outra, a partir de uma situação inesperadamente adversa? Isto é, quais expressões mentais (repertório de significados), atitudinais (práticas em relação a si e ao outro) e discursivas (narrativas sobre a experiência) caracterizam a transformação involuntária de um dado modo de ser-no-mundo? Como se dá a confrontação dos membros do grupo com a experiência de padecimento coletivo (óbitos, adoecimentos, ferimentos) e rupturas imprevistas em sua rede de relações?
- *Em termos das vinculações com o lugar*: quais elementos caracterizam ambiental, material e simbolicamente os danos e prejuízos experimentados pelo grupo? Que

relações tais elementos guardam entre si (de cunho prático, simbólico, afetivo, social) e na trajetória do sujeito (passado, presente e futuro)? Como lidam com a privação das coisas? Como reorganizam a sua vida no lugar ou fora dele?

• *Em termos de relações de poder:* que conjunto de atores participam da produção da crise? Quais processos ou decisões a deflagraram ou a mitigam? Como se dá o seu manejo, nas diferentes fases de seu desenrolar? Como se instaura e se dinamiza o campo de forças entre os atores implicados para definir os rumos da crise? Qual papel é reservado – ou quais embates são necessários –, para permitir o protagonismo do grupo afetado nas medidas de reparação de seus danos e prejuízos? Quão apropriados são os mecanismos de resposta e reparação frente às demandas e expectativas do grupo afetado?

Indagações como as acima elencadas são válidas para analisar acontecimentos trágicos associados a diferentes eventos, de colapso de barragens a atentados terroristas, de tornados a epidemias, de contaminação ambiental a crashes econômicos. Isso porque o foco de análise não é o da dinâmica endógena do evento – considerado como um aspecto que participa do processo de perturbação social –, mas os mecanismos de funcionamento (crenças, sistemas de valores, práticas, recursos) dessa coletividade antes, durante e após a crise. Isso permite extrair de um dado caso certos componentes que, então, o re-situam numa trama mais alargada, como um fenômeno social de caráter disruptivo da estrutura ou do sistema social (QUARANTELLI, 1998; QUARANTELLI; PERRY, 2005) e que ultrapassa a sua manifestação num tempo (duração) e num lugar (cenário) determinado.

Tomemos o desastre associado ao acidente ocorrido nas instalações de uma usina nuclear em Chernobyl, na Ucrânia, no ano de 1986. O evento emergiu no sistema fechado de uma organização social, naquela planta industrial, e subitamente transbordou para outros sistemas, cujas rotinas sociais transcorriam como se fossem autônomas ao primeiro. Os vínculos se revelaram não apenas em suas dimensões territoriais ou ambientais – as relações de proximidade geográfica, compartilhamento de recursos hídricos, correntes de vento a carrear as plumas radioativas para além das fronteiras da planta, da cidade, do país –, mas em suas dimensões políticas – influenciando no modo de comunicação de acidentes similares assim como nas decisões precaucionárias e de investimentos nesse setor, em todo o globo – e em suas dimensões sociais – com a migração forçada, dos moradores locais abandonando involuntariamente a região, no recorte intergeracional dos que tiveram a sua saúde comprometida. O silêncio do Kremlin por três dias foi considerado embaraçoso, sobretudo quando Gorbachev estava sendo considerado como um novo tipo de liderança que distenderia as relações com o mundo ocidental. Os riscos pareciam internamente mal manejados; por exemplo, razões religiosas motivavam fiéis a visitarem os arrabaldes anualmente, devido a uma visão da Virgem Maria, o que se revelou um problema sensível para as autoridades ucranianas, em vista de que medidas de dissuasão seriam interpretadas pelo filtro das tensões constantes entre os grupos católicos locais e os protestantes (CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY, 1987; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006). Mirando, então, o acontecimento social trágico com mais distanciamento, sabe-se que aquele desastre não se limitou àquela planta, àquela cidade. Tampouco àquele tempo. Quando o reator explodiu e medidas foram tomadas para manejar o cenário, sob mecanismos políticos de repressão, que esconderam os fatos o quanto foi possível e às custas de muitas vidas, o desastre continuou a se desenrolar em outra escala geográfica, de tempo e de relações, razão de ter-se tornado emblemático em sua característica catastrófica. Isso também se pode dizer em relação a outros desastres, como o associado aos atentados de 11 de setembro, que nasceu da intolerância mútua e conduziu a novas e desgastantes guerras, realimentando a cultura de ódio ao diferente e o aparecimento de novas estratégias de corrupção de lideranças e de subsunção dos grupos minoritários dos países sob intervenção (CHAYES, 2015). Se pode dizer o mesmo em relação ao desastre

associado ao colapso de uma barragem de rejeito de minérios, que foi desencadeado em Mariana/MG, mas que tomou novas feições dramáticas ao longo da Bacia do Rio Doce, não cabendo apenas em novembro de 2015 e nos meses seguintes (ZHOURI *et al*, 2016). Um fio condutor o ligou até o desastre semelhante, porém mais catastrófico para as vidas humanas imediatamente ceifadas, ocorrido em Brumadinho, em janeiro de 2019. O qual, por fim, aponta para riscos similares e iminentes em dezenas de outras localidades do país (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2019). Enfim, o foco nos acontecimentos sociais trágicos auxilia a encontrar conexões que extrapolam o caso específico ou, ainda, redimensiona-o para absorver outras crises, sejam elas com características similares ou distintas. Vai daí que, sob a perspectiva da Sociologia dos Desastres, as visões institucionais públicas calcadas na narrativa de “retorno à normalidade” fazem parte de uma estratégia que recorta o acontecimento crítico do modo o mais simplificado possível a fim de fazê-lo caber em compartimentos de providências que indiquem a eficácia da gestão da crise. Enquanto isso, a crise continua a se desenrolar com outras roupagens, noutras circunscções, composta por novos atores e campos de forças. Tão falsa quanto a crença de “retorno à normalidade” é a crença num “novo normal”, uma concepção que já nasce caduca, enrijecida, que em nada auxilia a sociedade a se re-situar num mundo crescentemente conturbado. Ademais, há saliência das desigualdades sociais nas circunstâncias de desastres, mas cuja visibilidade é contida pela ideia de sofrimento social equalizado. Estariam, todos os grupos afetados, “no mesmo barco” e, portanto, não seria a hora adequada para externar os conflitos de classe e os conflitos internos entre seus subgrupos, para a embarcação não adernar. Forja-se, pois, uma falsa solidariedade. O “novo normal” também se apresenta como sendo a soma de pequenos aborrecimentos, toleráveis, que permitem a retomadas de certas rotinas da vida aos que perderam certas comodidades e funcionalidades para gerir o seu cotidiano.

Normalidades, novas ou velhas, são ideologias que se ligam aos fios condutores da heteronomia social, à procura de uma estabilização que desprepara as relações sociais para operar na mudança cotidiana ou profunda. Os cidadãos entorpecidos pela ideia de normalidade são os mais passíveis ao controle exógeno, a se subjugarem à cultura do medo, a se apequenarem nas condutas de intolerância – o sujeito que também se vê como normal estranha o diferente –, a renunciar à sua liberdade para que as engrenagens institucionais consigam funcionar no mesmo ritmo e lógica que eles.

Num contexto multicrises, é mister discernir entre a eficácia na gestão de alguns requerimentos emergenciais da vida cotidiana, eventualmente manejáveis no escopo de habilidades individuais para certas interações comerciais – por exemplo, no acionamento mais frequente de compras por meio virtual, cuja entrega da encomenda será feito por serviços de *delivery* – e a capacidade pública para proteger o cidadão através de mudanças estruturais. Aqueles que podem lidar com a fome acionando o pedido de uma pizza por um aplicativo, e confiar que o seu pedido será entregue pelo *motoboy* num prazo razoável, se apegam a um modesto terreno de identificação de resiliência em sua ação para fugir ao teste de sua ampla impotência para confrontar o problema-mor que o torna docilmente dependente da buzina da moto que toca no portão. Touraine (2011) elucida que a cegueira coletiva para com a natureza dos grandes problemas contemporâneos é um dos comportamentos sociais usuais, que as classes abastadas e médias adotam para manter a ilusão de resgate de uma temporalidade perdida. O idílio de retorno à situação pré-crise é acalentado pelas elites como também difundido às massas para o conveniente apascentamento dessas, evitando que atravessem o espelho em busca de inspiração para as mudanças sociais requeridas pelas circunstâncias. O autor adicionalmente lembra que, quando uma crise se fecha em seus problemas internos, a vida social dos cidadãos se empobrece. Ele se referia às várias crises econômicas, em especial à crise dos anos de 1930 e a

desencadeada em 2008 – quando a distinção entre a economia financeira e a economia real ficou visível –, apontando seus efeitos de temores difusos na coletividades a qual, por seu turno, desencadeou revoltas contra as instituições, desmantelando-as.

De outro lado, também é preciso olhar com criticidade a volatilidade do mundo. Ao aceitar que o mundo contemporâneo está em constante mudança, e num ritmo acelerado, há que se considerar as armadilhas consumistas, que alimentam uma cultura vazia e alienada, a sociedade do espetáculo, onde há ajustamentos neuróticos de identidades, aspirações de vida incoerentes com o contexto onde as mesmas se situam, dependentes de produtos e serviços que, em relações feitichizadas, distorcem a importância das coisas, dos ambientes e dos indivíduos. Como explica Menezes (2006):

Podemos dizer que, na atualidade, a cultura da imagem é um efeito da prática de produção da subjetividade consumidora. *O consumo consome o sujeito*. Na medida em que a publicidade (propaganda, pesquisas, estudos de mercado, *marketing* etc.) manipula o poder de decisão de compra do indivíduo, transferindo-o para as empresas, acaba por fabricar seu próprio produto: o consumidor perpetuamente insatisfeito e entediado. Os efeitos desse quadro envolvem abalos nas relações entre as pessoas e das pessoas com o campo dos fenômenos sociais, isto é, com o campo intersubjetivo que é patrimônio social compartilhado. São abalos na concepção de realidade e (...) abafa as singularidades dos sujeitos em nome de uma homogeneização dos mesmos em função do consumo (MENEZES, 2006, p. 185-6).

A normalidade e volatilidade, nesses termos, sugerem a necessidade de produção de táticas, no sentido atribuído por Certeau (2014). Ou seja, primeiramente, exige o reconhecimento de ambos como sendo um terreno inimigo, lugar sob controle do outro o qual, então, impõem as suas determinações e, em seguida, desde essa posição recuada, balizar o pensamento crítico para a construção de uma utopia emancipadora. As armadilhas de um mundo cristalizado ou turbilhonado provocam a sensação de desamparo no cidadão que, ao se deparar com a encruzilhada entre ambos, percebe a perda das “*garantias de ser e estar no mundo*” (MENEZES, 2006, p. 195), circunstância propicia ao pânico, entendido como manifestação do desamparo radical. A redução da vida aos ditames da burocracia assim como as névoas do fetiche da mercadoria exige um certo modo de organização do sentido da realidade e de sociabilidade que propende à desumanização do outro é que cria amarras difíceis de escapar.

Se entendermos os desastres como uma crise multifacetada, oriunda dos enodoamentos de crises pretéritas mal gerenciadas, identificamos sua potência para se tornarem eventos políticos. Mas aqui, estamos a falar de outra natureza de eventos, no sentido arendtiano, isso é, eventos capazes de transformar, repentinamente, a feição de uma Era. Isso, não porque as suas causas sejam de todo evidentes, mas exatamente porque são difusas e imprecisas (DUARTE, 2000) e apelem para novas costuras sociais. Nesse sentido, a interpretação que as autoridades governamentais fazem dos desastres apenas como fenômenos pontuais – compartimentando-os em decretos de emergência, que os classificam no uso de um código de classificação simplificador, o qual, por seu turno, indica uma competência específica autorizada a orientar os procedimentos de mitigação –, é uma visão empobrecedora do problema e que, por isso mesmo, o incrementa ao ponto de reforçar as suas amarras subterrâneas com outras crises e torná-las um evento político.

Veja-se, por exemplo, o caso do desastre catastrófico associado à pandemia de Covid-19, que SILVA (2020) salienta estar contemplado do Código Brasileiro de Desastres (COBRADE), relativo a doenças infecciosas e virais. Nesse contexto compartimentado de

classificação, dissociando-o de outras crises, reemergiu e se amplificou a perspectiva funcionalista da saúde, que Giddens (2001) havia suposto ter sido superada. Essa vertente sociológica baseia-se no *papel do enfermo*, aquele que, sentindo-se incapaz de realizar os seus papéis corriqueiros, precisa reduzir a sua vida à plena inspeção e sanção médica, mesmo que essa categoria profissional produza recomendações incoerentes com as condições materiais correntes na vida do enfermo, tais como: a de se isolar socialmente, quando as condições de moradia o inviabilizam; a de banhar-se no uso de seus próprios itens de higiene, quando as condições econômicas restringem-no; a de lavar as mãos com frequência, quando não há acesso à água potável. Essas racionalidades desencontradas, entre a vida vivida no terreno das desigualdades socioeconômicas e a concepção de ordem que o senso comum médico passou a prescrever, são próprias de uma apartação cultural – e de classe – que produz outros efeitos dissociativos, progressivamente visíveis, entre as expectativas institucionais acerca do comportamento coletivo “consciente” e o comportamento coletivo tal como é possível tê-lo numa rotina de viver sob múltiplos riscos (CARDOSO, 2006; KOWARICK, 2009). Os que ouvem recomendações que não se ajustam às suas condições materiais de existência logo se apercebem que habitam universos paralelos ao dos profissionais e gestores que pretendem normatizar a sua vida; e, portanto, esse desencontro autoriza os invisíveis a produzirem as suas próprias regras de convivência. Aos clamores da classe médica, de que a população empobrecida não tem consciência de risco, e que precisa se ajustar a um modo adequado de prevenção, os empobrecidos tentam, em vão, responder que, no modo precário de conduzir a sua existência, há crises entremeadas que lhes abatem simultaneamente, interseccionando saúde, habitação, trabalho e emprego, segurança, transporte, educação.

No plano do viver urbano, a pandemia colhe preferencialmente aqueles que não se encaixam perfeitamente nos compartimentos de gestão das políticas habitacionais, lutam exaustivamente pelo reconhecimento de seu direito de moradia, mas veem as suas demandas sendo solapadas por um sem-número de obstáculos técnicos e legais. A demanda de moradores de ocupações não é assumida, pelo Estado, desde o campo dos direitos humanos, mas através do campo econômico, onde precede o direito dos proprietários dos imóveis abandonados; assim, como o direito de morar é deslegitimado e as práticas de remoção dos moradores precários são naturalizadas (NASCIMENTO *et al*, 2018). Essa crise de habitação popular é crônica, invisibilizada e normalizada; mas, ao ser interseccionada com a pandemia, setores da sociedade que a normalizaram parecem ser tomados de alguma surpresa ao constatar a existência de aglomerados subnormais sem acesso ao saneamento básico, o que é uma incongruência, pois o problema desde sempre este escancarado na paisagem urbana. Lutke (2014), debruçada sociologicamente sobre o caso dos desastres associados a inundações e demais problemas sociais no Jardim Pantanal, na capital paulista, fez uma escuta ativa aos moradores locais. Identificou nas medidas governamentais de inviabilização dos sistemas de infraestrutura uma estratégia clara para facilitar a remoção dos moradores, indenizando os seus imóveis a preços irrisórios. Essa era a normalidade perversa da gestão pública territorial, de habitação, de assistência social e de defesa civil mais de seis anos antes da pandemia da Covid-19. Porém, no decorrer da crise aguda da pandemia na capital paulista, subitamente as autoridades estaduais se deram conta que, naquele lugar, a incidência da doença era desproporcionalmente maior em relação aos demais da cidade e, deste modo, anunciou uma estratégia de testagem massiva dos moradores naquela localidade, objetivando “*orientar as ações do poder público nestas áreas de alta vulnerabilidade social*” (FOLHA DO ABC, 2020). Partindo de um apelo distorcido, o de que o Estado fará um Mapa do Comportamento do Coronavírus, impede-se que o cidadão procure o fio condutor essencial da dimensão local daquela multi-crise na própria relação sociopolítica deteriorada entre os moradores locais e as autoridades governamentais, que se desresponsabilizam pelos antecedentes críticos. Nesse caso, não se

trata de mapear o comportamento do vírus. Para a Sociologia dos Desastres, se trata de mapear o comportamento das instituições públicas. Nessa matriz teórica, a cultura organizacional de segurança merece ser inspecionada profundamente, quanto mais quando vê razões para que a mesma siga escamoteando as raízes profundas das crises com as quais deve lidar.

Nas últimas cinco décadas, o debate nessa vertente humanística teve muitas ramificações, tanto na própria sociologia quanto em campos disciplinares conectados, como nos de planejamento urbano, no do serviço social, no da psicologia social e afins. Dentre as reflexões que se mantêm atuais para o foco que aqui adotamos, destacamos as de Quarantelli (1998), pioneiro em discernir as lógicas moventes das instituições públicas diante desse tipo de crise; as de Lindell (2013) e de Dombrowsky (1995), cujas análises sobre os desencontros entre a cultura institucional e as especificidades das demandas sociais de grupos vulnerados já davam conta de ser problema estrutural; no que seguem autores como Bullard (2006; 2009), o qual identifica o racismo ambiental subjacente aos sistemáticos desacertos técnicos e governamentais para responder às comunidades pobres e negras em diferentes fases de uma crise. Jon e Purcell (2018) vão adiante, e veem o renascimento da agência entre grupos sociais aviltados, os quais produzem arranjos – com cientistas, ongs, novos movimentos sociais e afins – na busca de novos marcos para o planejamento da reconstrução de suas comunidades.

No desastre global no qual nos encontramos, há novos problemas e desafios de conhecimento que merecem estar situados nessa vertente teórica para potencializar o debate. Por exemplo, o problema de que, quanto mais é exigido de reposicionamento colaborativo entre autoridades governamentais nacionais – como o fez, às lágrimas, o representante da Organização Mundial da Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020) –, mais estas se fecham numa escala menor de afazeres, como se a revelação súbita de um mundo às avessas lhes exigisse total absorção do tempo administrativo num elenco de providências minúsculas, impedindo-as de lidar corajosamente com uma visão global solidária. Ao manterem-se ocupadas ou iludidas com a racionalização do desafio que têm à frente, ou simplesmente embotarem-se no universo do negacionismo, representantes e representados perdem referências sobre o projeto coletivo de devir, não construindo referências suficientemente sólidas para traçarem conjuntamente rumos inovadores para o futuro imediato ou distante. Que tipo de problema sociológico seria esse? Quais seus pontos de contato com crises anteriores? Essas são algumas das questões em aberto, para exploração nos anos vindouros. Uma pista, é a de que se agarrar à boia salva-vidas de busca da normalidade no ritmo conhecido do pequeno universo institucional, quando o mar está revolto com ondas sucessivas de incertezas, talvez não seja a melhor solução, porque o resgate, nesses termos, pode tardar. As instituições públicas mergulham num sem-número de despachos diários, que tomam parte significativa do cotidiano do gestor. A papelada rotineiramente manejada, para pôr em funcionamento a máquina burocrática, parece provocar efeitos esperados de confirmação da ordem estabelecida; mas, o seu conteúdo alcança pouca ou nenhuma repercussão em termos de mudança social. Ofícios, memorandos, atos e afins são moldados para se apresentarem conforme as expectativas bem assentadas, respaldados no cumprimento cioso da lei, organizados em procedimentos operativos redundantes a fim de indicar a presença de mecanismos de controle eficazes, isto é, cercados por barreiras intransponíveis a desmandos e malversações ao interesse público. Trata-se de uma ilusão e enorme dispêndio de tempo, porque os malversadores, que impuseram essa extensão do tempo, encontram um meio próprio e ágil para o sublevar. No terreno da administração pública, as boias dizem que o mundo ainda é viável, quando, no entanto, as crises enredadas são indícios de que é necessário lançar-se na viabilização de outro projeto de mundo, porque o mar ficará ainda mais revolto.

A máquina pública evita entrelaçar as crises que, contudo, seguem se misturando. Os compartimentos que convencionalmente as manejam querem se manter autônomos como se as separações efetivamente existissem na vida de que as experiencia. Referimo-nos, por exemplo,



à crise migratória contemporânea que, diante à pandemia, ressignificou os acampamentos de refugiados como locais mais insalubres do que já eram, como em acampamentos da etnia rohingya, em Bangladesh (EBBIGHAUSEN, 2020), o que torna mais distante o seu anseio de pertencer a uma comunidade organizada (DUARTE, 2000); à crise financeira global, cujo efeito negativo de pouco mais de uma década alterou o ritmo de crescimento de muitas economias nacionais (TOURAINÉ, 2011) e repercutiu na incapacidade das mesmas em investir apropriadamente em medidas infraestruturais urgentes para atendimento à saúde; à crise política, no alastramento de movimentos de extrema-direita, cujas práticas de ódio ao diferente e de reforçamento de governos com traços autoritários suscita a propagação de um ambiente medo, cerceando a cultura de cidadania (SOUSA SANTOS, 2020); à crise social, que salienta as condições de pobreza e de desigualdades sociais, tais como no inaccessos aos equipamentos sanitários e à água potável bem como inviabilidade de aquisição de serviços de testagem rápida para detecção da doença Covid-19 (CEPAL, 2020); à crise de emprego, cujo crescimento lento de oportunidades no mercado de trabalho foi seguido pelo fechamento célere dos postos antes existentes (CEPAL, 2020). Os nexos entre crises vão se revelando a partir de suas amarras conhecidas ou renegadas. Desafortunadamente, o caráter civilizacional do problema, que conecta as várias crises contemporâneas, é mantido ao largo da cultura de segurança das instituições públicas multilaterais, nacionais, regionais e locais, que reitera as suas crenças na perspectiva organizativa de protocolos técnicos atomizados prescritos para as especificidades da emergência e não para a complexidade que ela comporta.

No que concerne à trama atual de crises, vemos os gabinetes de crise se fecharem em si mesmos, num conjunto restrito de especialistas que são tentados a racionalizar o problema complexo com o qual se defrontam num escopo fortemente quantitativo, mas que permite que os números se prestem a balizar argumentos contraditórios dos quais as autoridades querem lançar mão para imprimir o seu domínio sobre a vida social e lidar melhor com pressões econômicas. Ao mesmo tempo em que números impressionantes sobre vítimas (contaminadas, enfermas, fatais) são oficialmente anunciados, com alta taxa de ocupação de leitos, a expectativa de que medidas precaucionárias serão tomadas para restringir fluxos humanos e conter os riscos de propagação da doença, não se cumpre. Números assombrosos são correntemente seguidos por anúncios de deliberações de abertura do comércio, de escolas, de permissão para as caminhadas na orla da praia e afins, como se as deduções, diante eles, estivessem de ponta-cabeça. E, no campo das inversões, há ainda, os números menores que expressavam grande preocupações e, no transcorrer do tempo, números grandes que parecem ser absorvidos sem espanto, como se fossem menores. No caso brasileiro de enfrentamento dessa pandemia, o cidadão foi penalizado com embates intermináveis entre autoridades governamentais nos três níveis de governo, as quais emitiram sinais contraditórios referentes aos números que sacaram em seus argumentos para nortear suas deliberações. A vida social encontrou-se num estado mais precário de suspensão, porque a confiança no Estado foi erodida nessas idas e vindas que pareciam debochar dos números (GONÇALVES, 2020), os quais, no referente ao tamanho do problema, estiveram sabidamente subestimados (PRADO *et al*, 2020).

Desastres também mudam de tamanho quando a compartimentalização setorial produz desencontros no seio do Estado e confundem as orientações ao cidadão. Uma ilustração desse processo no Brasil, no período agudo do desastre relacionado à pandemia de Covid-19, ocorreu quando autoridades sanitárias e financeiras orientavam em direção opostas aos cidadãos vulnerados, que precisavam proteger a sua saúde ao mesmo tempo em que tinham necessidade dos recursos financeiros emergenciais para terem meios materiais necessários de enfrentamento da crise. Enquanto as autoridades sanitárias recomendavam o convencional “fique em casa”, a instituição financeira gerenciadora

dos benefícios advertia que aqueles, que tivessem dificuldades em acessar o benefício por via remota, deveriam se dirigir às agências bancárias. O cidadão ficou, assim, pressionado por duas orientações oficiais divergentes. Uma, puxando-o para dentro de casa, devido aos riscos à saúde, e a outra, empurrando-o para fora de casa. Ou, ainda, quando os trabalhadores foram solicitados a se dirigir ao seu ambiente de trabalho, mas as autoridades diminuíram o acesso ao transporte público. Essas ambiguidades, que ampliam o dilema entre riscos de contágio e riscos de manutenção econômica, fazem parte de um processo que leva o cidadão a perder sua confiança no Estado e dar-lhe as costas.

Assim, para que instituições públicas mudem a forma de enfrentar crises como a acima assinalada, é preciso iniciar renunciando-se a pressupostos arraigados. A começar do pressuposto de que a crise é um corpo estranho à sociedade. Quando mais perdure no tempo esse tipo de retórica, mais os discursos acerca do “inimigo a ser abatido”, diante uma ordem a ser mantida, se desgastam. Eis aí um ponto fulcral para relações sociopolíticas de crescimento: a problematização da ideia de ordem deveria preceder à problematização da ideia crise. Se crise é considerada como perturbação de uma dada ordem – portanto, um fenômeno de desordem –, a indagação primeira deveria ser acerca das insuficiências da ordem institucionalmente adotada. Desde uma perspectiva da complexidade, Morin (2008) observou que a relação entre ordem e desordem envolve a preparação social para esperar o inesperado através de dinâmicas de auto-organização; viver sob constantes mudanças ao invés de enrijecer-se em rotinas. Degradação e desordem são aspectos da origem do universo e da vida e é na indissociabilidade entre as turbulências e o esforço de organização dinâmica – no campo organizacional, estar em uma conservação dinâmica (ANSELL; BOIN; FARJOUN, 2015), que novas ordens surgem e testam os seus limites até um ponto adiante de ruptura e reconfiguração. As instituições que não se permitem passar por essas turbulências acabam se enrijecendo e se desconectando do mundo real, onde as mudanças continuam operando através de processos colaborativos e conflitivos. Tal enrijecimento as transformam num subsistema anômalo, que se torna presa fácil do paradigma da simplificação, continua Morin (2008), onde a disjunção social e a redução do pensamento ganham terreno. Em sistemas de proteção e defesa civil, rotinas burocráticas massacrantes e processos de capacitação reforçadores de convicções anacrônicas são alguns dos aspectos da montagem de um universo próprio, que não apenas cria a autoilusão de cumprimento de uma finalidade socialmente útil, baseando-se em receituários precários, mas também que é tentado a inverter a relação de poder com o meio social. Dos pressupostos a serem questionados por uma cidadania ativa está o de que as instituições públicas – e, especialmente, as suas lideranças – sejam organizações capazes de enxergar mais além daquilo que se passa na vida ordinária e multifacetada do cidadão comum. A capacidade antecipatória às crises, que tanto aspiram os governantes e governados, requer disposição para mudar os filtros teóricos e metodológicos que instrumentalizam a sua compreensão, sem os quais não reconhecerão os sinais emergentes. Requer olhar para cenários tendo como contraponto o conhecimento histórico sobre o tecido social em que se inserem; mais do que acelerarem a elaboração de protocolos rígidos, para serem adotados em realidades que pouco conhecem, os técnicos precisam de espaço para procurar soluções criativas e baseadas em diálogo com aqueles que experimentam o problema no terreno da vida concreta.

Por fim, mas não menos importante, mesmo em desastres catastróficos – e, sobretudo, nestes –, as menores medidas práticas de conciliação entre o Estado e a sociedade são passíveis de dar maior substância política, social, econômica e simbólica para o seu mútuo aprendizado. Tomando-se, novamente, o caso da crise sanitária global de 2020, uma das mais emblemáticas lições foi dada pela primeira-ministra da Nova Zelândia, a qual entrelaçou o mundo prático ao mundo da fantasia numa de suas medidas administrativas. Em contexto de Páscoa, ela decretou oficialmente, com o rigor dos demais comunicados oficiais, que o sr. Coelho da Páscoa, assim como a sra. Fada dos Dentes fariam parte da lista de serviços essenciais

(FOLHA DE S. PAULO, 2020). Isso não foi um ato administrativo ingênuo, como a princípio parecia sê-lo. A autoridade pública revestiu-se de meios e modos convencionados para dizer às crianças de seu país que a relação sociopolítica poderia lhes alcançar auspiciosamente, apesar das injunções. Permitiu assentar no mundo prático-burocrático regras nas quais o mundo fantástico-infantil era reconhecido como legítimo. Isso fez todo o sentido para os cidadãos neozelandeses, que sentiram que os seus valores culturais eram amparados pela gestão pública. Tal ilustração é a antítese do que a sociedade brasileira experiencia, onde as esperanças são cotidianamente massacradas por certezas caducas, por certezas ambíguas, pela perda irreversível de vidas humanas, incluindo a daqueles que fizeram sacrifícios desmedidos para salvar as primeiras e cujas organizações pouco lhes protegeram em suas necessidades técnicas, econômicas, físicas e psíquicas (o caso de enfermeiros, médicos, dentistas, motoristas, cozeiros, lixeiros, diaristas, cuidadores, maqueiros, entre outros). As esperanças sumiram de vista quando serviços essenciais foram sujeitados à lógica de uso instrumental da coisa pública e dando novo fôlego às práticas de corrupção.

### À guisa de conclusão: viver às avessas como ato subversivo

Ao permitir-se transitar de um lado para o outro do espelho-portal, Alice pode identificar um local de passagem entre dois universos, os quais a enredavam através de lógicas sociais distintas. O processo de passagem constituiu-se também, para ela, como um ponto de ancoragem para um aprendizado crítico acerca do balanço delicado entre as expectativas alheias e as motivações próprias. O espelho-portal estabelecia-se como experiência de travessia, permitindo à personagem diferir as diferentes tramas da qual ela participava, como também para permitir-lhe pôr à prova as premissas de um dos universos calcando-se no repertório trazido na vivência no outro e vice-versa. Saber viver às avessas é também entrecruzar o tempo e as relações sociais de modos originais. O diálogo com a Rainha Branca o revela:

(...)“É isso que dá viver às avessas”, disse a Rainha com doçura: “sempre deixa a gente um pouco tonta no começo...”. “Viver às avessas!” Alice repetiu em grande assombro. “Nunca ouvi falar de tal coisa!” “...mas há uma grande vantagem nisso: a nossa memória funciona nos dois sentidos.” “tenho certeza de que a *minha* só funciona em um”, Alice observou. “Não posso lembrar coisas antes que elas aconteçam” (CARROL, 2002, p. 189).

Buscar compreender as conexões entre crises é um dos exercícios possíveis do “viver às avessas”, através de um esforço analítico para encontrar consistentes fios condutores entre eventos e lugares. Identificá-los é algo impostergável. Touraine (2011) indaga se viveremos tolerantes para com os métodos de dominação que suscitam uma avalanche de crises, mantendo uma convivência eivada de mútuo estranhamento, ou se seremos capazes de agência para intervir nas instituições e instaurar nelas um modelo de vida social calcado em valores de solidariedade social. A agência requer o pensamento reflexivo que antecipa a ação. Se a avalanche de crises denuncia a catástrofe civilizatória, mais sensato seria produzir antecipadamente uma visão coletiva promissora de futuro para ter onde ancorar os sacrifícios que serão necessários sem cair nas armadilhas saudosistas e patológicas de um “retorno à normalidade”, que produzem cadeias de perdas e danos, e o faz em vão. A advertência derradeira do autor é a de que “o princípio de legitimação de nossas condutas está em nós mesmos [...] provém de nossa capacidade de criar um mundo de direitos e de protegê-lo dos ataques provenientes dos sistemas desumanos” (TOURAINÉ, 2011, p. 187).

Os exercícios de fusão de aspectos de diferentes tipos de crise que aqui fizemos, perpassando-os com a crise mais aguda coletivamente experienciada nesse momento, a pandemia da COVID-19, foram feitos com o propósito de assinalar que a vida social encontra desafios constantes na interação com o múltiplo de instituições as quais se catalisam no Estado. Essas contradições podem adquirir cores vívidas, num desafio de confrontação incisiva entre o desespero e a esperança, que gera equilíbrios provisórios e instáveis (DUARTE, 2020), mas que paulatinamente supera a alienação do “bom cidadão”, cristalizado numa ordem vigente que massacra a sua dignidade (STAERLÉ, 2015).

Seria um significativo avanço ultrapassar convicções em uma ordem social bem apascentada – a ideia de normalidade, onde fluiria uma boa relação entre a sociedade e o aparato estatal –, surpreendida por uma desordem angustiante – o caos, visto como um inimigo externo à tal relação. Essa ultrapassagem seria uma aventura reflexiva pelo portal da crítica, que intersecciona ambos os universos, permite identificar que os arranjos constituintes da normalidade utilizam, na produção de suas tramas, os fios frágeis de coesão social, sujeitos a rupturas. Não sigamos esquecidos de que as crises de diferentes naturezas têm sido os contextos que favorecem que outras excepcionalidades se justifiquem, da violência miúda aos golpes de Estado. É a ocasião onde fios desfeitos são substituídos por outros, mais rigidamente elaborados a partir de rodas de fiar mais robustas, a dos projetos antidemocráticos de poder. Essas iniciativas de antítese aos direitos humanos são comumente calcadas no desespero de cidadãos atomizados, apegados ao presente consumista, e que escolhem ancorar-se a qualquer visão de ordem quando veem o seu mundo desmoronar, ao invés de se lançarem ao esforço de construção de pactos auto organizativos inovadores baseados na afirmação daquilo que propenda à garantia da dignidade humana de todos. O preço de renúncia a direitos é impagável. E o dedo dos fiandeiros das crises podem inadvertidamente ser espetados, colocando-os num profundo sono que os desconecta (ainda mais) do que se passa na realidade concreta do mundo social, o que nos conduz a uma nova aventura...

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Relatório de segurança de barragens 2018**. Brasília: ANA, 2019.
- ANSELL, Chris; BOIN, Arjen; FARJOUN, Moshe. Dynamic Conservatism: how institutions change to remain the same. In: KRAATZ, Matthew S. (org.). **Institutions and Ideals: Philip Selznick's Legacy for Organizational Studies**, Research in the Sociology of organizations. Bingley (UK): Emerald, v. 44, p. 89-119, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282731577>. Acesso em: 22 fev. 2019.
- ARENDDT, Hannah. **A vida do espírito**. 2. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.
- BULLARD, Robert D. Varridos pelo furacão Katrina: reconstruindo uma “nova” Nova Orleans usando o quadro teórico da justiça ambiental. In: HERCULANO, Selene; PACHECO, Tânia (Orgs.). **Racismo ambiental**. Rio de Janeiro: FASE, 2006. p. 126-147.
- BULLARD, Robert D. The color of toxic debris. **The American Prospect**, v. 16, 2009. Disponível em: <http://prospect.org/article/color-toxic-debris>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- CARDOSO, Adauto L. Risco urbano e moradia: a construção social do risco em uma favela do Rio de Janeiro. **Cadernos IPPUR**, v. 20, p. 27-48, 2006.
- CARROL, Lewis. **Alice**: edição comentada. Introdução e notas: Martin Gardner. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2002.
- CEPAL. El desafío social en tiempos del COVID-19. **Informe Especial COVID-19**, Santiago: CEPAL, n. 3, 2020.
- CERTEAU, Michel. **A invenção do cotidiano**: 1. artes de fazer. Petrópolis: Vozes, 2014.

- CHAYES, Sarah. **Thieves of State: why corruption threatens global security**. Nova York: Londres: W.W. Norton and company, 2015.
- CHOWDHURY, Anis; ŽUK, Piotr. From crisis to crisis: Capitalism, chaos and constant unpredictability. **The Economic and Labour Relations Review**, v. 29, n. 4, p. 375-393, 2018.
- CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. **The Chernobyl's accident: social and political implications - a research paper**. SOV 8710078X, historical review program: released as sanitized 1999. Langley, VA: CIA, 1987. Disponível em: <http://large.stanford.edu/courses/2016/ph241/lebovitz1/docs/cia-sov-78-10078x.pdf> Acesso em: 01 jul. 2020.
- DOMBROWSKY, Wolf R. Again and again: is a disaster what we call 'disaster'?. **International Journal of Mass Emergencies and Disasters**, v. 13, p. 241-254, 1995.
- DUARTE, André. **O pensamento à sombra da ruptura: política e filosofia em Hannah Arendt**. São Paulo: Paz e Terra, 2000.
- EBBIGHAUSEN. Rodion. Covid-19 chega ao maior campo de refugiados do mundo. **Deutsche Welle**, 2020. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/covid-19-chega-ao-maior-campo-de-refugiados-do-mundo/a-53458491> Acesso em: 04 jul. 2020.
- EPTV1. Região envia 128 pacientes para SP: famílias driblam distância com atendimento humanizado e por vídeochamadas. **EPTV Campinas**, 14 de julho de 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2020/07/14/regiao-envia-128-pacientes-com-covid-19-para-sp-familias-driblam-distancia-com-atendimento-humanizado-e-vidoechamadas.ghtml>. Acesso em: 14 jul. 2020.
- FRITZ, Charles. Disasters. In: MERTON, Robert K.; NISBET, Robert (Orgs.). **Social problems**. Nova York: Harcourt Brace, 1961. p. 651-694.
- FOLHA DO ABC. Estado irá monitorar o comportamento do coronavírus em regiões vulneráveis. **Folha do ABC**, 13 de julho de 2020. Disponível em: <http://www.folhadooabc.com.br/index.php/secoes>. Acesso em: 13 jul. 2020.
- FOLHA DE S. PAULO. Em meio à pandemia, Nova Zelândia considera coelho da páscoa trabalhador essencial. **Folha de S. Paulo**, 6 de abril de 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mundo/2020/04/em-meio-a-pandemia-nova-zelandia-considera-coelho-da-pascoa-trabalhador-essencial.shtml>. Acesso em: 6 abr. 2020.
- GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- GONÇALVES, Juliano C. Confiança na comunicação de risco sobre o COVID-19 no Brasil: desafios e perspectivas In: OLIVEIRA, Celso M.; VALENCIO, Norma (Orgs.). **COVID-19: crises entremeadas no contexto de pandemia (antecedentes, cenários e recomendações)**. São Carlos: CPOI-UFSCar, 2020. p. 383-397.
- JON, Ihnji; PURCELL, Mark. Radical resilience: autonomous self-management in post-disaster recovery planning and practice. **Planning Theory & Practice**, v. 19, n. 2, p. 235-251, 2018.
- KOWARICK, Lúcio. **Viver em risco: sobre a vulnerabilidade socioeconômica e civil**. São Paulo: Editora 34, 2009.
- LASCHEFSKI, Klemens. Governança, neodesenvolvimentismo e autoritarismo difuso. In: ZHOURI, Andrea; VALENCIO, Norma. **Formas de matar, de morrer e de resistir: limites da resolução negociadas de conflitos ambientais**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. p. 243-273.
- LINDELL, Michael K. Disaster studies. **Current Sociology**, v. 61, n. 5-6, p. 797-825, 2013.
- LUTKE, Carina B. Da produção social da enchente à violência das remoções: tensões e conflitos no bairro Chácara Três Meninas, Jardim Pantanal, município de São Paulo/SP. 179-212. In: VALENCIO, Norma e SIENA, Mariana (orgs). **Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas**. São Carlos: RiMa Editora, 2014. v. IV.
- MENEZES, Luciane Sant'Anna. **Pânico: efeito do desamparo na contemporaneidade: um estudo psicanalítico**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2006.
- MORIN, Edgar. **On complexity**. Cresskill, NJ: Hampton Press, 2008.

NASCIMENTO, Denise M.; FREITAS, Daniel M.; ESCADA, Daniel B.; LAGE, Maurício. Ocupações urbanas, vilas e remoções em Belo Horizonte. In: LINS, Regina D.; ROLNIK, Raquel (orgs.). **Observatório de remoções 2017-2018: relatório bianual**. São Paulo: FAU-USP, 2018. p. 43-61.

OFFICE OF THE HIGH COMMISSIONER OF HUMAN RIGHTS - OHCHR. **Human Rights Council holds an urgent debate on current racially inspired human rights violations, systemic racism, police brutality and violence against peaceful protests**. Genebra: OHCHR, 2020. Disponível em: <https://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=25971&LangID=E>. Acesso em: 25 de julho de 2020.

PAGNA, Rogério; AMÂNCIO, Thiago. Abuso policial em Parelheiros não tem comparação com caso Floyd, diz Polícia Militar. **Folha de São Paulo**, 13 de julho de 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/07/abuso-policial-em-parelheiros-nao-tem-comparacao-com-caso-floyd-diz-pm.shtml>. Acesso em: 13 jul. 2020.

PRADO, Marcelo et al. **Análise de subnotificação do número de casos confirmados da COVID-19 no Brasil**: nota técnica 7, 11/4/2020. Rio de Janeiro: Núcleo de Operações e Inteligência em Saúde (NOIS), 2020.

QUARANTELLI, Enrico. **What is a disaster?** Perspectives on the question. Londres: Nova York: Routledge, 1998.

QUARANTELLI, Enrico; BOIN, Arjen; LAGADEC, Patrick. Studying future disasters and crises: a heuristic approach. In: HAVIDAN, Rodriguez; QUARANTELLI, Enrico; DYNES, Russel (Orgs.). **Handbook of disaster research**. Berlim: Springer, 2007. pp. 61-83.

QUARANTELLI, Enrico; PERRY, Ronald. **What is a disaster?** New answers to old questions. Bloomington, IN: XLibris, 2005.

SAWAYA NETO, Melchior; MENESES NETO, Almir S. M. Avaliação do impacto do SAMU sobre indicadores de urgência: o caso das proporções de mortes hospitalares por infarto agudo do miocárdio em municípios de médio e grande porte. In: RESENDE, Guilherme M. (org.). **Avaliação de políticas públicas no Brasil: uma análise de seus impactos regionais**. Rio de Janeiro: IPEA, 2014. v. 2, p.121-146.

SILVA, Rodrigo W. Prefácio. In: OLIVEIRA, Celso M.; VALENCIO, Norma (Orgs.). **COVID-19: crises entremeadas no contexto de pandemia (antecedentes, cenários e recomendações)**. São Carlos: CPOI-UFSCar, 2020. p. 13-15.

SOROKIN, Pitirim. **Man and society in calamity: the effects of war, revolution, famine and pestilence upon human mind behaviour, social organization and cultural life**. Nova York: E. P. Dutton and Company Inc, 1942.

SOUSA SANTOS, Boaventura. **A cruel pedagogia do vírus**. Coimbra: Edições Almedina, 2020.

STAERKLÉ, Christian. O bom cidadão - ordem social e antagonismos intergrupais no pensamento político do senso comum. JESUÍNO, Jorge C.; MENDES, Felismina R.P.; LOPES, Manuel José (orgs.). **As representações sociais nas sociedades em mudança**. Petrópolis: Vozes, 2015. p. 208-231.

TOURAINÉ, Alain. **Após a crise**. Petrópolis: Vozes, 2011.

VALENCIO, Norma; VALENCIO, Arthur. Vulnerability as social oppression: the traps of risk prevention actions. In: MARCHEZINI, Victor; WISNER, Ben, LONDE, Luciana; SAITO, Simone. **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action**. São Carlos: RiMa Editora, 2017. p. 115-141.

VALENCIO, Norma; SIENA, Mariana; MARCHEZINI, Victor. **Abandonados nos desastres: uma análise sociológica de dimensões objetivas e simbólicas de afetação de grupos sociais desabrigados e desalojados**. Brasília: Conselho Federal de Psicologia, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Health effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes**: Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group “Health”. Genebra: WHO, 2006. Disponível em: <https://www.who.int/>

ionizing\_radiation/chernobyl/WHO%20Report%20on%20Chernobyl%20Health%20Effects%20July%202006.pdf. Acesso em: 03 jul. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **WHO director-general's opening remarks at the media briefing on COVID-19**. 2020. Genebra: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---13-july-2020>. Acesso em: 13 jul. 2020.

ZHOURI, Andrea et al. O desastre de Mariana: colonialidade e sofrimento social. In: ZHOURI, Andrea; BOLADOS, Paola; CASTRO, Edna (Orgs.). **Mineração na América do Sul: neoextrativismo e lutas territoriais**. São Paulo: Annablume, 2016. p. 45-66.



# TECNOLOGIA PARA CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA, BASEADA EM ESTRUTURAS FUNCIONAIS DE CACTÁCEAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Wedsley Oliveira de Melo<sup>1</sup>

Itamar Ferreira da Silva<sup>2</sup>

Catarina de Oliveira Buriti<sup>3</sup>

Humberto Alves Barbosa<sup>4</sup>

## 1 Introdução

No Semiárido brasileiro, cerca de 38% da população vive na zona rural, o que corresponde a uma estimativa de 8,5 milhões de pessoas (IBGE, 2010). Nesse sentido, adaptar tecnologias hídricas adequadas à convivência da população com a seca é um dos maiores desafios à região. Uma das estratégias de convivência com o Semiárido, sempre defendida e valorizada por técnicos, sociedade civil e estudiosos, são sistemas de captação e armazenamento de água da chuva (BURITI; BARBOSA, 2018).

Historicamente, as políticas adaptadas à seca na região basearam-se na prática de estocar água, medida considerada fundamental para minimizar o problema hídrico. Desde os anos 1990, houve uma mudança de paradigma em direção às tecnologias para captação e armazenamento de água da chuva. Das grandes obras de engenharia, como açudes, canais e barragens, que desde o início do século XX, concentravam água em determinados pontos geográficos, passaram a ter destaque, a partir de então, as pequenas cisternas para reservar água. São tecnologias sociais simples, de baixo custo e de fácil replicação, que permitem reservar água para os períodos de seca (BURITI; BARBOSA, 2018).

As tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva já estão bastante avançadas e contempladas em importantes políticas para a região (BRITO et al., 2015). Elas permitiram implementar um dos maiores programas mundiais, em larga escala, de aproveitamento de água da chuva, para ampliação do abastecimento de populações rurais, de comunidades difusas, do Semiárido brasileiro (GOMES; HELLER, 2016).

Todavia, essas soluções ainda são insuficientes para atender às demandas por água das famílias da área rural do Semiárido. A quantidade de água armazenada na cisterna não é capaz de suprir as necessidades básicas de consumo das famílias,

1 Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC). E-mail: wedsley@gmail.com.

2 Programa de Pós-Graduação em Design/Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: itadesigner@yahoo.com.br.

3 Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC). E-mail: catarina.buriti@gmail.com.

4 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis)/Universidade Federal de Alagoas (Ufal). E-mail: barbosa33@gmail.com.

### Agradecimentos

Os dois primeiros autores agradecem ao Laboratório de Botânica, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e ao Laboratório de Anatomia Vegetal, do Instituto de Biologia, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pelo apoio para a realização desta pesquisa. A terceira autora agradece pelo apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio do “Projeto de Pesquisa e Difusão: Monitoramento Ambiental por Satélite para Planejamento da Agricultura Familiar no Semiárido Brasileiro” (Processo no 154467/2018-9). O quarto autor agradece pelo apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), através do Projeto Pró-Alertas (Processo no 88887.091737/2014-01).



durante os períodos de secas. Além disso, as condições precárias dos domicílios das áreas rurais, decorrentes dos baixos níveis sociais e econômicos das populações, conferem riscos potenciais à qualidade da água armazenada nas tecnologias hídras (GOMES; HELLER, 2016; SANTOS; SILVA, 2009). Na última década, a região enfrentou a “Seca do Século” (2010-2017), considerada uma das mais longas e intensas secas da sua história. Durante o período, a população rural enfrentou uma situação crítica de vulnerabilidade social, ainda dependendo das tradicionais operações de carros-pipa para suprir suas demandas por água (BURITI; BARBOSA, 2018).

Assoluções tecnológicas já existentes, simples e de baixo custo, foram implantadas, para atenderem a demandas emergenciais de água para abastecimento humano, em razão de ainda não existirem outras maneiras que reduzam o déficit hídrico na região, de forma mais constante e duradoura (MELO, 2019). Nesse contexto, o presente artigo tem o objetivo de analisar a viabilidade da construção de uma tecnologia móvel para captação e armazenamento de água da chuva, baseada na utilização de princípios funcionais de plantas xerófilas do Semiárido brasileiro.

O trabalho foi baseado nos princípios científicos da biomimética, ciência que busca solucionar problemas do cotidiano das pessoas, de forma sustentável, a partir da observação do funcionamento dos sistemas da natureza (ARRUDA, 2012). A designação desta recente e promissora área de estudo científico provém da combinação das palavras gregas *Bíos*, que significa vida, e *Mímesis*, que significa imitação. Assim, o objetivo da biomimética é o estudo das estruturas biológicas e das suas funções, adaptando as estratégias e soluções da natureza em diversas áreas, como engenharia, biologia, design, administração, medicina e tecnologia.

A aplicação de princípios inspirados na natureza podem influenciar na criação e desenvolvimento de projetos de *design* e tecnologia. Neste trabalho, foram investigados os sistemas naturais e a estrutura fisiológica de plantas xerófilas do Semiárido brasileiro, relacionadas ao armazenamento de água. O estudo analisou como algumas espécies de cactáceas sobreviveram e evoluíram ao longo do tempo, adaptando-se a uma das condições climáticas mais rígidas do Planeta: a Caatinga brasileira.

A tecnologia móvel de captação e armazenamento de água da chuva visa atender a alguns desafios identificados hoje no mercado. São eles: 1) garantir estruturas de captação de água da chuva, higiênicas e seguras, não dependendo, para isso, de calhas e telhados precários, que interferem na qualidade da água armazenada; 2) disponibilizar tecnologias de baixo custo para estocar água da chuva, que mantenham as adequadas condições de potabilidade do recurso hídrico; 3) permitir mobilidade para coleta e armazenamento de água da chuva, exatamente nos locais onde ocorrem as precipitações, de forma cada vez cada vez mais isoladas; 4) oferecer sistemas para captar e armazenar água da chuva, sustentáveis e eficientes, a partir da aplicação de características evolutivas e adaptativas, análogas à fisiologia das cactáceas do Semiárido.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Métodos e interpretação dos dados

Para a realização desta pesquisa, utilizou-se o método descritivo e a abordagem qualitativa. O método descritivo permite registrar e descrever características, relações ou fenômenos entre variáveis dos dados coletados, sem que haja interferência do pesquisador nos objetos analisados. Como o trabalho é realizado com plantas, geralmente alocadas em ambiente externo, o processo foi de descrição e observação das características estruturais de cada espécie.

Segundo Prodanov (2013), o uso desses levantamentos permitem descrever minuciosamente experiências, processos, situações e fenômenos. O objetivo é conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual procura-se uma resposta, ou de uma hipótese que se busque comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

A técnica empregada foi a pesquisa exploratória, que possui um planejamento flexível, mas permite estudar o tema sob diversos ângulos e aspectos. Também foi feita a pesquisa bibliográfica, que segundo Lakatos e Marconi (2003), permite compreender que, se de um lado a resolução de um problema pode ser obtida através dela, por outro, tanto a pesquisa de laboratório quanto a de campo (documentação direta) exigem, como premissa, o levantamento do estudo da questão que se propõe analisar.

## 2.2 Procedimentos metodológicos

Na primeira etapa da pesquisa, foi realizado um levantamento de plantas xerófilas, no Cactário Guimarães Duque, localizado na sede do Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC), em Campina Grande (PB). Foram catalogadas e descritas, de forma técnica e detalhada, um total de 130 espécies de cactáceas e suculentas, desde a sua origem (família e subfamílias), status de conservação, localização geográfica, além de formas de captação e reserva de água.

A segunda etapa consistiu na coleta das amostras de cactáceas, em visitas de campo ao Cactário Guimarães Duque e à Estação Experimental do Insa, localizada no Sítio Lucas, zona rural de Campina Grande (PB).

Em uma terceira etapa do estudo, foram realizadas visitas ao Laboratório da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), para identificar as espécies mais indicadas para a pesquisa. Foram selecionadas as seguintes espécies: (A) mandacaru (*Cereus jamacaru*); (B) palma forrageira (*Opuntia ficus* e *Nopalea cochenilifera*); e (C) coroa-de-frade (*Melocactus*). Os critérios para escolha das espécies foram plantas de pequeno porte, com idade jovem (menos de 6 meses), por possuírem as mesmas estruturas das plantas adultas, com a vantagem de serem mais maleáveis ao serem seccionadas.

Na sequência, as espécies coletadas passaram por análises laboratoriais. Inicialmente, no Laboratório de Botânica, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), em Campina Grande (PB), as espécies foram preparadas para serem fatiadas pelo micrótomo, equipamento no qual as amostras foram inseridas e cortadas em lâminas. Este procedimento, que consiste em fotografar as estruturas internas das cactáceas, foi realizado no Laboratório de Anatomia Vegetal, do Instituto de Biologia, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no período entre novembro de 2018 até abril de 2019.

Na última etapa, foram identificados os padrões visuais das estruturas fisiológicas das cactáceas selecionadas. As imagens obtidas pelo microscópio foram utilizadas para a criação dos padrões visuais, e a partir de um formato escolhido, usadas para aplicação em um conceito de sistema de armazenamento de água, baseado no funcionamento das plantas xerófilas do Semiárido brasileiro.

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Análise laboratorial das estruturas celulares das cactáceas

As imagens das estruturas celulares das plantas xerófilas, selecionadas para este estudo, foram capturadas, em três níveis de ampliação, no Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Botânica, do Instituto de Biologia da Universidade Estadual

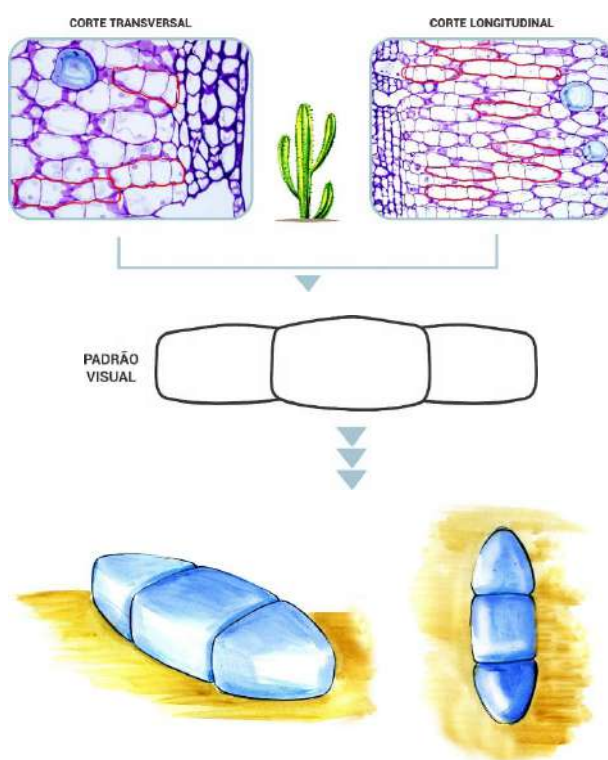
de Campinas (Unicamp), localizado em Campinas (SP), no período de novembro de 2018 a abril de 2019.

O processo analógico teve início com as informações coletadas sobre a estrutura vegetal e o funcionamento das partes das plantas. Buscou-se também novas fontes de dados sobre formas, funções, organização, princípios e processos das cactáceas analisadas. A partir da composição natural, pode-se imitar características e atributos para o desenvolvimento de produtos análogos, desde que a analogia seja definida anteriormente, como será mostrado a seguir.

Para a criação dos padrões visuais do estudo, buscou-se verificar a utilização de repetições formais, nas quais grupos de células tivessem a mesma ou aproximada forma, sendo elas agrupadas ou formadas por módulos que, unidos, viravam um grupo ou núcleo independente. O módulo é a menor extensão, que inclui todos os elementos de um grupo ou padronagem (RÜTHSCHILLING, 2008).

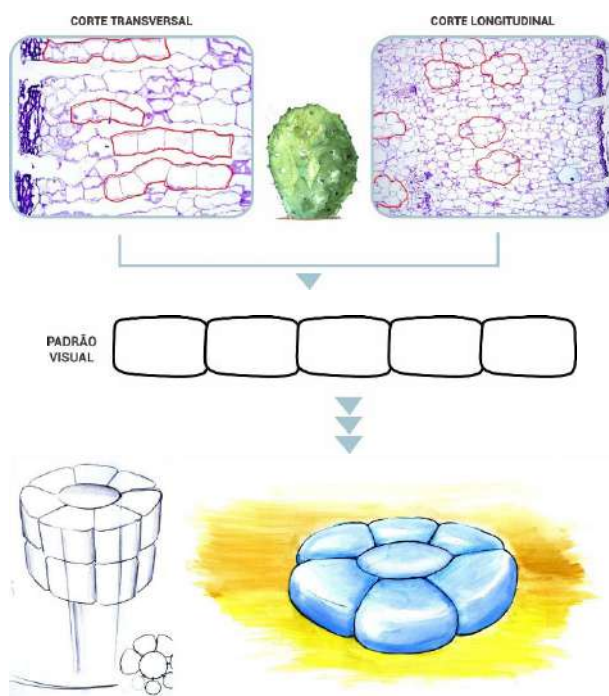
O módulo pode apresentar o formato de uma figura geométrica ou ainda ser algo amórfico. Rüttschilling (2008) relata que antes de configurar um padrão é de primordial importância o *designer* se apropriar dos conceitos referentes ao módulo e os seus sistemas de repetição. Assim, chegou-se à sequência abaixo de esboços estruturais, baseados em cada conjunto de imagens das espécies analisadas. As formas extraídas e criadas, com base nas imagens de cada planta, são apresentadas a seguir

O mandacaru gerou uma sequência de elementos, em blocos de 3 módulos, com a parte central semelhante a um retângulo e as laterais tendo suas bordas mais angulares (Figura 1).



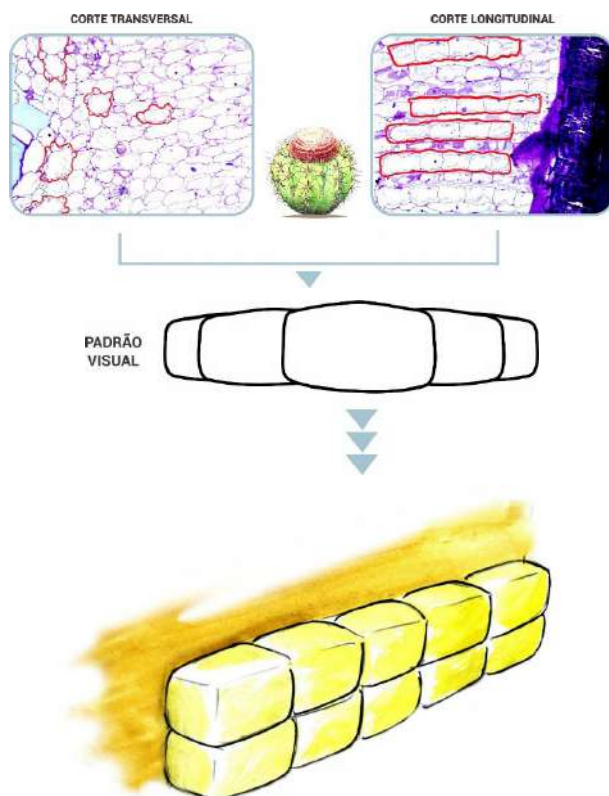
**Figura 1.** Elaboração dos estudos baseados na composição celular do mandacaru. Fonte: Melo, 2019

Na palma forrageira, os elementos repetitivos se agrupam de 5 em 5 módulos, com tamanhos aproximadamente iguais e em sequência repetitiva (Figura 2).



**Figura 2.** Elaboração dos estudos baseados na composição celular da palma forrageira. Fonte: Melo, 2019

E, por fim, a coroa-de-frade, onde pode-se observar que existem duas formações de elementos repetitivos, uma com blocos em sequência de 3 em 3 aproximadamente retangulares, e, na outra formação, a disposição das células ocorre de forma circular, semelhante ao formato de uma flor (Figura 3).



**Figura 3.** Elaboração dos estudos baseados na composição celular do a coroa de frade. Fonte: Melo, 2019

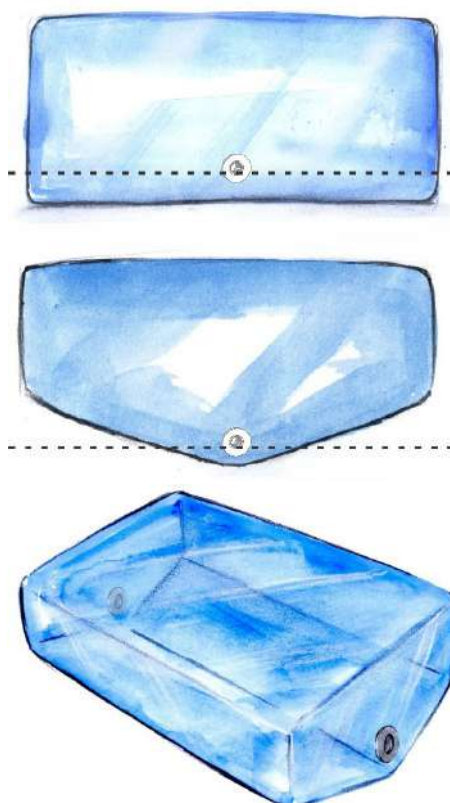
### 3.2 Modelo conceitual da tecnologia hídrica, baseado nas funcionalidades das plantas xerófilas

Com base nas fotografias laboratoriais das estruturas internas das plantas xerófilas, foi definido que seria utilizado o formato base do padrão visual da coroa de frade. Esta cactácea apresenta um sistema sequencial repetitivo, capaz de ser replicado sem muitas variações formais. A partir da definição do módulo para produção do conceito, teve início à fase projetual das partes do sistema, bem como à simulação do seu funcionamento. A Figura 4 ilustra o processo de elaboração de como funciona o sistema, a partir da montagem dos módulos.



**Figura 4.** Detalhe do funcionamento do sistema - 1: Vazio, 2: Sendo preenchido por água e 3: Totalmente cheio. Fonte: Melo, 2019.

A partir da observação do seu funcionamento, identificou-se que, pelo formato quadrangular do módulo, à medida que a água fosse abastecendo os blocos, na região abaixo da conexão entre eles, ocorreria um desperdício com um volume de água considerável, que não teria como ser pressionada para ser expelida e usada. Por essa razão, o padrão visual passou por um aperfeiçoamento técnico, tendo sido reavaliado e adicionado um vértice na base, visando aprimorar o funcionamento do sistema. Observe a representação na Figura 5.



**Figura 5.** Melhoramento na estrutura do módulo visando um melhor aproveitamento da água. Fonte: Melo, 2019.

Segundo cálculos de volume, cada módulo poderá ser capaz de armazenar até 360 litros de água (Figura 6).



**Volume total: 320 + 40 = 360 litros**

**Figura 6.** Volume do módulo projetado. Fonte: Melo, 2019

Na busca por encontrar um material que se adequasse às condições climáticas do Semiárido brasileiro, e que possuísse a resistência e capacidade de manutenção facilitada, para a construção do sistema conceitual, foi sugerido a utilização do material Etileno Tetrafluoretileno (ETFE), utilizado em projetos distribuídos pelo mundo.



**Figura 7.** Alguns exemplos de aplicação do ETFE

Um exemplo da sua utilização pode ser visto em painéis para cobrir a parte externa de grandes espaços, como o (A) Estádio Allianz Arena (em Bayern, Munique, clube de futebol alemão); o (B) Centro Aquático Nacional de Pequim, na China, cubo d'água dos jogos olímpicos de 2008; e o (C) Projeto Éden, a maior estufa do mundo, localizada na Inglaterra.

O ETFE é um plástico à base de flúor. Ele foi projetado para ter alta resistência à corrosão, em uma ampla faixa de temperatura. O filme ETFE é auto-limpante, devido à sua superfície antiaderente, e reciclável. É propenso a perfurações por bordas afiadas e, portanto, usado principalmente para telhados. Pode ser esticado (até 3x) e ainda ser dilatado, se ocorrer alguma variação no tamanho, em função, por exemplo, da expansão térmica.

Comparado com o vidro, o ETFE transmite mais luz, possui um melhor isolamento, custa de 24% a 70% menos para instalação, e é 99% mais leve. Além disso, este polímero é capaz de suportar cerca de 400 vezes o seu próprio peso, podendo ser esticado até três vezes seu comprimento, sem que haja perda de elasticidade. Ele tem uma superfície antiaderente, que resiste à sujeira (a própria chuva lava a sujeira que se acumula do lado de fora) e pode durar cerca de 50 anos.

O material é aplicado na construção de telhados e coberturas; também usado como revestimento termoplástico, em tubulações, tanques e vasos, para proteção adicional contra corrosão. Com relação à característica da membrana, ela é translúcida, monocamada, resistente ao fogo, hidrófuga (isola a umidade), de alta resistência, transparente, com controle solar; as resinas de ETFE também são resistentes à luz ultravioleta. Um teste de intemperismo acelerado, (comparável a 30 anos de exposição, quase não produziu sinais de deterioração do filme. Por ser um polímero, o material é moldável e facilmente compactado, podendo ser manuseado de forma semelhante aos colchões infláveis. É pré-fabricado e 100% reciclável.

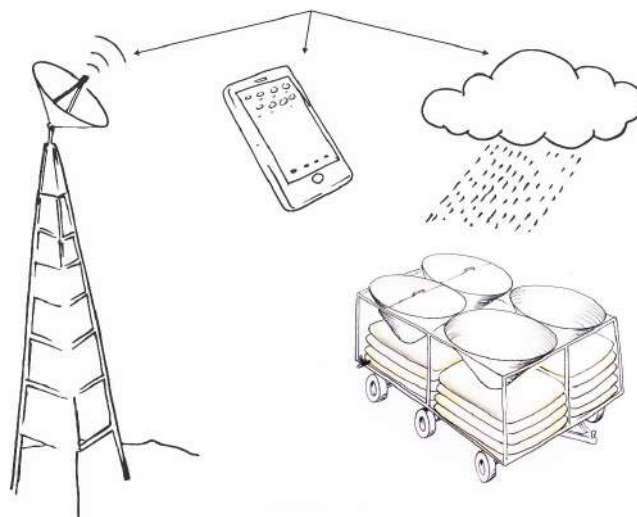
Ao contrário de plásticos potencialmente perigosos para a saúde, como o PVC, o ETFE é facilmente reciclável e de longa duração, mantendo-se em condições climáticas extremas. É rentável para produzir e tem um processo de fabricação e transporte de baixa energia, em função, em grande parte, do seu peso leve. Devido à sua elasticidade, o ETFE funciona bem em situações de desastres naturais, como terremotos, e é auto-extinguível em caso de incêndio.

Com base nos princípios funcionais de cactáceas do Semiárido, bem como nas análises formais e analógicas para criação de modelos para armazenamento de água, tornou-se viável a criação de um sistema simples, capaz de atender às demandas por água na região. Mas para que essa viabilidade seja efetiva, depende-se exclusivamente de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda (MELO, 2019).

O reservatório de água da chuva, sendo o principal componente do sistema, deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local, para dimensioná-lo corretamente, sem inviabilizar economicamente o sistema. Foi por isso que projetamos a aplicação do modelo conceitual a um sistema móvel, acoplado a um centro de informações meteorológicas, para coleta de água da chuva, exatamente nos locais onde houver previsão de precipitações.

### 3.3 Aplicações biomiméticas em um sistema móvel para captação e armazenamento de água da chuva

Com base na pesquisa realizada, foi construído e testado o protótipo de um sistema móvel de coleta e armazenamento de água da chuva (Figura 8). Abaixo, é demonstrado o funcionamento do sistema, inspirado na fisiologia celular das cactáceas analisadas, especificamente, a formação celular da coroa de frade.



**Figura 8.** Sistema móvel de captação e armazenamento de água da chuva. Fonte: Autores

O dispositivo para o sistema portátil de coleta de água da chuva, para fins potáveis, consiste de coletores, na forma de funil, que se abrem no início da chuva, de forma fácil, de simples montagem e de baixo custo. Toda a superfície de cada funil atua como coletora de água, possibilitando vazão até os módulos que armazenam a água. O sistema permite captar água da chuva, antes que chegue ao solo. O tanque possui um gancho, em sua estrutura, para ser acoplado ao meio de transporte (Figura 9).

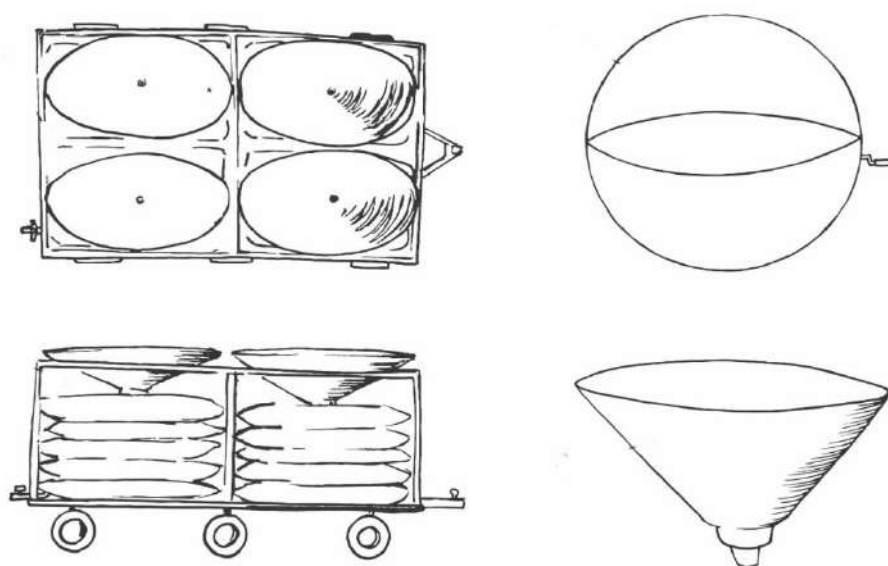


**Figura 9.** Sistema com módulos para armazenamento de água da chuva. Fonte: Autores



Na Figura 10, é apresentada a tecnologia móvel para captação e armazenamento de água da chuva, vista de cima e de lado, fabricada em ETFE, material leve, resistente, projetado para ter alta resistência à corrosão, em uma ampla faixa de temperatura (possibilidade de exposição à altos índices de insolação). O reservatório também possui aberturas para anexar os funis. Quando chove, a água passa pelo funil, escoo pelo reservatório, em formato sanfonado, portátil ou móvel, por meio de rodas fixadas ao reservatório, que vai se enchendo.

O tanque dobrável é interligado a funis, para permitir a passagem da água da chuva para armazenamento. Na tampa superior do reservatório, são montados funis de coleta de água, que possuem tampas móveis, a serem abertas somente quando a chuva se inicia. As tampas dos funis possuem duas partes, cada uma delas abre-se e fecha-se para as laterais esquerda e direita, de forma similar a um olho, conforme demonstrado na Figura 10:



**Figura 10.** Tecnologia móvel projetada de cima e de lado, além de formato dos funis. Fonte: Autores

Em regiões semiáridas, as chuvas são cada vez mais escassas e irregulares. Quando ocorrem, são em grandes volumes e de forma cada vez mais isolada. Assim, o coletor móvel de água da chuva, proposto neste artigo, proporciona mobilidade para coleta de água em áreas remotas, exatamente nos locais onde houver previsão para ocorrerem chuvas significativas. O sistema proposto atende a essas demandas, constituindo-se em um novo paradigma de tecnologia hídrica, voltada à captação e armazenamento de água, em diferentes locais, em função da sua característica de mobilidade. Por estar acoplada com funis e filtros, a cisterna móvel dispensa a existência de telhados ou outras estruturas para captação, ao mesmo tempo em que garante maior higiene e qualidade na água armazenada.

Recomenda-se que a tecnologia seja utilizada exclusivamente para coleta de água de chuva para beber, por garantir maior qualidade e salubridade da água, em níveis compatíveis com a saúde humana. O sistema será fabricado com material durável, leve, flexível e de baixo custo, em uma estrutura compacta e sanfonada, que permite mobilidade em qualquer tipo de meio de transporte (motocicletas, carros, carroças etc.). É importante considerar que grande parte da população rural do Semiárido tem hoje como principal veículo para locomoção bicicletas, motocicletas ou motonetas, facilmente adaptáveis para transportar a cisterna móvel.

A tecnologia será mais efetiva se utilizada com orientação de algum serviço de Meteorologia, utilizando dados de radares meteorológicos, que preveem a chegada das chuvas algumas horas antes. Essas informações podem ser disponibilizadas por aplicativo ou internet, de forma gratuita, garantindo maior eficiência ao sistema.

## Conclusões

A coleta de água de chuva é uma das medidas mais efetivas para resolver o problema da escassez de água, em regiões semiáridas, sobretudo pela possibilidade de armazenar o recurso hídrico para suprimento durante a seca. As tecnologias sociais adaptadas à captação e armazenamento de água da chuva na região representaram uma grande mudança de paradigma para o enfrentamento dos longos períodos de seca, especialmente desde sua democratização, no início do atual século. Porém, uma das limitações dessas inovações tecnológicas é por serem construídas, de forma fixa, em determinados locais, especialmente ao redor das residências. Frequentemente, estão em áreas onde caem menores volumes de chuvas, em função da variabilidade climática da região.

Assim, a proposta de criação de uma cisterna móvel, adaptada a um sistema de monitoramento meteorológico, em escala micro, representa uma nova solução tecnológica e sustentável para o problema da captação de água da chuva, em locais remotos e de baixos índices pluviométricos. Diferentemente das tecnologias sociais já existentes, a cisterna móvel não corresponde a uma grande estrutura rígida, colocada em um local fixo, dependente de investimentos em calhas e telhados para captar água da chuva.

A proposta de criação de uma cisterna móvel é inovadora por permitir aproveitar a água das chuvas que ocorrem em locais isolados. A tecnologia funciona como alternativa capaz de atender às necessidades de água para beber, adequadas aos níveis de potabilidade exigidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), especialmente a uma população que vive em áreas geográficas difusas da região. Pela característica de mobilidade, o sistema é capaz de criar reservas hídricas para atender pessoas, em diferentes imóveis ou áreas geográficas, de acordo com a demanda do produtor rural.

Dessa forma, utilizar princípios funcionais das plantas xerófilas da Caatinga, com base em fundamentos da biomimética, foi considerada uma estratégia eficiente para a elaboração de novas soluções tecnológicas para o enfrentamento dos impactos da seca no Semiárido brasileiro.

## Referências

- ARRUDA A. J. **Como a biônica e biomimética se relacionam com as estruturas naturais na busca de um novo modelo de pesquisa projetual**. Grupo de Pesquisa em Biodesign e Artefatos Industriais, UFPE, 2012.
- BRITO, L. T. L. et al. Tecnologias de captação, manejo e uso da água de chuva no setor rural. In: **Captação, manejo e uso de água de chuva**. Campina Grande-PB: INSA, 2015. p. 243-272.
- BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?** Lisboa-Portugal: Chiado Books, 2018. 434 p.
- GOMES, U. A. F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: um milhão de cisternas rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 623-633, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: [http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=\\_EN](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=_EN). Acesso

em: 01 abr. 2020.

LAKATOS, E. M; MARCONI M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 103 p.

MELO, W. O. **Biomimética no semiárido**: análise dos princípios funcionais das plantas xerófilas para aplicação conceitual no design de sistema de armazenamento de água. 2019. Dissertação (Mestrado em Design) – Pós-Graduação em Design, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RÜTHSCHILLING, E. A. **Design de superfície**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2008.

SANTOS, M. J.; SILVA, B. B. Análise do modelo conceitual e tecnológico do programa cisternas rurais em Sergipe. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 464-483, 2009.



# RESILIÊNCIA URBANA E BEM-ESTAR NO BRASIL: REFLEXÕES A PARTIR DOS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

César Marques<sup>1</sup>

## Introdução

A população global aumentou de 1,65 bilhão para 6,14 bilhões de pessoas durante o século passado. Em 2019, foi estimada em 7,7 bilhões de pessoas (UN, 2019a). Esse processo ocorreu pela influência direta da transição demográfica e foi muito heterogêneo entre e dentro as regiões do mundo. Em diferentes níveis e intensidades, a queda dos níveis de fecundidade, precedida pelo decréscimo da mortalidade e aumento da expectativa de vida, permitiram um crescimento populacional sem precedentes, influenciando e sendo influenciada por uma tendência central: a urbanização. Como afirma Dyson (2011, p. 35): “qualquer relato da transição demográfica que não inclua a urbanização como um de seus principais componentes está seriamente incompleto”. Nesse sentido, a compreensão sobre as mudanças na distribuição espacial da população é fundamental. Em algumas décadas as populações rurais começarão a declinar em números absolutos e a concentração da população que vive em áreas urbanas parece ser um fenômeno irreversível. As perspectivas de urbanização mundial das Nações Unidas de 2018 afirmam que 55% da população mundial vive em áreas urbanas. Além disso, espera-se que essa proporção aumente para 68% até 2050. Isso significa que o crescimento da população e o aumento da população urbana levará a um crescimento de outros 2,5 bilhões de pessoas nas áreas urbanas até 2050 (UN, 2019b).

Tal qual a dinâmica demográfica (que inclui os processos demográficos mais amplos e vão além do crescimento populacional, incluindo tendências de envelhecimento e mudança da composição populacional), a urbanização também é um processo complexo. Como tal, o urbano pode ser definido, ao menos, por três aspectos: pelo crescimento populacional da população urbana, pela expansão física das áreas urbanas ou pelo processo de transição socioeconômica e espacial (BLACKBURN; PELLING; MARQUES, 2019). Embora esses três aspectos compreendam categorias limitadas (mas importantes) de dinâmica urbana, podemos observar uma perspectiva que complexifica tais questões a partir da rejeição da suposição de dicotomia urbana e rural. Nesse sentido, rural e urbano são dois extremos de um *continuum*, em vez de duas categorias opostas e discretas (CHAMPION; HUGO, 2004)

---

<sup>1</sup> Sociólogo, mestre e doutor em Demografia (UNICAMP). Professor Permanente do programa de pós-graduação em População, Território e Estatísticas Públicas – Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE/IBGE). E-mail: cesar.m.silva@ibge.gov.br.

Assim, em termos globais podemos identificar ao menos quatro principais tendências da urbanização:

1. Claro diferencial de crescimento por regiões, com concentração do futuro aumento da população na Ásia e África, e mais especificamente nos países de renda baixa e média. O crescimento urbano mais rápido não ocorrerá no norte global, o que pode enfrentar uma diminuição da população (UN, 2019b).
2. Das cidades pequenas às megacidades, a dinâmica urbana difere em um conjunto muito amplo de tamanhos de cidades. As cidades de médio porte apresentaram um crescimento intenso desde a década de 1990 e já concentram a maioria da população em uma série de países (UN, 2019b).
3. Há grande heterogeneidade das densidades populacionais e urbanas dentre cidades. As trajetórias de expansão, expansão suburbana, peri-urbanização e compactação de cidades são centrais para a compreensão dos impactos sociais e ambientais da urbanização (HOGAN; OJIMA, 2008).
4. A governança urbana será central para “liberar o potencial de crescimento urbano” (ONU, 2007). As cidades diferem de várias maneiras (não apenas em tamanho, localização e forma), incluindo suas capacidades de melhorar a governança com base em informações e melhor uso dos recursos. No presente, as desigualdades relacionadas a gênero, educação, renda, moradia e segurança levam a um acesso desigual às oportunidades e estruturas das cidades. Uma abordagem e governança positivas, principalmente em áreas urbanas pobres e rápidas, podem levar a benefícios reais e inclusão social enquanto o crescimento urbano ocorre.

Considerando o escopo desse artigo, outro processo que recebeu maior atenção e ganhou relevância nas últimas décadas foram os desastres, com um crescimento significativo das pesquisas sobre o tema. Em termos de governança, três marcos podem ser destacados: a declaração da década de 1990 como a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais, o lançamento do Marco de Ação de Hyogo para a Construção de Resiliência em 2005, e, em 2015, a adoção do Marco de Ação de Sendai para Redução de Riscos de Desastres (UNISDR, 2005; 2015).

No Brasil, as discussões sobre o desastre também avançaram nesse período. Primeiramente, o desastre, como fenômeno: inundações, enchentes, deslizamentos e rupturas de barragens, dentre outros, ocuparam o noticiário e afetaram múltiplas áreas do país. Consequentemente, houve aumento considerável das pesquisas sobre o tema, e, além disso, instituições de Estado e de mercado o incorporaram enquanto objeto de ação e/ou intervenção. No âmbito das ciências sociais houve avanços significativos em pesquisas que concebem o desastre como um fenômeno social e, portanto, “desnaturalizado” (MARCHEZINI *et al.*, 2017). E, mesmo nesse sentido, considerando avanços e criações de instituições específicas para lidar com o tema – como o Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), uma concepção excessivamente técnica de desastre ainda permanece, o compreendendo em sua relação com as ciências naturais a partir dos fenômenos físicos a ele relacionados. Já a perspectiva das ciências humanas enfatiza o contexto mais amplo de desastres, incluindo a relação de estruturas sociais, arranjos institucionais, pressões dinâmicas e, também, o evento físico. Assim, pesquisas sobre risco, vulnerabilidade, adaptação e resiliência podem ser exploradas.

A partir de tais questões, que envolvem as dinâmicas populacionais, de urbanização e os desastres como processos inter-relacionados, discutimos aqui a resiliência e a governança urbana, particularmente a partir das expressões dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), no contexto da chamada Agenda pós-2015. Especificamente, enfatizamos as particularidades da dinâmica urbana brasileira, explorando como os conjuntos de dados, conceitos e visão de “cidades sustentáveis e resilientes” promovidas pelos ODS podem influenciar políticas no nível do país.

## Desastres e resiliência nas áreas urbanas brasileiras.

Embora a natureza ainda seja comumente retratada a partir das belezas naturais e ausência de grandes desastres pelo imaginário brasileiro, na história recente uma série de processos indicaram o contrário. Desastres relacionados a eventos hidrológicos, meteorológicos e geológicos ocorreram nas várias regiões do Brasil, tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais. Os efeitos desses fenômenos são bastante heterogêneos e, às vezes, perversos, inibindo o acesso a recursos para as pessoas afetadas.

Há uma forte tensão na conceituação do desastre, que ocorre em uma arena de conflitos e disputas. Propostas com noções mais técnicas o definem como um sério distúrbio na sociedade que envolve grandes perdas humanas, materiais ou ambientais (UNISDR, 2009). Contudo, não são eventos naturais. Contrastando esse rótulo, há uma perspectiva que coloca o risco de desastre como uma relação mais complexa entre vulnerabilidade, riscos e perigos (WISNER; GAILLAR; KELMAN, 2012). Os desastres não devem ser entendidos como uma exceção aos estados socioecológicos normais, mas como consequências necessárias decorrentes da organização de estruturas e processos sociais, cuja aparência mais visível são as condições de insegurança às quais os grupos sociais mais vulneráveis estão expostos (MARCHEZINI; WISNER, 2017).

Assim, o primeiro ponto necessário para uma compreensão mais efetiva do desastre está na sua conceituação, discutindo como ocorre sua produção e relativizando as atribuições naturais ou sobrenaturais geralmente atribuídas a ele. Nesse caso, é necessário diferenciar o fenômeno natural do desastre. Se o primeiro tem um componente “natural” mais claro, o segundo é construído socialmente, ou seja, o desastre não é natural (ROMERO; MASKREY, 1993). Nesse contexto, a pesquisa de desastres baseada no mapeamento de riscos pode ser definida por suas limitações, pois geralmente tende a localizar áreas de risco com moradores pobres (VALENCIO, 2012). Eles são, de fato, parte de uma narrativa institucional que explica desastres de maneira simplista, formulando que há um ‘dia de desastre’, que é um desastre natural e que a normalidade deve ser perseguida.

A perspectiva sociológica coloca que os desastres estão relacionados a fenômenos naturais, mas substancialmente são construções sociais. Nesta visão, inclui-se uma série de questões de desastre, como a complexidade causal, o caráter sistêmico e o processo de ruptura social (ROMERO; MASKREY, 1993; WILCHES-CHAUX, 1993; RIBEIRO, 1995; VALENCIO, 2009; OLIVER-SMITH, 2017). A compreensão sociológica leva ao desastre através de interpretações da estrutura e da dinâmica social de maneira multidimensional e multi-escalar, com ênfase no papel do Estado e de suas instituições, que, como o território físico, o meio ambiente e as populações, também possuem graus de vulnerabilidade para lidar com fenômenos chamados desastres. Nesse sentido, é certamente importante analisar os múltiplos aspectos da gênese dos riscos e desastres: geomorfologia, economia, política e demografia, entre outros.

Em resumo, uma definição de desastre que parece ser fértil e usada aqui lida com a sua ocorrência em relação a eventos de risco que trazem impactos extremos a situações de vulnerabilidade social e ambiental, afetando ou comprometendo a reprodução social das pessoas afetadas. Sua ocorrência não depende necessariamente de um risco extremo, mas das condições de vulnerabilidade e resiliência, onde os impactos e as capacidades de recuperação serão desigualmente distribuídos, uma vez que diferentes setores de atividade e populações não são afetados da mesma maneira nem têm as mesmas condições para lidar com desastres. Kelman (2020) vai além, debatendo como o desastre é um processo de longo prazo (e não aquele evento de curta duração, de alguns minutos, horas ou dias), feito a partir de escolhas que negaram o uso da política, do conhecimento e dos recursos para que os mesmos não ocorressem.

Nesse âmbito, Oliver-Smith *et al.* (2017) argumenta que é fundamental observar as causas básicas dos desastres, indo além do foco na gestão de desastres e na resposta a emergências, com um entendimento profundo dos riscos associado aos modelos de desenvolvimento que possam romper com a lógica dominante, baseada no paradigma de resposta. Haveria outra direção para a pesquisa que tratasse efetivamente da minimização do “círculo vicioso de falta de prevenção, aumento de perdas futuras e, conseqüentemente, aumento da demanda por resposta” (OLIVER-SMITH *et al.* 2017, p. 99-100).

Um dos conceitos que ganharam destaque nessa análise foi o de resiliência, com paradigmas originados em várias disciplinas, como física, ecologia, psicologia, economia e ciências sociais. Desde a pesquisa seminal de Holling (1973) o conceito foi amplamente disseminado e ressignificado. Está presente tanto nas pesquisas sobre desastres (MANYENA, 2006) como nos estudos urbanos (MEEROW *et al.*, 2016; MEEROW; NEWELL, 2019). Atualmente, é relativamente consolidado e amplamente utilizado, como mostra o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, que traz a necessidade de “Tornar cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ONU, 2015).

Em termos gerais, a resiliência tem sido entendida como a capacidade de recuperar certos sistemas diante de perigos desencadeados por riscos variados (JOHNSON; BLACKBURN, 2014; UNISDR, 2005). No escopo da resiliência urbana, o conceito tem sido utilizado principalmente para descrever um tipo ideal de urbano, onde é possível suportar desastres e os impactos diretos e indiretos das mudanças climáticas (JOHNSON; BLACKBURN, 2014), mas também quanto aos significados de lidar com diferentes riscos e melhoria das condições anteriores (PENDAL; FOSTER; COWELL, 2010). Para Cutter *et al.* (2008), contribui para essa disseminação seu caráter positivo e proativo sobre o gerenciamento de desastres, enquanto termos como vulnerabilidade, riscos e desastres teriam conotação negativa.

Contudo, as visões sobre resiliência incluem paradigmas bastante contraditórios. Problematizações mais amplas e críticas (MEEROW; NEWELL, 2019; KAICA, 2017) estão presentes juntamente com perspectivas institucionais. Assim, o atributo da resiliência como algo desejável depende fundamentalmente de sua definição. Uma visão de resiliência como o retorno ao estado anterior, por exemplo, é necessariamente perversa, pois significa um retorno à própria condição que deu origem à vulnerabilidade (KLEIN; NICHOLLS; THOMALLA, 2003). Nesta ênfase, a resiliência permite a reprodução da condição de vulnerabilidade que levará a novos desastres.

No entanto, o desenvolvimento de pesquisas sobre resiliência trouxe novas perspectivas. A ressignificação da sua abordagem alterou sua ênfase, do resultado para o processo que gera o resultado desejado (MANYENA, 2006). Nesse sentido, a adaptabilidade e a abertura ao lidar com a mudança, e não a estabilidade, fazem parte da construção da resiliência. Os sistemas estáveis podem ser potencialmente pouco resilientes, pois não passam pelos processos de mudança apropriados (NORRIS *et al.*, 2008). Essa visão enfatiza que a mudança é vista como inevitável e o processo de resiliência fortalece a capacidade de antecipar e aprender com as adversidades contextuais. Contudo, essa discussão é aberta e não resolvida, especialmente à luz das definições de resiliência das políticas globais (JOHNSON; BLACKBURN, 2014).

A resiliência a desastres não é um simples retorno ao estado anterior (FOLKE, 2006), ou a capacidade dos ecossistemas e sociedades de absorver mudanças e persistir com os mesmos relacionamentos (HOLLING, 1973), mas um processo social que se conecta em diferentes momentos de tempo (referindo-se a desastres) uma série de recursos e capacidades, resultando em uma adaptação que alcança o bem-estar. Não significa resistência e aptidão para retornar, mas a busca de adaptação a

mudanças que permitam a reprodução social, e não a reprodução de desigualdades (MARQUES, 2014). Como Meerow e Newell (2019) argumentam, a política da resiliência deve reconhecer a importância de perguntar: resiliência a quem, para quem, para quem, onde, quando e por que, enfatizando como as diferentes visões dos atores levam à distintas prioridades urbanas.

Sinteticamente, alguns dos principais avanços que a perspectiva da resiliência permite seriam a integração das dimensões físicas e sociais dos estudos de risco e desastre, juntamente com uma visão do futuro, onde as ações são direcionadas para permitir escolhas apropriadas sobre as maneiras pelas quais lidar com desastres são fortalecidos. Esses elementos evitariam reforçar práticas puramente reativas (práticas comuns no gerenciamento de desastres), permitindo uma ênfase maior nas capacidades da própria comunidade para mitigação e preparação para emergências.

Um dos resultados do desenvolvimento e consolidação de teorias relacionadas a resiliência no discurso global (considerando a pesquisa e a política urbana) foi o desenvolvimento de indicadores de resiliência. Como um processo multidimensional, conhecê-la através de indicadores requer agregar variáveis que buscam a tradução de múltiplos processos. Se globalmente tais iniciativas já existem, no Brasil ainda são incipientes. Pouco progresso foi feito em estudos que relacionam características sociais e demográficas à resiliência, especialmente no contexto latino-americano. Algumas das experiências que podem ser citadas são a Resilience Alliance, o programa TURAS - Transitioning towards Urban Resilience and Sustainability, o projeto sobre Cidades Resilientes do ICLEI, a ACCCRN - Asian Cities Climate Change Resilience Network, e o programa BRR - "Building Resilient Regions", sediado na Universidade de Berkeley.

## Governança urbana global

A resiliência urbana entrou nas agendas das agências internacionais como parte da governança da urbanização, em áreas como adaptação às mudanças climáticas e redução de riscos de desastres (ARUP, 2014), fazendo parte de uma prioridade de segurança e sustentabilidade (COAFFEE, 2008). A ênfase nesse conjunto de conceitos principais promove uma maneira específica de governança. É o caso da Nova Agenda Urbana (NAU) e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A NAU, aprovada em 2016, é resultado das discussões em torno da Habitat III, conferência promovida pelas Nações Unidas no mesmo ano, em Quito (ONU, 2016). O documento é amplo e ao mesmo tempo em que traz temas do direito à cidade, fomenta uma visão de *smart cities* que utilizariam tecnologias de informação e comunicação na gestão e planejamento. Também consolida uma visão integrada entre cidade e ambiente, incluindo temas relacionados a redução e gestão de risco de desastres, a vulnerabilidade, resiliência e adaptação/mitigação de mudanças climáticas. Contudo, a NAU teria uma visão de um mundo exclusivamente urbano, com pouco pensamento sobre as causas estruturais das dinâmicas excludentes e desiguais em habitação e urbanização (HIC, 2016). Essa seria uma agenda genérica, com ausência de compromissos de quando, como, quem e com qual recurso financeiro; que lida com os temas de direito à cidade como um inventário de direitos, e não como um direito indivisível, coletivo e difuso; com referências excessivas à competitividade e criação de ambientes propícios para os negócios; quase ausência do tema das remoções e seguridade de posse de moradia e terra; visão limitada e contraditória do espaço público, deixando de lado uma grande parte dos equipamentos e projetos autogestionados; e uma visão mercantilista da cidade, com valorização da propriedade privada como resultado positivo da criação de espaços públicos (BALBIM, 2017; HIC, 2016; ALFONSIN, 2017).



Já nos ODSs, especificamente sua meta 11, reconhece a necessidade de “tornar cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”. A resiliência urbana já foi enquadrada e promovida em escala global como um conceito influente para políticas e atores urbanos (LEITNER *et. al.*, 2018). No entanto, considerar a resiliência como algo desejável depende fundamentalmente de sua definição, conforme discutido. A resiliência como retorno a uma condição anterior é possivelmente indesejada, já que significa um retorno à própria condição que deu origem à vulnerabilidade a desastres. Ou seja, a resiliência permite a reprodução de condições de vulnerabilidade que provavelmente levarão a novos desastres. Caso seja esse o caso, serão recorrentes as vozes que rebatem o conceito, lutando pelo sua negação. Essa é a dinâmica debatida por Kaika (2017) através da fala “*don’t call me resilient again!*”, destacando a importância de práticas e políticas baseadas na comunidade que fazem parte de mudanças mais amplas, onde a própria necessidade de criar resiliência é revista. Dessa forma, há uma ênfase na construção social do risco e do desastre, e não na sua redução. Essa seria uma visão intrinsecamente ligada a uma noção de justiça, evitando o uso da resiliência como atributo relacionado a designação de grupos sociais, geralmente vulnerabilizados e marginalizados, para obediência e responsabilização individual, que fomentam a estigmatização desses como populações resistentes, ociosas ou supersticiosas (JEROLLEMAN, 2019).

Em outros termos, se a resiliência é desejada, ela deve se concentrar no bem-estar e não na reconstrução de sociedades desiguais. Considerando que o bem-estar inclui múltiplas dimensões, tanto coletivas como subjetivas, e que em assentamentos humanos e espaços urbanos essas estão relacionadas a participação, engajamento, acesso, identidade e segurança (financeira, social e ambiental) (SHEKHAR; SCHMIDT; WEHLING, 2019), a resiliência deve ser observada a partir de uma relação sinérgica com tais elementos.

No entanto, os ODSs estão estabelecidos. É a agenda mais ampla para questões socioambientais. Se a inclusão de uma perspectiva de resiliência e sustentabilidade em relação à urbanização representa um passo à frente no reconhecimento do papel e da importância global das cidades e das questões ambientais, é crítico que tenhamos uma melhor compreensão do significado de cada um desses termos e, especificamente, da resiliência.

Para tal, um exercício feito aqui é o de examinar o conjunto de definições e indicadores globais adotados pelos ODS e refletir sobre como fundamentará as políticas com uma direção específica para as relações urbano-ambiente. A Tabela 1 baseia esse exercício, reunindo a classificação dos indicadores do ODS 11 de acordo com o desenvolvimento metodológico e a disponibilidade dos dados publicada pelo “*Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators*” (IAEG-SDGs). Embora os ODSs tenham grande sinergia, nesse exercício focamos apenas nesse ODS específico, já que o mesmo trata exclusivamente das cidades.

Para a construção da Tabela 1 incluímos a proposta de revisão dos indicadores de 2019, submetida a reunião da Comissão Estatística das Nações Unidas em março de 2020. Os indicadores estão classificados em três níveis: I (indicador claro, possui metodologia estabelecida internacionalmente e dados com produção regular), II (indicador claro, com metodologia internacionalmente reconhecida, mas sem produção regular de dados) e III (nenhuma metodologia internacional disponível para o indicador). Dado que a revisão mais atual ainda não possui tradução usada oficialmente, optamos por manter a versão em língua inglesa.

**Tabela 1.** Metas, indicadores e classificação em *Tiers* para o ODS 11, segundo proposta inicial e reclassificação em 2020.

Objetivos e metas	Indicadores	Tier Proposto	Tier reclassificado (2020)
11.1 By 2030, ensure access for all to adequate, safe and affordable housing and basic services and upgrade slums	11.1.1 Proportion of urban population living in slums, informal settlements or inadequate housing	I	I
11.2 By 2030, provide access to safe, affordable, accessible and sustainable transport systems for all, improving road safety, notably by expanding public transport	11.2.1 Proportion of population that has convenient access to public transport, by sex, age and persons with disabilities	II	II
11.3 By 2030, enhance inclusive and sustainable urbanization and capacity for participatory, integrated and sustainable human settlement planning and management in all countries	11.3.1 Ratio of land consumption rate to population growth rate	II	II
	11.3.2 Proportion of cities with a direct participation structure of civil society in urban planning and management that operate regularly and democratically	III	II
1.4 Strengthen efforts to protect and safeguard the world's cultural and natural heritage	11.4.1 Total expenditure (public and private) per capita spent on the preservation, protection and conservation of all cultural and natural heritage, by type of heritage (cultural, natural, mixed and World Heritage Centre designation), level of government (national, regional and local/municipal), type of expenditure (operating expenditure/investment) and type of private funding (donations in kind, private non-profit sector and sponsorship)	III	II
11.5 By 2030, significantly reduce the number of deaths and the number of people affected and substantially decrease the direct economic losses relative to global gross domestic product caused by disasters	11.5.1 Number of deaths, missing persons and directly affected persons attributed to disasters per 100,000 population	II	II
	11.5.2 Direct economic loss in relation to global GDP, damage to critical infrastructure and number of disruptions to basic services, attributed to disasters	II	II
11.6 By 2030, reduce the adverse per capita environmental impact of cities, including by paying special attention to air quality and municipal and other waste management	11.6.1 Proportion of municipal solid waste collected and managed in controlled facilities out of total municipal waste generated, by cities	II	II
	11.6.2 Annual mean levels of fine particulate matter (e.g. PM2.5 and PM10) in cities (population weighted)	I	I
11.7 By 2030, provide universal access to safe, inclusive and accessible, green and public spaces, in particular for women and children, older persons and persons with disabilities	11.7.1 Average share of the built-up area of cities that is open space for public use for all, by sex, age and persons with disabilities	II	III
	11.7.2 Proportion of persons victim of physical or sexual harassment, by sex, age, disability status and place of occurrence, in the previous 12 months	III	II
11.a Support positive economic, social and environmental links between urban, peri-urban and rural areas by strengthening national and regional development planning	11.a.1 Number of countries that have national urban policies or regional development plans that (a) respond to population dynamics; (b) ensure balanced territorial development; and (c) increase local fiscal space	Revisão de disponibilidade de dados pendente	

continua

continuação

11.b By 2020, substantially increase the number of cities and human settlements adopting and implementing integrated policies and plans towards inclusion, resource efficiency, mitigation and adaptation to climate change, resilience to disasters, and develop and implement, in line with the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030, holistic disaster risk management at all levels	11.b.1 Number of countries that adopt and implement national disaster risk reduction strategies in line with the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030	III	II
	11.b.2 Proportion of local governments that adopt and implement local disaster risk reduction strategies in line with national disaster risk reduction strategies	II	II
11.c Support least developed countries, including through financial and technical assistance, in building sustainable and resilient buildings utilizing local materials	11.c.1 Proportion of financial support to the least developed countries that is allocated to the construction and retrofitting of sustainable, resilient and resource-efficient buildings utilizing local materials	III	Indicador excluído

Fonte: IAEG-SDG. Disponível em: [https://unstats.un.org/sdgs/files/Tier%20Classification%20of%20SDG%20Indicators\\_17%20April%202020\\_web.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/files/Tier%20Classification%20of%20SDG%20Indicators_17%20April%202020_web.pdf). Último acesso em 14 de maio de 2020.

Embora resumir a visão subjacente aos objetivos do ODS 11 sobre o que seriam cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis seja uma tarefa difícil, nos parece que essas podem ser colocadas nos pontos a seguir. Nelas, seriam ausentes favelas e assentamentos informais e haveria acesso conveniente ao transporte público. Seriam cidades compactas, com participação regular e democrática da sociedade civil no planejamento urbano, com financiamento para proteger o patrimônio cultural e natural, com menos riscos de desastres. Mesmo que ocorram desastres, a tendência seria de que esses afetassem cada vez menos pessoas e gerassem menos perdas econômicas. Haveriam sistemas de esgoto regulares e adequados e a melhor qualidade do ar possível. Haveria acesso universal a espaços verdes e públicos de qualidade. Concluindo, também haveria um papel importante da assistência financeira e técnica internacional na construção de edifícios sustentáveis, resilientes e eficientes em termos de consumo de recursos.

A primeira vista, em termos gerais, esse tipo de definição ideal para as cidades parece ser bastante razoável. No entanto, é possível ou realmente desejável? Além disso, o conjunto específico de indicadores dos ODSs é capaz de promover esse tipo de cidade? Nossa resposta é que essa ideia específica de resiliência é insuficiente para alcançar um aumento real do bem-estar e da capacidade de lidar com as mudanças. Há uma falta de considerações sobre os contextos locais de resiliência urbana, falta de vínculos entre indicadores e metas nos ODS, bem como limites dessa estrutura e indicadores para induzir mudanças efetivas na desigualdade, habitação e urbanização.

Nessa direção, a discussão que Wisner (2020) realiza sobre a implementação dos Marcos de ação de Hyogo (2005-2015) e de Sendai para Redução dos Riscos (2015-2030) possui paralelos com as possibilidades dos ODSs nos campos de desastres e urbanização, dada o alinhamento e coerência de iniciativas no contexto das agendas Pós-2015. Nesse argumento, a conclusão é que esses marcos falharam em lidar com as causas básicas dos desastres, que estão na raiz desses eventos. Adicionalmente, os cenários de mudança climática mais recentes (ALLEN *et al.*, 2019) demandam que as transformações necessárias para evitar o aumento dos riscos e ainda maior marginalização deverão ser feitas de modo rápido e integrado. Assim, tanto as agências internacionais (Wisner enfatiza o papel da *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*) como governos locais devem assumir um protagonismo de liderança que seja efetivo, em conjunto e com a sociedade civil e amplificando seu papel, buscando um papel mais profundo de liderança baseado nos direitos e na justiça.

Considerando esses aspectos, no próximo item são colocadas algumas questões para o caso brasileiro, buscando um diálogo entre resiliência, urbanização e governança.

### Algumas reflexões sobre o caso brasileiro

O processo de urbanização no Brasil é exemplar em relação às dificuldades de monitoramento e implementação de ODS. O Brasil é um país extremamente desigual, em que a urbanização ocorreu muito rápida e extensivamente, alterando forças produtivas, relações de trabalho e ampliando desigualdades (85% da população do país vive nas cidades). Em 2015, os 10% mais ricos concentravam 35 vezes a renda dos 10% mais pobres (VILLELA; MARQUES, 2018) e o índice de Gini era de 0,5. No mesmo ano o déficit habitacional total foi estimado em mais de 6 milhões de unidades habitacionais, ou 9,0% do total de residências existentes (FJP, 2018). Em alguns grandes centros, como o Rio de Janeiro, mais de 20% de sua população vive em favelas.

Essa configuração produziu um sistema de cidades heterogêneo, com segregação e generalização de periferias precárias. A continuidade e a perpetuação da desigualdade social brasileira nas áreas urbanas, aliadas a uma atitude anti-urbana, carente de planejamento e governança proativa em relação à transição urbana, influenciaram para o cenário atual de uma urbanização muito precária.

Nesse contexto, problematizamos quatro questões da agenda implicada pelo ODS 11, que limitam sua especificidade, mensurabilidade e aderência em relação às dinâmicas urbanas do país. Para tal são consideradas as diversas fontes de dados em uso para sua mensuração, e especificamente a Plataforma “Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”<sup>2</sup>.

O primeiro ponto é relativo aos dados. Globalmente, apenas 2 dos 14 indicadores (ou 14,3%) para o ODS 11 possuem produção regular de dados e metodologia definida. O Brasil conseguiu avançar em relação a tal produção além do quadro global, produzindo 4 indicadores. Contudo, o contexto recente não seria de mudanças na produção, considerando que muitas das informações seriam passíveis de desagregação, inclusive no nível municipal.

Nesse campo, a probabilidade de avanços é muito baixa. A revisão mais recente do IAEG-SDG logrou eliminar indicadores classificados como TIER III, mas deixa claro que as incertezas são grandes. A reclassificação define que o próprio conceito de cidades ainda está com definição pendente. Em outro caso, as metas que tratam de suportes ao desenvolvimento estão sem indicadores. É o caso da meta 11.a, que trata do apoio à construção de planos regionais e nacionais de desenvolvimento relacionados às áreas urbanas, peri-urbanas e rurais, e da meta 11.c, que trata do suporte financeiro e técnico aos países menos desenvolvidos na construção de áreas sustentáveis e resilientes. Em ambas, não há indicador. Ou seja, pode-se considerar que a construção sustentável e resiliente é fundamental no ODS 11, mas ainda não há como acompanhar sua implementação. Assim, o quadro geral dos dados para o monitoramento de uma agenda, cinco anos após sua implementação e 10 anos antes do seu horizonte final, pode apenas construir dois indicadores em nível global: a proporção de população vivendo em moradias inadequadas (indicador 11.1.1) e os níveis médios anuais de material particulado fino nas cidades (11.6.2). E, mesmo nesses, incertezas com relação a qualidade e continuidade da produção dos dados não pode ser desconsiderada. No Brasil, os cálculos sobre déficit habitacional foram produzidos a partir das PNADs até 2015, quando pararam de ser atualizados. Já a mensuração de domicílios em favelas (classificados como domicílios em aglomerações subnormais pelo IBGE) é feita nos Censo Demográficos, que são decenais.

Outro aspecto importante diz respeito às recentes crises econômicas e políticas do país, que se somam a crise da pandemia causada pela Covid-19, colocando dificuldades fiscais e operacionais para a produção de dados. O Censo Demográfico 2020 (uma das principais fontes de dados para estatísticas urbanas para os municípios) teve seu projeto alterado significativamente em 2019, com uma redução no questionário. Esse foi um processo controverso, com disputas sobre a validade e eficácia da medida. Contudo, a adoção de questionários curtos visando a garantia de cobertura e qualidade da coleta das informações por sexo e idade da população (aprimoramento da cobertura do censo e da qualidade dos dados) segue recomendação das Nações Unidas (UN, 2017). A questão, nesse caso, reside em definir outras metodologias e fontes de dados que possam suprir tais ausências, inclusive para monitoramento dos ODS. Já nesse ano, como em diversos países, o Censo foi prorrogado dada a pandemia do Covid-19, que tem afetado a produção de estatísticas em todo o globo, seja com prorrogação de Censos Demográficos, seja com a produção de estatísticas públicas de forma mais ampla<sup>3</sup>. Nesse contexto, a promoção de um tipo de urbano, com ausência de dados, é severamente afetada.

A segunda questão é relacionada aos aspectos da resiliência urbana ressaltados pelas práticas e literatura, que indicam alguns pontos centrais das políticas que não são totalmente considerados no contexto dos ODS. Isso inclui a estrutura institucional do município, a existência de múltiplos tomadores de decisão e atores, a necessidade de financiamento para reduzir o risco de desastres (e não apenas para lidar com o efeito de desastres), a melhoria das condições de habitação e infraestrutura e a consideração dos contextos locais, entre outros. Alguns desses elementos estão presentes no ODS 11, embora tangencialmente, enquanto outros não estão incluídos. O que também preocupa é que alguns desses tópicos sejam muito bem expressos em metas, mas não incluídos em indicadores. Nesse caso, os ODS, ao menos em relação à dinâmica urbana, são mais uma carta de intenções do que um compromisso efetivo com a resiliência e a sustentabilidade. Ressalta-se que a própria natureza dos ODS não dará respostas cruciais à resiliência urbana, como resiliência para quem ou onde.

Além disso, há um problema de aderência entre metas e indicadores, que são observados em diferentes graus. O indicador 11.1, por exemplo, tenta definir o conceito muito heterogêneo de moradia adequada. Nesse caso, é possível definir uma medida global? Algumas das principais limitações desses indicadores são a equalização de favelas e precariedade, bem como a falta de critérios para avaliar a adequação, conforto e segurança da moradia. Nem toda habitação nas favelas é necessariamente precária. No Brasil, além da infraestrutura precária das favelas, uma construção social de estigmas negativos em torno de seus habitantes tem sido crucial para sua exclusão. Além disso, a redução percentual da população que vive em favelas não garante um aumento da resiliência. Por exemplo, a remoção da população em áreas de risco pode 'melhorar' o resultado dos indicadores, além de atuar como um gatilho para o rompimento dos laços sociais e comunitários com as atividades de subsistência.

Os indicadores também não capturam melhorias na urbanidade das favelas. Mesmo ao analisar os indicadores expandidos, presentes em outros objetivos, as medidas incluem apenas o acesso ao saneamento e à eletricidade. A própria noção de qualidade urbana da meta é abstrata.

A terceira questão é que, como um conceito típico de modernidade reflexiva (BECK, 1992; GIDDENS, 1990), a resiliência é constantemente repensada por práticas e concepções. Este é certamente outro elemento de complexidade para a definição de indicadores. Também é importante observar que a busca por segurança preconizada pelo termo, especialmente a busca por segurança no mundo da alta modernidade, é extremamente limitada. A segurança ontológica, que diz respeito às possibilidades de

reprodução de identidades e um bem-estar real, é confrontada pela proliferação de riscos criados pela própria modernidade. Os riscos do totalitarismo, guerras em larga escala e colapso ecológico ameaçam constantemente as possibilidades de promover a resiliência.

Um quarto ponto diz respeito à ligação entre resiliência e sustentabilidade. O segundo é certamente fundamental para a promoção do primeiro. As situações crônicas de vulnerabilidade e risco se devem a um desequilíbrio nas relações entre sociedade e natureza e, portanto, a promoção da sustentabilidade tende a gerar também a promoção da resiliência.

O ODS 11 apresenta uma concepção interessante, relacionando inclusão, sustentabilidade, resiliência e segurança em uma única perspectiva. Essa abordagem agrega questões da literatura, especificamente sobre resiliência urbana. Nesse caso, considerar a resiliência além da questão de riscos e desastres é interessante, incluindo dinâmica institucional e social. Além disso, os ODS poderiam levar os governos a buscar alguns objetivos universais, independentemente de opções ou pontos de vista políticos. As metas e objetivos expressos nos ODS podem ser particularmente importantes como um acordo social com um bem-estar geral e mínimo. No Brasil contemporâneo, por exemplo, onde as políticas do estado de bem-estar social estão sendo reduzidas, os ODS poderiam oferecer algumas direções que seriam ainda mais difíceis ao diminuir os esforços e pressões internacionais.

No entanto, a conexão entre produção de dados, geração de indicadores e cumprimento de metas tem alguns limites. Alguns dados são difíceis de obter e exigirão um esforço maior, tanto para a coleta quanto para a sistematização. Por outro lado, muitos dos dados já disponíveis basearão a construção de indicadores, mesmo que eles não expressem adequadamente até os objetivos que representam.

O caso brasileiro ilustra como alguns indicadores de resiliência não são específicos e mensuráveis, além da baixa adesão à sua realidade. Embora as partes interessadas locais e os atores governamentais tomem a resiliência como principal objetivo do planejamento urbano, a promoção dessa ideia específica de resiliência tem alguns limites para alcançar um aumento real do bem-estar e da capacidade de lidar com as mudanças.

Concluindo, as questões sobre as relações entre ODSs e a resiliência urbana ainda estão em aberto, e a década de 2020 será central para sua promoção e monitoramento. Com isso, as questões que ressaltamos no contexto do país são:

1. Considerando as tendências políticas atualmente no Brasil, como os ODS podem ser reforçados? Qual o papel dessa estrutura para induzir mudanças efetivas na desigualdade, moradia e urbanização nas cidades brasileiras?
2. Considerando as necessidades de dados no nível dos municípios, como os atores locais podem se comprometer com o monitoramento dos ODS? No contexto de restrições fiscais para produção de dados, seria mais adequado garantir a produção dos dados historicamente consolidados e ainda relevantes, e não defender a produção de novos indicadores?
3. No atual estágio de transição urbana, o Brasil possui um alto nível de desigualdade e espaços urbanos precários. Considerando a transição demográfica, o país enfrenta um processo avançado de envelhecimento e, mais uma vez, desigualdades entre os indicadores. Nesse contexto, que dimensões da resiliência urbana poderiam ser enfatizadas pela sociedade civil e pelos governos?
4. Dada a heterogeneidade das áreas urbanas e das características dos desastres no país, é interessante focar em indicadores e práticas que respondam a tais dinâmicas. Nesse sentido, sistemas de indicadores pensados em relação às especificidades locais e regionais, com maior aderência a tais contextos, podem ensejar a resiliência. Assim, quais seriam as possibilidades de implementação, no âmbito do planejamento, de alternativas que visem a construção da resiliência urbana nesse contexto?

## Notas

2 Disponível em <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em 07 de maio de 2020.

3 Mais informações podem ser acessadas em <https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/census/COVID-19/> e <https://covid-19-response.unstatshub.org/>. Último acesso em 13 de maio de 2020.

## Referências

- ALFONSIN, B. de M. et al. Das ruas de Paris a Quito: o direito à cidade na nova agenda urbana - Habitat III. **Revista de Direito da Cidade**, v. 9, n. 3, p. 1214-1246, jul. 2017. ISSN 2317-7721.
- ALLEN, M. ET AL. **Aquecimento global de 1,5°C**: sumário para formuladores de políticas públicas. Brasol, IPCC, 2019.
- ARUP. **City resilience index**: city resilience framework. Londres: Ove Arup & Partners International Limited, 2014.
- BALBIM, R. A geopolítica das cidades e a nova agenda urbana. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 17, 2017.
- BECK, Ulrich. **Risk society**: towards a new modernity. Londres: Sage Publications, 1992.
- BLACKBURN, S.; PELLING, M.; MARQUES, C. Megacities and the cost: global context and scope for transformation. In: WOLANSKI, E.; DAY, J. W.; ELLIOT, M.; RAMACHANDRAN, R. **Coasts and estuaries**: the future. Cambridge: Elsevier, 2019. Cap. 38, p. 661-669.
- COAFEE, Jon. Risk, resilience, and environmentally sustainable cities. **Energy Policy**, v. 36, n. 12, p. 4633-4638, 2008.
- CUTTER, S.; BARNES, L.; BERRY, M. et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 4, p. 598-606, 2008.
- CHAMPION, T., HUGO, G. Introduction: moving beyond the urban-rural dichotomy. In: Champion, T., Hugo, G. (Eds.). **New Forms of Urbanisation: Beyond the Urban-Rural Dichotomy**. Ashgate, Aldershot, Hants, 2004. p. 3-24.
- DYSON, Tim. The Role of the Demographic Transition in the Process of Urbanization. **Population and Development Review**, n. 37, p. 34-54, 2011.
- FJP. **Déficit habitacional no Brasil 2015**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, Diretoria de Estatística e Informações, 2018.
- FOLKE, Carl. Resilience: The emergence of a perspective for social: ecological systems analyses. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 253-267, 2006.
- GIDDENS, Anthony. **The consequences of modernity**. Polity Press, 1990.
- HIC. **Statement at Habitat III**: Toward a Human Rights Habitat. Quito, 2016. Disponível em: [http://www.hlrn.org/img/documents/Habitat\\_III\\_Statement.pdf](http://www.hlrn.org/img/documents/Habitat_III_Statement.pdf). Acesso em: 14 maio 2020.
- HOGAN, D.J.; OJIMA, R. Urban sprawl: a challenge for sustainability. In: MARTINE, G.; et al. (eds.) **The New Global Frontier**: urbanization, poverty and environment in the 21st century. London: Earthscan, p.203-216, 2008.
- HOLLING, C.S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 1973.
- JEROLLEMAN, A. **Disaster recovery through the lens of justice**. Cham, Switzerland: Palgrave Pivot, 2019.
- JOHNSON, C.; BLACKBURN, S. Advocacy for urban resilience: UNISDR's Making Cities Resilient Campaign. **Environment and Urbanization**, v. 26, n. 1, p. 29-52, 2014.
- KAIKA, M. "Don't call me Resilient Again!" The new urban agenda as immunology ... or what happens when communities refuse to be vaccinated with 'smart cities' and

- indicators. **Environment and Urbanization**, v. 29, n. 1, p. 89–102, 2017. DOI: 10.1177/0956247816684763.
- KELMAN, I. **Disasters by choice: How our actions turn natural hazards into catastrophes**. Oxford University Press, 2020.
- KLEIN, R.; NICHOLLS, J.T.; THOMALLA, F. Resilience to Natural Hazards: How Useful is this concept? **Environmental Hazards**, n. 5, p. 34-53, 2003.
- LEITNER, H.; SHEPPARD, E.; WEBBER, S.; COLVEN, E. Globalizing urban resilience. **Urban Geography**, v. 39, n. 8, p. 1276-1284, 2018.
- MANYENA, S. B. The concept of resilience revisited. **Disasters**, v. 30, n. 4, p. 433-450, 2006.
- MARCHEZINI, V.; WISNER, B.; LONDE, L. R.; SAITO, S. M. (orgs.). **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action**. São Carlos: RiMa Editora, 2017.
- MARCHEZINI, V.; WISNER, B. Challenges for vulnerability reduction in Brazil: Insights from the PAR framework. In: MARCHEZINI, V.; WISNER, B.; LONDE, L. R.; SAITO, S. M. (orgs.). **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action**. São Carlos: RiMa Editora, 2017.
- MARQUES, C. **Em busca da resiliência?: a urbanização, ambiente e riscos em Santos (SP)**. 2014. Tese (Doutorado em Demografia) - IFCH, UNICAMP, Campinas, 2014.
- MASKREY, A (org.). **Los desastres no son naturales**. La Red, 1993.
- MEEROW, S.; NEWELL, JOSHUA P.; STULTS, MELISSA. Defining urban resilience: A review. **Landscape and Urban Planning**, v. 147, p. 38-49, 2016.
- MEEROW, S.; NEWELL, J. P. Urban resilience for whom, what, when, where, and why? **Urban Geography**, v. 40, n. 3, p. 309-329, 2019.
- MORROW, B. H. Community Resilience: A Social Justice Perspective. **Community and Regional Resilience Initiative Research Report**, n. 4, 2008.
- NORRIS, F. H.; STEVENS, S. P.; PFEFFERBAUM, B.; WYCHE, K. F.; PFEFFERBAUM, R. L. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. **American journal of community psychology**, v. 41, n. 1-2, p. 127-50, 2008.
- ONU. **Habitat III: Nova Agenda Urbana**. Quito, 2016.
- ONU. **Cidades e comunidades sustentáveis**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11/>. Acesso em: 17 set. 2019.
- OLIVER-SMITH, A.; AYALA, I. A.; BURTON, I.; LAVELL, A. A construção social do risco de desastres: em busca das causas básicas. In: MARCHEZINI, V.; WISNER, B.; LONDE, L. R.; SAITO, S. M. (orgs.). **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action**. São Carlos: RiMa Editora, 2017.
- PENDALL, R.; FOSTER, K. A.; COWEL, M. Resilience and regions: building understanding of the metaphor. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 3, n. 1, 2010.
- RIBEIRO, M. J. Sociologia dos desastres. **Sociologia**, n. 18, p.23-43, 1995.
- ROMERO, G.; MASKREY, A. Como entender los desastres naturales. In: MASKREY, A. (Ed.). **Los desastres no son naturales**. Cidade do Panamá: La Red, 1993. p. 6-10.
- SHEKHAR, H.; SCHMIDT, A. J.; WEHLING, H. W. Exploring wellbeing in human settlements: a spatial planning perspective. **Habitat International**, n. 87, p. 66–74, 2019.
- UN. UNITED NATIONS. **Department of Economic and Social Affairs Statistics Division**. New York, 2017.
- UN. UNITED NATIONS. **World population Prospects 2018**. New York: UN/DESA, 2019a.
- UN. UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects 2018: Highlights**. New York: UN/DESA, 2019b.
- UNISDR. **Hyogo Framework for Action 2005-2015**. Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, 2005.
- UNISDR. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Risk and Poverty in a**



- Changing Climate – Invest Today for a Safer Tomorrow. UNISDR, Geneva, 2009.
- UNISDR. **Global Assessment of Disaster Risk Reduction 2015**. UNISDR, Geneva, 2015.
- UNISDR **State of the world population 2007: unleashing the potential of urban growth**. New York, 2007.
- UNISDR. **Principles and Recommendations for Population and Housing Censuses**. Revision 3, UN, Department of Economic and Social Affairs Statistics Division, New York, 2017.
- UNISDR. **Open Group Proposal for Sustainable Development Goals**. New York, 2015.
- UNISDR. **World population Prospects 2018**. New York: UN/DESA, 2019a.
- UNISDR. **World Urbanization Prospects 2018: Highlights**. New York: UN/DESA, 2019b.
- VALÊNCIO, Norma. Da morte da Quimera à procura de Pégaso: a importância da interpretação sociológica na análise do fenômeno denominado desastre. In: VALENCIO, N.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V.; GONÇALVES, J. C. (orgs.). **Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2009.
- VALÊNCIO, Norma. **Para além do 'dia do desastre': o caso brasileiro**. Curitiba: Appris, 2012. (Coleção Ciências Sociais).
- VILLELA, Raphael, MARQUES, César. Desigualdade de renda e condições de vida nas metrópoles brasileiras: uma análise com base nos microdados da PNAD. In: CONGRESSO OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES 20 ANOS. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2018.
- WILCHES-CHAUX, Gustavo. La vulnerabilidad global. In: MASKREY, A. (org.). **Los desastres no son naturales**. La Red, 1993.
- WISNER, B.; GAILLAR, J. C. E KELMAN, I. 2012. Framing disaster: Theories and stories seeking to understand hazards, vulnerability and risk. In: WISNER, B.; GAILLAR, J. C.; KELMAN, I. (orgs.). **The Routledge handbook of hazards and disaster risk reduction**. London: Routledge. 2012.
- WISNER, B. Five Years Beyond Sendai: Can We Get Beyond Frameworks? **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 11, p. 239–249, 2020.



# UNDERSTANDING RISKS ASSOCIATED WITH THE SÃO FRANCISCO INTER-BASIN WATER TRANSFER IN THE SEMIARID REGION OF BRAZIL

Flavio Lopes Ribeiro<sup>1</sup>

## 1 Introduction

Risk analysis have become a popular practice to justify a wide range of disaster risk reduction public policies (STERN; FINEBERG, 1996; COX, 2012). It usually addresses basic questions such as: What can go wrong? How likely is it? What are the consequences? How certain is this knowledge? (KAPLAN; GARRICK, 1981). Its success depends on systematic analysis of hazards, vulnerabilities, and local capacities, as well as the cause-and-effect relationship between social-economic development actions and their probable consequences (LAVELL, 2012; WISNER *et al.*, 2011). Based on appropriate methods to understand the problem, risk analysis should also contribute to clarify uncertainties of importance to the decision problem in a comprehensible way (STERN; FINEBERG, 1996).

These features of risk analysis, as advocated by some disaster science scholars, should be an integral part of national and local development processes to identify and minimize present risk of disasters, and avoid political decisions that can create new risks (LAVELL, 2012; WISNER *et al.*, 2011). However, despite major efforts at the international level to include disaster risk reduction into development discussions, like the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (UNISDR, 2015), losses from extreme events continue to mount, showing that modern society is still systematically producing more and greater risk of disasters than it can reduce (BECK, 2011; LAVELL; MASKREY, 2013). Globalization and technology generally seen as positive outcomes of development are, from a risk perspective, also unleashing hazards and new potential threats to an extend previous unknown (BECK, 2011). Differently from localized risks created before the industrial period, these side-effects of modern society are manifested as regional and global threats such as climate change, sea-level raise, radioactive waste, pandemics, and many others that are both interconnected and simultaneously happening. Even when taking measures to minimize the impact of disasters and climate change, modern technology and mega-infrastructures can increase the risk of new and sometimes even worst disasters than the ones it intends to mitigate, like the case study presented in this chapter.

---

<sup>1</sup> Pesquisador do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e doutor em Ciência e Gestão de Desastres pela Universidade de Delaware, EUA. E-mail: flavio.psi@hotmail.com.

In a tentative to minimize the impacts of drought in the driest and one of poorest region of Brazil, the federal government invested more than US\$4 billion in the biggest water infrastructure in Latin America: The São Francisco Inter-Basin Water Transfer (SFIWT), with the objective to ensure water security for 12 million people in 390 different municipalities (MINISTRY OF REGIONAL DEVELOPMENT, 2020). It is expected that this mega-infrastructure, beyond benefiting the most vulnerable population to drought in Brazil with a reliable source of freshwater, will also increase social-economic development in the semiarid region (CASTRO, 2011).

However, if on the one hand the SFIWT presents a great opportunity for social and economic development of the semiarid region, on the other it is creating new risks with potentially more destructive impacts than drought for the whole country. The SFIWT coupled with unforeseen climatic events, environmental degradation, and man-made changes in the ecosystem are considered by many specialists a real threat to the existence of the São Francisco river (one of the most important rivers of Brazil), some of its tributaries, and the different basins the SFIWT is connecting. Understanding the main characteristics that make this mega-project a high-risk system can contribute with national water security and promote awareness of risks associated with inter-basin water transfers as a strategy to mitigate drought.

## 2 Methodology

The SFIWT provides an opportunity to investigate risks associated with inter-basin water transfer to mitigate drought in arid and semiarid regions around the world. Using the theoretical framework of risk analysis, this research gathered for more than 2 years a wide variety of primary and secondary data source related to this mega-project, mainly peer-reviewed articles, books, textbooks, government documents, official government website and media releases. Then, data analysis was conducted using directed content analysis to interpret the data sources and identify three main types of risk: social, economic, and environmental risks. After a careful analysis of the data sources, all information was put together in an integrated risk analysis to understand which the most eminent risks are and the extend losses and damages it can cause to Brazil.

## 3 The São Francisco Inter-Basin Water Transfer: Context, History, and Technology

### 3.1 Context

The SFIWT project was designed to provide a steady supply of freshwater water to 12 million people living in the semiarid region of Brazil. The semiarid is one of the poorest regions of the country, home for more than 28 million people. It comprises an area of 1.128.697 km<sup>2</sup> stretching over nine federal states, totalizing almost 10% of the total area of Brazil (SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2018), equivalent to the size of Texas and Colorado states combined. Hydrologically, it is characterized by a reduced water availability and very limited storage capacity of rivers, where most of the rivers are intermittent, with just a few exceptions that are perennial through streamflow regulating reservoirs (CENAD, 2014).

However, the causes of drought in the semiarid of Brazil are multi-dimensional and can be only fully understood if also considering social, economic, and political processes that create and maintain vulnerabilities in the region. Although geological and hydro-meteorological characteristics play an important role as triggers for drought, it is well documented that the primary factor for poverty, starvation, crops failure, and rural-urban migration is not lack of water, but lack of investments in social welfare, public infrastructures, urban and rural planning, and risk mitigation measures (ARONS, 2004; TOMÉ SILVA, 2012).

Throughout decades, innumerable actions and public policies were implemented in the attempt to minimize the effects of drought in the semiarid region of Brazil, nevertheless none of them obtained permanent results (PASSADOR; PASSADOR, 2010). One possible explanation from the disaster science perspective is that disaster mitigation actions are prompt to fail in places with high level of economic inequalities, like the semiarid region of Brazil, if not considering social and economic differences within communities (GILLINGHAM, 2001) and integrating the most vulnerable and marginalized groups in the decision-making and implementation processes (ADGER, 2003; BRONDIZIO; OSTROM; YOUNG, 2009; LAVELL, 2012; ALDRICH, 2012).

The semiarid region of Brazil has a long history of political decisions regarding local water resource management that excludes the most vulnerable population and manipulates water resources in exchange for votes, cheap labor, and control of local economy (ARONS, 2004). Constantly referred as the “politics of drought” or “the industry of drought”, this systematic social marginalization practice fails to accommodate participation in the management and administration of water resources by actors other than the local elites.

It all started with the occupation of the semiarid land in the beginning of the 18th century, when a Royal Charter (1701) prohibited cattle raising activities along the coastal strip to 60 kilometers (37.5 miles) into the hinterland (JUCA, 1994). Thereafter, cattle raising started to play an important role in the regional economy together with cotton crops, introduced in the middle of that century (CAMPOS; STUDART, 2008). Over two decades, both human and cattle population grew rapidly, but the demand growth was not followed by any augmentation of the water supply, resulting in a very vulnerable population, highly dependent on small reservoirs and alluvial aquifer storage (CAMPOS; STUDART, 2008).

From 1877 to 1879, the semiarid region of Brazil had its deadliest drought, known as “The Great Drought”, which caused the death of more than 500 thousand people and massive migrations to the Amazon and Southeast regions (ARONS, 2004; MARENGO, 2010). It also disrupted the local economy based on cattle raising and cotton crops, forever changing economic activities in the region (LINDOSO; EIRÓ; ROCHA, 2013). The Emperor Pedro II, ruler at the time, visited the most affected communities and, impressed by the horrors of famine, promised to sell until the last crown jewel to minimize the problem. After that, even though not a single crown jewel had been sold, drought mitigation solutions for the semiarid region of Brazil began to be stimulated (ARONS, 2004; CAMPOS; STUDART, 2008). Basically, there were three groups of solutions: those favorable to dams and irrigation; those favorable to water transfer from São Francisco River; and those favorable to changes in the economic profile of the Region (CAMPOS; STUDART, 2008).

This paper will focus on the water transfer from the São Francisco river, currently called the São Francisco Inter-Basin Water Transfer, or SFIWT, and will question whether it is the best solution to mitigate the impacts of drought in the semiarid region of Brazil or if it will only increase local risk by creating new threats and vulnerabilities.

### 3.2 History

Inter-basin water transfer is a technique to manage water supplies by transporting water from a hydrographic basin with water availability to another basin with water shortage. It became a common strategy to increase the amount of water available to farmland, rural productivity, urban development, and mitigate the impact of droughts in many countries. Inter-basin water transfers have already been implemented in Brazil (although in a much smaller scale than the SFIWT project) and all over the world with very different outcomes varying from successful cases of blooming and permanent agricultural production to armed conflicts and extensive environmental disasters. One

way or another, as water becomes increasingly scarce, political barriers against inter-basin water transfers increase, particularly when it is necessary to cross the border between countries or different states (CAMPOS; STUDART, 2008). The SFIWT project is an example of a controversial project of difficult technical and political viability, which caused nationwide conflicts between those in favor and against the project.

Since the nineteenth century, the SFIWT project has been proposed by a group of scientists and politicians as the definite solution for social, economic, and environmental problems in the semiarid region of Brazil. The first proposal was made in 1818 and discussed for more than a century until be discarded in 1920 due to lack of technology to overcome geological barriers (HENKES, 2014 *apud* RIBEIRO, 2017).

In 1981, after a period of severe drought, the project got back to the political agenda and started to be reconsidered by subsequent governments but rejected by different motives like economic resources and judicial problems (CASTRO, 2011). In the beginning of the 90's, main hurdles against the project were political rather than technological, imposed by the local oligarchy who detain 80% of all arable lands and who also control the use and distribution of water in the region (PÉRICLES, 2012). They rule by the principle of scarcity, exchanging water for favors, votes, and work, in what became known as the "industry of drought" in Brazil (ARONS, 2004). With the diversion of the São Francisco river, these powerful families and politicians who compose the local oligarchy were too afraid of losing their main source of political control and started to put a series of barriers to stop the project.

During the subsequent administration of President Fernando Henrique Cardoso (1994–2002), the project was designed more slowly and for the first time environmental issues were discussed in public meetings (CAMPOS; STUDART, 2008). Nevertheless, the discussions surrounding the SFIWT were heated and incredibly divisive (LEE, 2009). In summary, those supporting the project considered the SFIWT as the definitive solution for drought related problems (CAMPOS; STUDART, 2008), arguing that it would bring social and economic development for the semiarid region by increasing agricultural production, attracting industry and large companies, creating jobs, and promoting urban development.

The opposition claimed that the project would benefit only the wealthiest portion of the population, as large construction companies and large-scale farmers, have a negative impact on the local indigenous population, and become an economic burden for the country. The project price tag was estimated at \$6.3 billion dollars, but the Brazilian group charged with watching federal spending (TCU) advised that the Brazilian Government had "severely miscalculated the costs of the project" (LEE, 2009). It worth mentioning that all funding for the SFIWT project would have to come from the Federal Government, since the World Bank refused to assist in the effort (LEE, 2009). Yet, the most emphatic and disturbing critique, especially from the environmental side, was that the SFIWT could cause the collapse of whole São Francisco River basin (CAMPOS; STUDART, 2008; LEE, 2009; PÉRICLES, 2012; HENKES, 2014 *apud* RIBEIRO, 2017).

After years of heated debates and intense political opposition, the constructions finally started in June 2007. A court order tried to stop the construction in December 2007, but it re-started one month after, in January 2008.

### 3.3 Technology and Complexity

The São Francisco Inter-Basin Water Transfer project is the biggest water infrastructure of Brazil. It has a total of 477 km of water canals connecting six different watersheds<sup>2</sup>, with the objective of ensuring water security for 12 million people spread over 390 different municipalities. It creates a complex and integrated system of small

dams and artificial reservoirs connected by 700 km of water tunnels, aqueducts, and tubes pumped by more than 2,000 machines controlled by different kinds of technologies and operational systems (MINISTRY OF REGIONAL DEVELOPMENT, 2020).

The SFIWT have two water channels: One heading north (North Canal) and the other heading east (East Canal) from the São Francisco river. The project includes nine pumping stations, 27 aqueducts, eight tunnels, 35 water reservoirs, two hydroelectric plants, and connects 6 different watersheds (ANDRADE; BARBOSA; SOUZA, 2011).

One of the main technological challenges of the engineering project was to find means of overcoming the differences in altitude between water catchment areas on the São Francisco River and the receiving basins. In the North Canal a volume of 45,2 m<sup>3</sup> of water have to be pumped more than 160 km up, and in the East Canal a volume of 20 m<sup>3</sup> have to overcome an unevenness of more than 300 km up. A robust pumping system that requires a great amount of energy will do the job (MINISTRY OF REGIONAL DEVELOPMENT, 2020). This system is entirely connected to the six hydroelectric power plants along the São Francisco river, which together provides 88% of the total energy for Northeast of Brazil (where the semiarid region is located). In practice, it means that if the SFIWT cause shortage of water to the São Francisco river just enough to reduce the production of electricity, it will impair or even completely obliterate its own pumping system.

Currently, the project is in its final phase of conclusion with 93% of all infrastructural work completed. The East Canal was inaugurated on March 2017 but is not fully operation yet. It is in the pilot phase, undergoing tests and adjustments, and only a couple of municipalities are being supplied with water from the São Francisco river. There is no expected date for the inauguration of the North Canal, even though the official government website of the project says it is in its "final stretch"<sup>3</sup>.

After the conclusion of both canals, treatment, maintenance, and distribution are going to be responsibilities of state governments (MINISTRY OF REGIONAL DEVELOPMENT, 2020). These efforts demand complementary hydraulic infrastructures to give capillarity to water distribution and a network of more than 960 km of main and branch pipelines will be needed. Some of these complementary infrastructures were due 2018, but the states have declared they do not have the resources needed to fulfill their part of the agreement.

The lack of synchronism between federal and state governments is just one of the imbrolios delaying the normal operation of this mega-infrastructure. Besides, the local water management model is still under discussion on the five states benefited by the project. Also, it is a matter of fact that these states will have to pay for the entire operation and maintenance of the complementary water infrastructure. However, it is not known yet how they will make it, and how the final consumer will be charged for the use of water, and what guarantees the states will offer to the federal government in case of nonpayment or no compliance to their responsibilities.

## 4 Risks associated with the SFIWT project

### 4.1 Large scale Inter-Basin Water Transfer: What can go wrong?

Previous experiences have shown the potential of large-scale inter-basin water transfers to cause or aggravate disasters. One of the most iconic examples is Karakum Water Transfer Project in the former Soviet Union for irrigations purposes, especially cotton crops, which caused a decrease of 92% of the total volume of the Aral Sea (MICKLIN, 2010) and the collapse of all economic activities dependent on the regional ecosystem, which is now virtually extinct (GLANTZ, 2012). Some specialists consider this to be the worst man-made environmental disaster of human history.

In China, where river diversion and inter-basin water transfer have been traditionally used for millennia (with some water canals dating back 456 BC), many scientists are now searching for alternative solutions to water shortage for understanding that inter-basin water transfers can indeed increase the risk of new and different disasters. Even though attention has been slowly shifting on the development of local strategies, the Chinese government has started in 2002 the construction of the South-to-North Water Transfer Project, the biggest water infrastructure in the world, to stimulate regional development and maintain China's rapid economy growth (HE *et al.*, 2010; WORLD COMMISSION ON DAMS – WCD, 2000). The clear focus on economic growth, however, have created environmental, social, and economic problems related to inter-basin water transfer projects countrywide, such as loss of land and riparian habitat, change of hydrology of river systems, damage to fisheries and wildlife species, alteration of scenery, relocation of people, and increase of water-borne diseases like schistosomiasis, malaria, and intestinal parasites (GLEICK, 1998; HE *et al.*, 2005, 2007, 2010; WCD, 2000). Just to have a dimension on the scale of social, political, and economic problems caused by inter-basin water transfers, only in the period of 1960-1990, more than 10 million people were officially displaced in China (GLEICK, 1998).

Just like in China, waterworks for irrigation, mineral extraction, and urban development has been important in the Iberian Peninsula from ancient times (ALBIAC *et al.*, 2006). However, more recently, in 1993, the Spanish National Hydrological Plan to interconnect all main basins of the Iberian Peninsula caused so much controversy, conflicts, and distrust between social and political groups (ALBIAC *et al.*, 2006) that it had to be abandoned. The Spanish government then, due to heavy increase of water demand from the highly profitable fruit and vegetable sector, proposed a much smaller inter-basin water transfer bringing water from the Ebro basin to the Júcar, Segura and Sur basins. Once more, the renewed project met with strong opposition from water resource experts, environmental and social organizations, who argued that this project would have a strong negative environmental impact on the fluvial ecosystem, as well as on the estuarine and marine ecosystems, which could cause subsequent economic and social problems (IBANEZ; NARCIS, 2003). Finally, the Ebro water transfer was cancelled in 2005 by the Spanish Parliament and the policy to solve the severe degradation of water resources in the Iberian Peninsula basins changed focus to a project that augment water supply with seawater desalination (ALBIAC *et al.*, 2006).

Negative side-effects of many other large inter-basin water transfers around the world could be mentioned here to justify why these kinds of projects, generally designed to promote economic development in semiarid or arid regions, can actually increase the risk of disasters. However, since this paper will analyze with more details the specific case of the São Francisco Inter-Basin Water Transfer, this space will be used to highlight one common and important characteristic of all inter-basin water transfer projects: They all adopt an engineering economics approach (ALBIAC *et al.*, 2006), and leave out some critically important theoretical and empirical analysis on environmental and social impacts, as well as complex interconnectedness between them.

In the case of the São Francisco Inter-Basin Water Transfer, the whole project was designed to promote economic growth in the semiarid region to mitigate the effects of drought without considering that “social production of wealth is systematically accompanied by social production of new and sometimes unpredictable risks” (BECK, 2011). The value of water was measured in its availability, access, and use for human production and consumption, ignoring or giving much less importance to the water cycle in the semiarid region and its impact on the local ecological system.

Instead of developing strategies to live within the natural conditions of semiarid biome, respecting its physical and geological characteristics and managing the quantity of water

already found in the region, technologies like inter-basin water transfers are developed to change nature, control it, and some would even say, improve it for the sole benefit of humans.

According to Perrow (1984) “as we invade more and more of nature, we create systems – organizations, and the organization of organizations – that increases the risks for operators, passengers, innocent by-standers, and for future generations.” This paper argues that inter-basin water transfers are the result of complex interactions between human organizations, technology, and environmental systems, and present a greater risk of adverse social and ecological impacts than any other kind of waterworks. For that reason, it should not be considered a safe strategy to mitigate the impact of droughts worldwide.

## 4.2 Risks associated with the São Francisco Inter-Basin Water Transfer

The São Francisco River is one of the most important and iconic rivers of Brazil for its size, water provision, and cultural symbolism. Many communities depend on it for agriculture, fishery, transportation, tourism, and daily use of water.

All these economic and social activities, together with six hydroelectrical power plants, have been causing great pressures on the river, already considered overused by environmentalists and water management experts. It worth to mention that water from the São Francisco River is also withdrawn illegally for small mining operations, for small wells, and by farmers who simply build their own reservoirs (HARVEY, 2008), increasing even more the stress on the river and its tributaries.

Beyond all environmental problems related to unsustainable water use, other common environmental concerns regarding the São Francisco basin are deforestation of the riverbed, pollution, and biodiversity loss (MINISTRY OF NATIONAL INTEGRATION, 2004). Most of the communities alongside the river are poor and explore the local environment as an economic resource without any kind of sustainable environmental management techniques or adequate environmental impact assessment.

Even though considering all these social, economic, and environmental issues, the Government of Brazil decided to go ahead with the inter-basin water transfer project to divert water from the São Francisco river to water reservoirs, dams, other basins in the semiarid region, where the poorest among poor communities of the semiarid are found. The São Francisco river was chosen for its size and strategical location, very close to the area where droughts are more frequent and cause a greater social and economic impact.

The main actors involved in SFIWT are the Federal Government, State and Municipal Governments, local NGOs, residents of the areas to be affected, including farmers, small businesses, and others whose lives and livelihoods may be permanently affected by such large-scale projects (ANDRADE; BARBOSA; SOUZA, 2011). All these groups have subgroups in favor and against the project.

Those in favor of the diversion of the São Francisco River justify that this project will bring social, economic, and environmental benefits to the semiarid region as mentioned before, changing forever the scenario of scarcity in the region (MINISTRY OF NATIONAL INTEGRATION, 2004). It is argued that a reliable source of water during the whole year will attract new market investments, employment opportunities, rapid urbanization, and consequent social improvements. Poor populations of the semiarid region won't have to migrate to wealthier urban centers in search of a better life on every new drought event, nor should exploit the local environment to increase their monthly income.

On the other hand, those who oppose the diversion of São Francisco river understand that it would generate more problems than real solutions, alerting even for the possibility of killing the São Francisco river and causing water scarcity in other places where the river is the main resource of social and economic activities (HARVEY, 2008). With new industries



being attracted to such a poor region as the semiarid, these groups also alert for the possibility of labor exploitation to maximize profits, as well as environmental degradation due to natural resource extraction and all sort of chemical pollution and waste (BRAGA *et al.*, 2009; ANDRADE; BARBOSA; SOUZA, 2011; PÉRICLES, 2012).

Between these two extremes opinions regarding the SFIWT, there are infinite other arguments against and in favor of the project. For that reason, the assessment of who will benefit or suffer because of this project has become a great challenge. As the main investor, the Federal Government is likely to overestimate the benefits of the project to all stakeholders and underestimate the potential damages. The opponents of the project usually tend to exaggerate the damages and minimize the potential benefits (ANDRADE; BARBOSA; SOUZA, 2011). Thus, it is easy to understand the resulting complexity for decision-makers which can be enlarged by the media, which often highlights the antagonistic views, making it more difficult to achieve a final consensus (BRAGA *et al.*, 2009).

So, to examine the main risks of the SFIWT, this paper will focus on the Official Environmental Report (MINISTRY OF NATIONAL INTEGRATION, 2004) of the São Francisco Inter-Basin Water Transfer and articles published in scientific journals.

The Official Environmental Report of the SFIWT mentions 44 potential environmental, health, social, and economic impacts of the project on the semiarid region of Brazil. Among them, according to the same Environmental Report, 23 are of greater relevance, where 11 are considered positive and 12 negative impacts (Table 1).

**Table 1.** Most relevant positive and negative impacts of the SFIWT

Positive Impacts	Negative Impacts
1. Increased supply of freshwater.	1. Changes in the composition and characteristics of water biological communities in the receiving basins.
2. Generation of jobs during the implementation phase.	2. Temporary loss of jobs and expropriations.
3. Stimulation of regional economy.	3. Risk of reducing aquatic biodiversity in the receiving basins.
4. Increased supply of water on urban centers.	4. Introduction of social tensions and risks during the construction phase.
5. Increased supply of water for rural populations.	5. Rupture of socio-community relations during the construction phase.
6. Reduced exposure of the local population to drought.	6. Possible interference and conflicts with indigenous populations.
7. Increased agricultural activities and incorporation of new productive areas.	7. Loss of 430 hectares of native vegetation and wildlife terrestrial habitats.
8. Improved water quality in receiving basins.	8. Introduction of potentially dangerous fish species in the receiving basins water ecosystem.
9. Decrease of rural-urban migration.	9. Increased pressure on urban infrastructure.
10. Reduced exposure of the local population to diseases and death related to drought.	10. Changes on the river regime of receiving drains.
11. Reduced pressure on health infrastructures.	11. Interference on fishing activities in the receiving dams.
	12. Risk of loss of cultural heritage.

Examining all 23 greatest positive and negative impacts enumerated by the official Environmental Report of the SFIWT through the lens of risk studies perspective, makes it clear that: First, these potential new risks have been reported as if they were separated or disconnected from each another, and not as parts of an integrated system. This kind of disconnection between different events and knowledges have been pointed by some scholars as one feature of modern society, where the production of scientific knowledge is compartmentalized and different disciplines seldom dialogue to each other (BECK, 2011).

Second, most of the positive and negative impacts listed by the Environmental Report are very vague and some of them are contradictory. For example, "improved water quality in receiving basins" was mentioned as one of the most positive impacts of the SFIWT. On the other hand, negative impacts such as "changes in the composition and characteristics of water biological communities in the receiving basins", "introduction of potentially dangerous fish species in the receiving basins water ecosystem" and possible "interference on fishing activities in the receiving dams" also gained prominence at the top 12 negative impacts.

"Reduced pressure on health infrastructures" is also numbered as one of the most relevant positive outcomes. However, besides its vagueness and lack of explanation of what is this pressure on health infrastructure on the Environmental Report, it is subsequently contradicted by many others minor negative impacts that, if summed, could actually increase pressure on health infrastructures, such as "increased risk of accidents due to heavy traffic of people and vehicles in the construction site", "increase dust emissions", "increased onset of diseases" described in the Environmental Report as waterborne diseases as dengue and schistosomiasis, as well as sexually transmitted diseases among workers.

Third, many of the impacts described as positive could in turn be understood as potential new risks. Let's take the example of "Increased agricultural activities and incorporation of new productive areas". From a pure economic perspective, this could be perceived as a positive outcome of the SFIWT. However, from an integrated risk studies perspective, it could mean an aggravation of local vulnerabilities and a significant increase of risk. Not that increasing agricultural productivity and croplands would always imply an increase of risk, even though Beck (2011) would argue that any economic production implies creation of risks that are both ignored and symbolically manipulated and perpetuated but considering the context in the semiarid region of Brazil, it gets more likely that agricultural expansion would create more risks than benefits. Brazil is the largest global consumer of agri-chemicals that are directed link with human health problems and environmental degradation (CARNEIRO, 2015). An expansion of agricultural production in this case would be accompanied by an increase of agri-chemicals pollution of already scarce water sources as small reservoirs and alluvial aquifer storage. Agricultural expansion is also responsible for the depletion of the natural fauna of the semiarid region (the Caatinga) and pointed as the main cause of desertification of the landscape due to man-made fires to clean-up local forest for agricultural purposes (FREIRE; PACHECO, 2005).

Add to the environmental dimension the fact that the local oligarchy detains 80% of all arable lands in the semiarid region (PÉRICLES, 2012), and a scenario where agricultural expansion could mean environmental degradation and deepening of economic inequalities is made. After all, all the profits of the agricultural expansion would be in the hands of a few families who control water and production. Of course, this is only true if considering that "disasters are more a consequence of social-economic than natural factors" (O'KEEFE; WESTAGARTE; WISNER, 1976) or, as in Alexander (2006) "vulnerability is a greater determinant of disaster risk than hazards themselves", meaning that disasters can only be fully understood if also considering social, economic, political, and cultural processes that create and maintain vulnerabilities at the first place (WISNER *et al.*, 2004; LAVELL; MASKREY, 2013).

Also “Generation of jobs during the implementation phase”, considered by the Environmental Report a positive impact of the SFIWT in the short-term, could mean in the long-term an increase of local vulnerabilities like poverty, unemployment, escalation of crime and violence. After the implementation phase, many people will lose their jobs, and unless more jobs are created quickly in the region all these people and their families will soon join the poorest population of Brazil, which are located exactly in the semiarid region where these temporary jobs are being created, but not maintained by the SFIWT.

Other risks associated with the SFIWT are being published in scientific journals, especially from the environmental science. Although the National Integration Ministry had reported that the environmental impacts of the SFIWT will be minimal (BARBEL-FILHO; MARTINEZ; RAMOS, 2015), some researches raise concerns not only about the area of influence of the water transfer project, but for the whole biome of the semiarid region, known as the Caatinga. Like stated before, the Caatinga Biome is the driest biome of Brazil, characterized by reduced water availability and very limited storage capacity of rivers, where most of the rivers are intermittent (CENAD, 2014). It has been recognized that the extremes of flooding and total absence of water flow are the principal hydrological characteristics of rivers and streams in this region (MALTCHIK; MEDEIROS, 2006). However, the SFIWT is about the dramatically change this essential characteristic of the Caatinga by transforming some of the most important intermittent rivers into perennial streamflow. As in the official Environmental Report, the SFIWT “will result in the expansion and perpetuation of 24 reservoirs, creating a perennial surface of water of approximately 6,846 hectares, interconnected through canals and local rivers”.

Emerging concepts in temporary-river ecology consider this perpetuation of temporary rivers a threat to the ecological integrity of rivers and streams in semiarid regions of the world (MALTCHIK; MEDEIROS, 2006). The dynamics of temporary rivers such as advancing and retreating wetted fronts, hydrological connections and disconnections, and gradients in flow permanence, have a direct influence on biotic communities, nutrients, and organic matter processing, on which large-scale biodiversity depends upon (LARNED *et al.*, 2010). For instance, the maintenance of the natural flow patterns in the semiarid of Brazil would be paramount to ensure that benthic algae, a basic and important energy source, is available for consumers up in the food chain (MALTCHIK; MEDEIROS, 2006). Because algae are highly sensitive to changes in flow (ROBSON, 2000; ROBSON; MATTHEWS, 2004), regulation or alterations in the flow regime of intermittent streams may lead to loss of this resource. Therefore, the SFIWT can cause important hydrological disturbances which are directly related to the biodiversity of aquatic systems in semi-arid Brazil, “leading inevitably to the extinction of species and the loss or disruption of natural patterns of flow in these intermittent environments” (MALTCHIK; MEDEIROS, 2006).

Barbosa (2017) also alerts that the perpetuation of temporary rivers in the semiarid region of Brazil will cause the quick silting of tributary rivers and consequently the silting of all main rivers of the basins involved in the project. According to Barbosa (2017), this is likely to happen because the soil of the semiarid region is composed basically by loose sandstone, that will quick change the dynamic flow of the local rivers and fatally lead to the death of most of the tributaries of the São Francisco river and the receiving basins, causing a systemic collapse of the local aquatic and terrestrial ecosystem.

Another environmental impact of great concern caused by inter-basin water transfers is the consequent introduction of new species in different ecosystems, enhancing ecological problems on both giving and receiving basins, as well as on their connections. As in (AZEVEDO *et al.*, 2014) the introduction of exotic species is the second most important cause for biodiversity loss in global scale, and the SFIWT is

likely to cause ecological damage to the receiving basins with the introduction of exotic species, water pollution and decrease in discharges of the São Francisco river as well as proliferation of green algae. The introduction of exotic species of mollusk (*Corbiculidae largillierti*) have already been reported for the first time in the Paraíba basin river (one of the receiving basins of the SFIWT) due to the SFIWT. The introduction of this species in freshwater ecosystems may alter fish diets and impair industrial activities, leading to economical loss (DARRIGRAN, 2002, SANTOS *et al.*, 2012). It can also cause damage to human health given that some *Corbiculidae* are bioaccumulators of heavy metals (DARRIGRAN, 2002; SANTOS *et al.*, 2012). Furthermore, biologists and environmentalists are alerting for the risk of the introduction of other mollusk invaders in this basin due to the diversion of waters from the São Francisco river (AZEVEDO *et al.*, 2014).

Other important risk factor not mentioned in the official Environmental Report nor in any scientific articles accessed by this paper is the fact that Brazil doesn't have a disaster risk management system capable of dealing with new risks created by the SFIWT. Based on few documentations available on disaster risk management in Brazil, it is clear that the national risk management system is still dominated by the structural functionalism paradigm, in which disasters are understood as an unforeseen, unpredictable, and natural phenomenon that randomly disrupt the "normal" social life. This perspective is related to the "preparedness and response" paradigm, which reactively manages disasters and emergencies as they occur. Even though the law states very clearly that risk management should be a priority, the whole system is still, to be optimistic, in a transitional process.

There are many reasons for that. First, the law determines that funds and resources should obligatorily be transferred to states or municipalities in case of disasters, but only voluntarily (and with much more bureaucracy) for mitigation actions, making it easier for municipalities to wait disasters to happen to have access to funds. Adding to this, Brazil still have a militarized civil defense system that may not feel comfortable in interfering on development issues, but rather doing what they have been trained to do with great expertise and skills, which is responding to disasters and rescuing people (VALENCIO, 2010).

These characteristics of the National Civil Defense of Brazil, which is secretary responsible for disaster risk management, makes it clear that the risks created by the SFIWT will not be mitigated by them, and in case of a systemic failure of the project, there is little they can do other than coordinate the provision of water, food, and shelter for the affected people.

Finally, some of the risks described in this section are tightly coupled and part of a complex system composed by different ecosystems, technologies, and operators. The worst-case scenario, where some of these risks evolve simultaneously and in an unpredicted way, would take time to evolve, but would have catastrophic national and international impacts. Brazil is the world's largest producer and exporter of soybeans, sugar, poultry and one of the biggest exporters of coffee, wheat, rice, corn, cocoa, citrus, beef, and manufactured products as vehicles and aircraft including helicopters, airplanes, and spacecraft (OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY, 2016). Most of these products are totally depend on the São Francisco river and the basins the SFIWT will connect. Nationally, more than 18 million people live in the area of the São Francisco Basin, and other 12 million in the area of influence of the SFIWT, totalizing a minimum of 30 million directly affected in the case of a systemic accident.

## Conclusion

To understand the risk of disasters associated with inter-basin water transfers, there must be an integrative risk analysis considering all stakeholders involved; social, cultural, economic, political, and environmental impacts; and consider the infinite possibilities of connections among these dimensions. It would demand an exhaustive inter and even

transdisciplinary effort to provide enough elements to reach a conclusion whether inter-basin water transfers should or shouldn't be done, especially as a mitigation plan to drought. These facts suggest that inter-basin water transfer is a high-risk system, for it is very hard to predict the consequences of the complex interaction between technology, nature, and human society when trying to overcome natural barriers and change the course and connectivity of major river and basins. It is also clear the great potential to cause disasters with catastrophic environmental, social, and economic impacts that transcend the local area of influence of this kind of projects.

Considering different approaches on the relationship between technology, environment, and society, there are some evidences not to invest in the São Francisco Inter-Basin Water Transfer as a solution to economic growth or drought mitigation in the semiarid region of Brazil. First, there is a glaring lack of data, records, publications, and scientific articles to support a more in-depth analysis and develop technical standards for monitoring the risks created by the SFIWT.

The few official government reports on the SFIWT show little consideration for social, cultural, and environmental dynamics of the semiarid region of Brazil, and little understanding of the consequences of both success or failure of the project. As in Barbosa (2017) "the unbridled haste to inaugurate the Eastern Axis of the SFIWT fits in the mold dictated by the development economic model adopted by the Brazilian government, aiming the expansion of agricultural frontiers to meet the demands of the international capital, without due concern for the local environmental and social consequences, nor even for the future of the planet".

On the environmental side, there are too many uncertainties and, at the same time, solid evidences that the SFIWT have the potential to destroy the semiarid fragile ecosystem. As pointed by some scientific articles, the SFIWT can change the base of the food chain of the local ecosystem by making some intermittent rivers perennial. The extend of such dramatic environmental change is not clear, but together with other impacts in the ecosystem like the invasion of exogenous species, increasing of pollution and agro-chemicals in the soil and water sources, loss of more than 430 acres of native land, agricultural expansion, and unplanned growth of urban centers, can certainly endanger the Caatinga biome and consequently cripple the life of millions of people countrywide.

Another factor that significantly increases the catastrophic potential of the SFIWT is the fact that Brazil doesn't have a disaster risk management agency capable of dealing with all risks created by the SFIWT nor respond to disasters of the magnitude that can be unleashed by this water-transfer.

Considering all the risks involving the SFIWT and, as in Albiac *et al.* (2006), the existence of more modern solutions to water scarcity in semiarid regions, this paper suggests that the investment made in the SFIWT could have been done to foment and support multiple local strategies in the whole semiarid region, empowering local communities and supporting creative solutions utilizing a bottom-up approach that, in the long term, could bring more social and environmental benefits with much less risks.

In summary, this cahpater showed enough evidence that the SFIWT presents greater risk of catastrophic disasters than the drought it intends to mitigate.

## Notes

2 Jaguaribe (CE), Apodi (RN), Piranhas-Açu (PB-RN), Paraíba (PB), Moxotó (PE) and Brígida (PE).

3 Ministry of National Integration – O Andamento da Obra (The Progress of the Work). Retrieved on 04/21/2017 from: <http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/o-andamento-das-obras>

---

**References**

- ADGER, W. N. Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. **Economic Geography**, v. 79, n. 4, p. 387-404, 2003.
- ALBIAC, J.; HANEMANN, M.; CALATRAVA, J.; UCHE, J.; TAPIA, J. The Rise and Fall of the Ebro Water Transfer. **Natural Resources Journal**, v. 46, n. 3, p. 727-757, 2006.
- ALDRICH, D. **Building resilience: social capital in post-disaster recovery**. Chicago: University of Chicago Press, 2012.
- ALEXANDER, D. Globalization of Disaster: trends, problems and dilemmas. **Journal of International Affairs**, v. 59, n. 2, p. 1-22, 2006.
- ANDRADE, J.G.; BARBOSA, P.S.; SOUZA, L.C. Interbasin Water Transfers: The Brazilian Experience and International Case Comparisons. **Water Resource Manage**, n. 25, p. 1915-1934, 2011. Doi:10.1007/s11269-011-9781-6
- ARONS, N. G. **Waiting for Rain: the politics and poetry of drought in northeast**. Tucson, AR: University of Arizona Press, 2004.
- AZEVEDO, E.L.; BARBOSA, J.E.L.; VIDIGAL, T.H.D.A.; CALLISTO, M.; MOLOZZI, J. First record of *Corbicula largillierti* (Philippi 1844) in the Paraíba River Basin and potential implications from water diversion of the São Francisco River. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 4, p. 1-4, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0603003614>
- BARBEL-FILHO, W.; MARTINEZ, P.; RAMOS, T. Inter- and intra-basin phenotypic variation in two riverine cichlids from northeastern Brazil: potential ecoevolutionary damages of Sao Francisco interbasin water transfer. **Hydrobiologia**, v. 766, p. 43-56, 2015.
- BARBOSA, A. A transposição e a morte do rio São Francisco. **Revista Instituto Humanitárias Unisinos**, may, 2017. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/565849-transposicao-levara-a-morte-do-rio-sao-francisco-entrevista-especial-com-altair-sales-barbosa>. Acesso em: 24 jan. 2019.
- BECK, U. **Risk Society: Towards a new modernity**. Oaks, CA: Sage, 2011.
- BRAGA, B.P.; FLECHA, R.; THOMAS, P.; CARDOSO, W.; COELHO, A.C. Integrated water resources management in a federative country: the case of Brazil. **Int J Water Resour Dev**, v. 25, n. 4, p. 611-628, 2009.
- BRONDIZIO, E.; OSTROM, E.; YOUNG, O. Connectivity and the Governance of Multilevel Social-Ecological Systems: The Role of Social Capital. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 34, p. 253-278, 2009. Doi: 10.1146/annurev.environ.020708.100707
- CAMPOS, J.N.; STUDART, T. M. Drought and water policies in Northeast Brazil: backgrounds and rationale. **Water Policy**, n. 10, p. 425-438, 2008.
- CARNEIRO, F. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. São Paulo, SP: Expressão Popular, 2015
- CASTRO, C.N. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**. Rio de Janeiro, RJ: IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, textos para discussão, 2011.
- CENAD. Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional & Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2014.
- CEPED. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
- COELHO, J. **As secas do Nordeste e a indústria das secas**. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 1985.
- COX, L.A. **Improving Risk Analysis**. Stanford University, CA: Springer, 2012.
- DARRIGRAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions**, v. 4, n. 1, p. 145-156, 2002. Doi:

10.1023/A:1020521811416.

FREIRE, N.; PACHECO, A.A. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, Brasil. **Anais [...]**. Goiânia, 2005.

GANEM, R.S. **Estrutura Institucional da união para a gestão de desastres naturais**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2014.

GLANTZ, M.H. **Creeping Environmental Phenomena: Are Societies Equipped to Deal with Them?**. Boulder, CO: National Center for Atmospheric Research. Environmental and Societal Impact Group, 2012.

GLEICK, P. H. **The World's Water 1998–1999: The Biennial Report on Freshwater Resources**. Washington DC: Island Press, 1998.

GILLINGHAM, S. Social Organization and Participatory Resource Management in Brazilian Ribeirinho Communities: A Case Study of the Mamirauá Sustainable Development Reserve. **Amazonas, Society & Natural Resources**, v. 14, n. 9, p. 803–814, 2001. DOI: 10.1080/089419201753210611.

HARVEY, B. **The End of the River: Dams, Drought, and Déjà vu on the Rio Sao Francisco**. ECW Press, Ontario, Canada, 2008.

HE, C.; CHENG, S.; LUO, Y. **Desiccation of the Yellow River and the South Water Northward Diversion Project**. *Water International*, v. 30, n. 2, p. 261–268, 2005.

HE, C.; CHENG, S.; LUO, Y. Water diversions and China's water shortage crisis. In: ROBINSON, P. J.; JONES, T.; WOO, M.-K. (eds). **Managing water resources in a changing physical and social environment**. Rome: IGU. Home of Geography Publication Series, Società Geografica Italiana, 2007, p. 89–102.

HE, C.; HE, X.; FU, L. **China's South-to-North Water Transfer Project: Is it Needed?** *Geography Compass*, p.1312–1323, 2010. Doi: 10.1111/j.1749-8198.2010.00375.x

IBANEZ, C.; NARCIS, P. The environmental impact of the Spanish national hydrological plan on the lower Ebro river and delta. **International Journal of Water Resources Development**, v. 19, n. 3, p. 485–500, 2003. Doi: 10.1080/0790062032000122934

JUCÁ, G.N.M. *À Guisa de Introdução: O espaço nordestino: História do Ceará*. 2. ed. Fortaleza, CE, Brazil: Fundação Demócrito Rocha, 1994. p. 15–21, 1994.

KAPLAN, S.; GARRICK, B.J. On the quantitative definition of risk. **Risk Analysis**, v. 1, n. 1, p. 11–28, 1981.

LARNED, S.; DATRY, T.; ARSCOTT, D.; TOCKNER, K. Emerging concepts in temporary-river ecology. **Freshwater Biology**, n. 55, p. 717–738, 2010. Doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02322.x

LAVELL, A. Reflections: Advancing development-based interpretations and interventions in disaster risk: Some conceptual and contextual stumbling blocks. **Environmental Hazards**, v. 11, n. 3, p. 242–246, 2012. Doi: 10.1080/17477891.2012.698845

LAVELL, A.; MASKREY, A. **The Future of Disaster Risk Management**. San José, Costa Rica: FLACSO: UNISDR, 2013.

LARNED, S. T.; DATRY, T.; ARSCOTT, D. B.; TOCKNER, K. Emerging concepts in temporary-river ecology. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 4, p. 717–738, 2010. Doi: 10.1111/j.1365-2427.2009.02322.x

LEE, J. The São Francisco River Transposition Project: Friend or Foe to the Brazilian People. **Law and Business Review of the Americas**, ABI/INFORM Global, n. 15, p. 2, 2009.

LI, Y.; XIONG, W.; ZHANG, W.L.; WANG, C.; WANG P.F. Life cycle assessment of water supply alternatives in water-receiving areas of the South-to-North Water Diversion Project in China. **Water Resources**, n. 89, p. 9–19, 2016.

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. Desenvolvimento sustentável, adaptação e vulnerabilidade à mudança climática no semiárido nordestino: um estudo de caso no

- Sertão do São Francisco. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 44, n. especial, p. 301-332, 2013.
- MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E.S. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquatic Conservation: Marine Freshwater Conservation Ecosyst.** n. 16, p. 665–677, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1002/aqc.805>
- MARENGO, J.; TOMASELLA, J.; ALVES, L.; SOARES, W.; RODRIGUEZ, D. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, L12703, 2010. DOI:10.1029/2011GL047436.
- MICKLIN, P. The past, present, and future Aral Sea. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, n. 15: p. 193–213, 2010.
- MINISTRY OF NATIONAL INTEGRATION. **Relatório de Impacto Ambiental: Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional do Brasil, 2004.
- MINISTRY OF REGIONAL DEVELOPMENT. **Água para 12 Milhões de Pessoas**, 2020. Retrieved at: <https://www.mdr.gov.br/a-mudanca-em-sua-vida/agua-para-12-milhoes-de-pessoas>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY - OEC. **Country Profile: Brazil**, 2016. Retrieved at: <https://oec.world/en/profile/country/bra/>
- O'KEEFE, P.; WESTGATE, K.; WISNER, B. Taking the Naturalness out of Natural Disasters. *Nature*, v. 260, 1976.
- PASSADOR, C. L.; PASSADOR, J.L. Apontamentos sobre as políticas públicas de combate a seca no Brasil: Cisternas e Cidadania? **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, São Paulo, v. 15, n. 56, 2010.
- PÉRICLES, C. **Nordeste: sinais de um novo padrão de crescimento (2000/2008)**. Universidade Federal de Alagoas, UFAL, 2012.
- PERROW, C. **Normal Accidents: Living with High Risk Technologies**. New York, NY: Basic Books, 1984.
- RIBEIRO, F. L. Disaster risk reduction or disaster risk expansion?: an assessment of risks associated with the São Francisco inter-basin water transfer in the semiarid region of Brazil. In: CONFERENCE NATURAL HAZARDS WORKSHOP, 2017, Broomfield, USA. **Proceedings [...]**. Broomfield, USA, 2017.
- ROBSON, B.J. The role of residual biofilm in the recolonization of rocky intermittent streams by benthic algae. **Marine and Freshwater Research**, n. 51, p. 725–732, 2000.
- ROBSON, B.J.; MATTHEWS, T.G. Drought refuges affect algal recolonization in intermittent streams. **River Research and Applications**, n. 20, p. 753–763, 2004.
- SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RODRIGUEZ, M.T.R.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI, P.E.A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre, RS: Redesp, 2012. p. 19-23.
- STREN, P.C.; FINEBERG, H.V. **Risk Analysis: Decisions in a Democratic Society**. Committee on Risk Characterization, National Research Council. National Academy of Sciences, 1996.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE [SUDENE]. **Nova Delimitação do Semiárido: Resolução CONDEL nº 107, de 27/07/2017 e nº 115, de 23/11/2017**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 2018.
- TOMÉ SILVA, C. H. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil**. Brasília-DF: Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado Federal, 2012.
- UNISDR. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction**. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva. 2015. Retrieved from: [www.unisdr.org/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf). Acesso em: 14 mar. 2019.
- VALENCIO, N. **Disasters, Social Order and Civil Defense Planning: the Brazilian Context**. São Carlos, SP: Núcleo de Estudos e Pesquisas Sociais em Desastres (NEPED):



- Departamento de Sociologia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), 2010.
- WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. **At Risk: Natural Hazards, People Vulnerability and Disasters**. London: Routledge, 2004.
- WISNER, B.; KENT, G.; CARMALT, J.; COOK, B.; GAILLARD, J.C.; LAVELL, A.; OXLEY, M.; GIBSON, T.; KELMAN, I.; VAN NIEKERK, D.; LASSA, J.; WILLISON, Z.C.; BHATT, M.; CARDONA, O.D.; BENOUAR, D.; NARVAEZ, L. **Political Will for Disaster Reduction: What Incentives Build It, And Why Is It So Hard To Achieve? A Contribution to the Review of the draft GAR 2011, Draft 7B**. 2011. Retrieved from: <http://www.radixonline.org/resources/For%20GAR2011%20--%20Political%20Will%20for%20Disaster%20Reduction%20--%20Draft%207B%20--%2031%20Jan%202011.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- WORLD BANK. Como o gerenciamento de desastres no Brasil poderia economizar bilhões de reais. **World Group Bank**, 2012. Retrieved from: <http://www.worldbank.org/pt/news/feature/2012/11/19/Brazil-natural-disaster-management-costs-development>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- WORLD BANK. **Country Profile: Brazil**. World Bank Group – IDRB – IDA, 2016. Retrieved from: <http://www.worldbank.org/en/country/brazil/overview#1>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- WORLD COMMISSION ON DAMS - WCD. **Dams and development**. London: Earthscan Publications, 2000.
- VÖRÖSMARTY, C.; MCINTYRE, P.B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A. Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity. **Nature**, v. 467, n. 7315, p. 555-561, 2010.
- YORK, R.; ROSA, E.; DIETZ, T. A Rift in Modernity? Assessing the Anthropogenic Sources of Global Climate Change with the STIRPAT model. **International Journal of Sociology and Social Policy**, v. 23, n. 10, p. 31-51, 2003.
- ZHANG, Q.; JIANG, X.; TONG, D.; DAVIS, S.; ZHAO, H.; GENG, G. *et al.* Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade. **Nature**, v. 543, p. 705-718, 2017. Doi:10.1038/nature21712



# VULNERABILIDADE AGRÁRIA-SOCIOAMBIENTAL EM SÃO PAULO

Antoniane Arantes de Oliveira Roque<sup>1</sup>

Jansle Vieira Rocha<sup>2</sup>

Sonia Regina da Cal Seixas<sup>3</sup>

Alexandre Betinardi Strapasson<sup>4</sup>

Paulo Henrique Interliche<sup>5</sup>

## 1 Introdução

O mercado global de alimentos é um dos principais indutores da ocupação do solo e, portanto, possui expressiva contribuição para a sociedade e sua relação com o ambiente que a cerca. O enfoque na agropecuária e no produtor rural traz a possibilidade de se correlacionar aspectos econômicos e sociais da sociedade rural, com as demandas provindas da sociedade urbana, frente ao destino da produção. Seu sucesso, avaliado pelos resultados econômicos, não depende apenas da racional e eficiente aplicação de fatores de produção, como capital e trabalho, de uso correto de tecnologia e do comportamento dos preços (mercado), depende, também, e fortemente, das condições climáticas e suas imprevisíveis oscilações (RAMOS, 2009), que por sua vez influenciam nos fatores bióticos que também exercem pressão sobre a produção agropecuária.

Toda esta agropecuária e seus diferentes atores estão sob efeito direto das alterações climáticas, sendo necessária a identificação de regiões mais vulneráveis a estes efeitos negativos do global sobre o local, facilitando assim a elaboração de políticas públicas regionalizadas. Além da atenção a aspectos ambientais propriamente ditos, aparece em vários autores o reconhecimento da relevância da dinâmica social em um sentido amplo (CIDADE, 2013). Análises da vulnerabilidade físico-ambiental que incorporam aspectos sociais constituem-se na atualidade um desdobramento em direção a um enfoque de vulnerabilidade socioambiental.

Assim, a vulnerabilidade estaria associada tanto a riscos biofísicos, como a respostas sociais, mas em um domínio de área ou domínio geográfico específico (CUTTER, 1996), e se apresenta como característica que definem envolvidos no segmento em questão, com maiores demandas por auxílio do Estado. Segundo a Lei Federal nº12.187/09, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), vulnerabilidade é o grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.

1 Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI. E-mail: antoniane@yahoo.com.br.

2 Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. E-mail: jansle@unicamp.br.

3 Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPAM, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. E-mail: srcal@unicamp.br.

4 Centre for Environmental Policy, Imperial College London, United Kingdom. E-mail: alexandre.strapasson@imperial.ac.uk.

5 Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável – CDRS, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA/SP. E-mail: paulo.interliche@sp.gov.br.

Métodos de avaliação da vulnerabilidade agrícola às mudanças climáticas vêm sendo estudados e desenvolvidos, tais como os métodos compostos (WIRÉHN *et al.*, 2015) voltados ao pequeno agricultor (HARVEY *et al.*, 2014) com representações visuais geográficas (HAMEED *et al.*, 2013), e outros, ocorrendo disputas entre stakeholders de diferentes regiões ou grupos (NARDO *et al.*, 2008). Neste contexto, o presente trabalho aborda uma concepção voltada à vulnerabilidade do setor agropecuário paulista às mudanças climáticas globais, levando-se em consideração parâmetros sociais, ambientais, econômicos e produtivos.

Tomou-se como hipótese no presente estudo o fato de que as características dos produtores rurais e da localidade na qual a exploração ocorre, os colocam em menor ou maior grau de vulnerabilidade frente às mudanças climáticas globais, e tendo como objetivo específico a identificação de regiões em São Paulo mais vulneráveis às atuais alterações climáticas, apresentando assim áreas prioritárias para políticas públicas com enfoque à adaptação do setor agropecuário.

### 1.1 Identificando vulnerabilidades no setor agropecuário

Uma denominação sintética para vulnerabilidade é a “susceptibilidade de um meio ao impacto negativo com relação a um determinado risco” (COSTA *et al.*, 2007). Vulnerabilidade também foi conceituada por Preston *et al.* (2008) como tendo três componentes: exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação. O trabalho de Confalonieri, Marinho e Rodriguez (2005) é um dos primeiros estudos no Brasil sobre a questão de vulnerabilidade, e lançou as bases para o desenvolvimento de metodologias de análise de vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil.

Em estudo posterior, Confalonieri, Marinho e Barata (2011) desenvolveram indicadores quantitativos de vulnerabilidade socioambiental e de saúde, para cada município do Estado do Rio de Janeiro, em função das projeções de mudanças do clima. Atualmente estudos de vulnerabilidade encontram-se distribuídos entre as ciências sociais e geoespaciais, envolvendo tanto análises epistemológicas quanto do meio físico, interligadas ao clima.

Marandola Júnior e Hogan (2006) realizaram um extenso levantamento sobre a utilização das concepções de vulnerabilidade nos estudos populacionais e ambientais, evidenciando a utilidade dessas concepções quando se trabalha com realidades complexas e, no caso das mudanças climáticas globais, Carmo (2007) afirma que o conceito de vulnerabilidade social é fundamental, por incorporar elementos que estão além das definições estritas de pobreza.

Folharini, Oliveira e Furtado (2017) colocam que, quando é relacionada ao ambiente natural, é denominada vulnerabilidade ambiental. Dentre alguns dos fatores que definem a vulnerabilidade ambiental estão o tipo de ocupação, riscos de degradação por erosão do solo, assoreamento de rios, diminuição da biodiversidade e outros processos que causam desequilíbrio no ambiente (NASCIMENTO; DOMINGUEZ, 2009; ONU, 2004).

Assim, de acordo com Boykoff (2008), quando se fala em mudanças climáticas e as suas consequências, as limitações e incertezas locais, associadas com a ciência do clima são o discurso dominante no debate político e da mídia. Conhecer a realidade local indica Rydin (2003), pode fornecer informações relevantes sobre o contexto do impacto das alterações climáticas e suas respostas, bem como oferecer novas informações e ideias para enfrentamento destas.

O’Riordan e Ward (1997) destacam que omitir ou excluir o conhecimento local, em especial se há conflito com os especialistas que estudam o assunto, pode afetar a credibilidade e a legitimidade do processo político de tomada de decisão. É salientado por Brooks, Adger e Kelly (2005), que a complexidade das questões de governança é agravada pela incerteza sobre a escala de ação e as consequências das respostas,

pois ações em escala regional podem ter resultados imprevisíveis em escala local, necessitando assim de estudos que correspondam às escalas propícias em questão.

Trabalhos voltados à identificação da vulnerabilidade agrícola às mudanças climáticas em escalas global (WALTHALL *et al.*, 2012), em escala nacional (PORTER *et al.*, 2014) e voltados a segurança alimentar (LAL, 2016), vêm sendo desenvolvidos em diferentes centros de pesquisa. No entanto, Steiner *et al.* (2017) afirmam que é essencial o estudo das questões sobre vulnerabilidades tratados em escalas regional e locais, ajudando assim a identificação de estratégias de adaptação nos locais onde as decisões de gestão são tomadas.

É descrito por River (2005), o papel que os representantes dos governos locais podem desempenhar, orientando as políticas estatais em função das necessidades dos valores locais. Daí a importância de se efetuar um correto planejamento de ações em diferentes escalas de aplicabilidade, principalmente num estado como São Paulo, com vasta extensão leste-oeste, ampla variabilidade climática e especificidades de atuação locais.

Embora as mudanças climáticas sejam inerentemente uma questão global, Leitch e Robinson (2012) afirmam que os impactos serão sentidos de forma mais aguda em escala local. Este nível local é muitas vezes alterado pelo modo de ocupação do território, transformado e produzido pela sociedade, e conforme indicam Ely, Almeida e Sant'Anna Neto (2003) faz com que algumas áreas produtoras apresentem maior vulnerabilidade com relação à variabilidade climática do que outras, pois, dependendo de sua intensidade ao longo do tempo e do espaço, pode representar grandes perdas ao pequeno agricultor, descapitalizado, sem acesso às novas tecnologias e aos programas de seguro agrícola.

Assim, Preston, Yuen e Westaway (2011) levantam uma questão fundamental em se destacar, colocando o papel importante da ciência em fazer os riscos intangíveis provenientes das influências ambientais, visíveis à população e aos governos.

Enquanto risco se refere à presença de população em locais que podem ser afetados por eventos climáticos, a vulnerabilidade diz respeito à propensão e à predisposição do referido contingente populacional para ser afetado (IPCC, 2012).

Porém discutir questões de risco e as possíveis vulnerabilidades a elas, a que as sociedades estão expostas, traz a necessidade de aceitação que as influências ambientais estão ocorrendo, fato este ainda em contrassenso na sociedade. Dessai e Hulme (2007) afirmam que, mesmo que discussões ainda estejam em andamento sobre estas, as abordagens dos impactos das mudanças climáticas podem ocorrer com base na certeza parcial, ou seja, em relatórios e estudos que indicam que estas estejam ocorrendo, bem como apoiar-se no princípio da precaução.

Dado que um dos elementos chave da mudança climática é que, as causas e os impactos estão distantes no tempo e lugar, pois os efeitos ocorridos num determinado local podem aparecer em locais distantes e temporalmente após passado certo período de tempo, Shaw *et al.* (2009) salientam que o processo de mapeamento, pelo menos, ajuda a tornar os impactos mais tangíveis, à escala local. Nesta tendência, trabalhos como o de Li *et al.* (2006) apresentam as tecnologias espaciais, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como ferramentas poderosas para a avaliação do ambiente ecológico.

Measham e Preston (2012) afirmam que, para um problema, como a mudança climática, que está distante em termos de causa e efeitos, a análise vulnerabilidade pode desempenhar um papel crucial em uma reflexão sobre o que fazer sobre o problema, não se limitando apenas à confecção de relatórios de efeitos. O atual aumento pela demanda por geração de energia, infraestrutura, produção mineral e agrícola, e ainda o crescimento urbano desordenado e sem planejamento, é indicado por Dobrovolski *et al.* (2011) como razões para o possível aumento da vulnerabilidade dos sistemas naturais às mudanças no uso de terra. Foley *et al.* (2005) afirmam ainda que esta dinâmica pode acelerar ainda mais, os efeitos das mudanças climáticas.

Como forma de refinar as análises neste contexto, a IOC (2009) sugere a aplicação de metodologias que integrem as variáveis inseridas nos principais tipos de riscos relacionados às mudanças climáticas, bem como a realização de diferentes escalas de análise de vulnerabilidade, de macro a micro, dependendo do enfoque que será dado pelos programas nacionais para gerenciamento.

O PBMC (2014) destaca que é justamente nesse escopo de planejamento estratégico integrado que as variáveis relacionadas à vulnerabilidade devem ser inseridas, principalmente quando da análise geográfica de prioridades de atuação. Nesse sentido, Cutter (2003) afirma que as comunidades locais necessitam de melhores representações espaciais dos riscos e vulnerabilidades associadas a elas. No documento do PBMC (2014) é descrito que a vulnerabilidade pode ser do lugar, indicando maior susceptibilidade aos riscos, ou pode ser social, que incorpora além da susceptibilidade, a perspectiva da capacidade de enfrentamento dos riscos de diversas ordens, principalmente através dos ativos (sociais, econômicos ou outros) que podem ser mobilizados nesse processo. É indicada também a importância do mapeamento para se compreender a realidade social em que se encontram os grupos mais vulneráveis, de maneira a construir políticas mais efetivas de redução dessa vulnerabilidade.

A produção agrícola familiar, presente em grande parte da população rural paulista, é um setor altamente sensível a mudanças climáticas, pois precipitação, temperatura, e concentração de dióxido de carbono atmosférico, influenciam diretamente nos produtos gerados por esta parcela da agricultura, a qual sofre efeitos ainda da pressão social do urbano e questões de ordem econômicas, no tipo de produtos demandados e precificação dos mesmos.

Deconto (2008) afirma que, caso não sejam tomadas medidas de mitigação e adaptação, a geografia da produção nacional pode se alterar nas próximas décadas, influenciada pela intensificação de mudanças climáticas, figurando os estados de São Paulo e Minas Gerais como principais atingidos.

São levantados por Bates *et al.* (2008) que tais alterações climáticas modificam a quantidade e a qualidade da água, afetando potencialmente a produção de alimentos, podendo levar à diminuição da segurança alimentar e maior vulnerabilidade dos agricultores pobres. Kabat *et al.* (2003) indicam ainda que pode afetar a saúde dos ecossistemas e o crescimento e propagação de doenças relacionadas à água, bem como trazer consequências ao abastecimento, e, portanto, às práticas de gestão de água (KUNDZEWICZ *et al.*, 2007).

No trabalho de Kabat *et al.* (2003) é afirmado ainda que as questões de variabilidade e alterações climáticas não têm sido integralmente consideradas nas atuais políticas de recursos hídricos e nos processos de tomada de decisão, em especial nos países em desenvolvimento, onde recursos financeiros e impactos humanos e ecológicos são potencialmente maiores, e os recursos hídricos já podem estar em situação de grande estresse, associados ainda, à pequena capacidade de se enfrentar e se adaptar às mudanças.

Jacobi e Barbi (2007) explicam que, no Brasil, a bacia hidrográfica é adotada como unidade regional de planejamento e gerenciamento das águas, o que resultou na delimitação de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos órgãos consultivos e deliberativos são denominados Comitês de Bacias Hidrográficas.

Em São Paulo, a Lei Estadual nº 7.663/91, que estabeleceu a política estadual de recursos hídricos, criou este tipo de sistema de gestão dos recursos hídricos, com base em três princípios: descentralização, integração e participação. A descentralização foi realizada com a criação de 22 unidades de gestão de bacias hidrográficas (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs). Essas unidades são dirigidas por comissões com a participação do governo estadual, municípios e sociedade civil, sendo estas, órgãos deliberativos, onde

negociações ocorrem e decisões são tomadas. As instituições das bacias hidrográficas são a parte executiva das comissões, que prestam apoio técnico e possuem corpo técnico e recursos para a tomada de decisões e realização de ações. Hogan *et al.* (2000) afirmam que São Paulo é o estado mais avançado do país em termos de gerenciamento de recursos hídricos, tendo em 1991 aprovado o primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos. Atualmente, encontra-se em funcionamento o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), que regula a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas no estado.

O Estado de São Paulo, embora seja uma das áreas mais dinâmicas do Brasil, para Egler, Bessa e Gonçalves (2013), ainda apresenta desigualdades territoriais expressivas, refletindo assim sob o ponto de vista de sua coesão territorial. Em 2009, por exemplo, apenas uma das 22 UGRHIs contava com o zoneamento ecológico econômico (ZEE) aprovado (UGRHI Litoral Norte) e somente o Vale do Paraíba contava com um plano de mineração, que diz respeito à extração de areia nas suas várzeas. Na mesma época, poucos planos regionais de resíduos sólidos estavam consolidados, como o do Alto Tietê, Baixada Santista e Vale do Ribeira (SMA/CPLA, 2009). Atualmente a SMA, por meio de sua Coordenadoria de Planejamento Ambiental, investe esforços na finalização deste ZEE para São Paulo.

A gestão destas unidades territoriais deve integrar os vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental. A bacia hidrográfica permite essa abordagem integrada e, segundo Yassuda (1993), a bacia hidrográfica é o palco de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural da localidade. Configurando, portanto, como elemento integrativo e facilitador para análises de vulnerabilidade ambiental, englobando fatores locais do meio físico, do ambiente e da agropecuária.

Guivant e Jacobi (2003) afirmam que se trata de uma concepção de gestão pública colegiada, com negociação sociotécnica, através dos CBHs, na qual a legislação de recursos hídricos reserva à sociedade civil uma responsabilidade central na condução da política e da gestão desses recursos.

As UGRHIs constituem unidades territoriais que possuem limites geográficos bem definidos e permitem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos e já é utilizada por políticas públicas como o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), responsável por financiar empreendimentos voltados a preservação e conservação das águas em São Paulo. Conforme o artigo 20 de sua lei de criação são formadas por partes de bacias hidrográficas ou por um conjunto delas, que levam em consideração os limites hidrológicos, porém acrescentando em alguns limites, questões políticas que facilitem a gestão do território.

Cidade (2013) apresenta a ideia de que o tema da vulnerabilidade como um risco do lugar é introduzido como uma articulação dos temas da vulnerabilidade de cunho ambiental, social e espacial, com uma perspectiva de análise interdisciplinar.

As multivariáveis envolvidas em análises sobre vulnerabilidade exigem ferramentas que permitam comparar as variáveis entre si, e ponderar pesos para cada uma delas, auxiliando assim os processos de escolha dos mais importantes, tudo isto num ambiente de análise que leve em consideração o caráter geoespacial das variáveis, e o uso dos SIG vêm sendo cada vez mais presentes neste tipo de análises, que segundo Cowen (1988) permitem um sistema de suporte que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas. É destacado por Assad e Sano (2003) que existem três principais maneiras de se utilizar o SIG: como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial, e como função de armazenar, processar e recuperar informações espaciais.

Trabalhos que integram esse tipo de concepção, unindo a análise espacial e conceitos de vulnerabilidade, são cada vez mais frequentes associados a processos de análise hierárquica (AHP – acrônimo em inglês para Analytic Hierarchy Process) através

de comparação de pares para estabelecer a relação entre as variáveis, tendo-se como exemplo Thanh e De Smedt (2011), Song et al. (2010), e Ying et al. (2007).

O AHP é uma técnica de tomada de decisão multicritério, que pode ser utilizada dentro de um ambiente de SIG. Ho (2008) destaca que a eficácia do AHP na avaliação de problemas que envolvem múltiplos e diversos critérios levou ao seu reconhecimento em diferentes campos de aplicação. Ouma e Tateishi (2014) explicam que os métodos de análise multicritérios fornecem uma estrutura que pode lidar com diferentes pontos de vista sobre a identificação dos elementos de um problema de decisão complexa, organizar os elementos em uma estrutura hierárquica e estudar as relações entre as componentes do problema.

Dando suporte ao estudo da vulnerabilidade ambiental, destacam Rodrigues e Pinese Júnior (2012), o AHP, desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70 consiste na criação de uma hierarquia de decisão, composta por níveis ou classes de importância que permitem uma visão global das relações inerentes ao processo. Para estabelecer a importância relativa de cada fator da hierarquia são elaboradas matrizes de comparação para cada nível, onde os resultados das matrizes são ponderados entre si (SILVA; NUNES, 2009).

É fundamental a estruturação do problema pelo tomador de decisão, o que é facilitado pelo uso da AHP, pois permite uma estrutura hierárquica dos critérios, com alocação de pesos a critérios específicos, permitindo-se assim lidar com decisões complexas devido a multicritérios envolvidos. É dito por Estoque e Murayama (2010) que o AHP ao invés de prescrever uma decisão correta, ajuda o tomador de decisão a encontrar o que melhor se adapte às suas necessidades e sua compreensão do problema, permitindo a participação ativa dos tomadores de decisão na exploração de todas as opções possíveis para entender completamente os problemas subjacentes antes de chegar a um acordo ou chegar a uma decisão. Portanto, o AHP visa julgar as alternativas dadas para um determinado objetivo, desenvolvendo prioridades para essas alternativas e critérios (OUMA; TATEISHI, 2014).

Na utilização do AHP, Saaty (2008) enfatiza que esta é uma técnica de comparação par-a-par, usada para derivar as prioridades para os critérios em termos de sua importância na realização do objetivo, com comparações de pares em termos de seu peso em relação a cada critério. O AHP baseia-se assim em três princípios: decomposição, julgamento comparativo e síntese de prioridades.

O uso desta técnica na análise de vulnerabilidade voltada ao rural produtivo, na delimitação territorial em UGRHIs no Estado de São Paulo, permite que análises sejam realizadas numa concepção de ação local, levando-se em conta particularidades inerentes às diferentes regiões hidrográficas paulistas, num ambiente de SIG com análise multicritérios. Os resultados para cada UGRHI podem ser vistos como espaços locais para ações regionais, devido as especificidades conjuntas destas regiões, tanto físicas, bióticas e econômicas, permitindo ainda que as ações derivadas sejam implementadas em maior medida, pois estas unidades possuem recursos próprios do erário para a condução de políticas públicas de mitigação das vulnerabilidades apontadas.

## 2 Materiais e Métodos

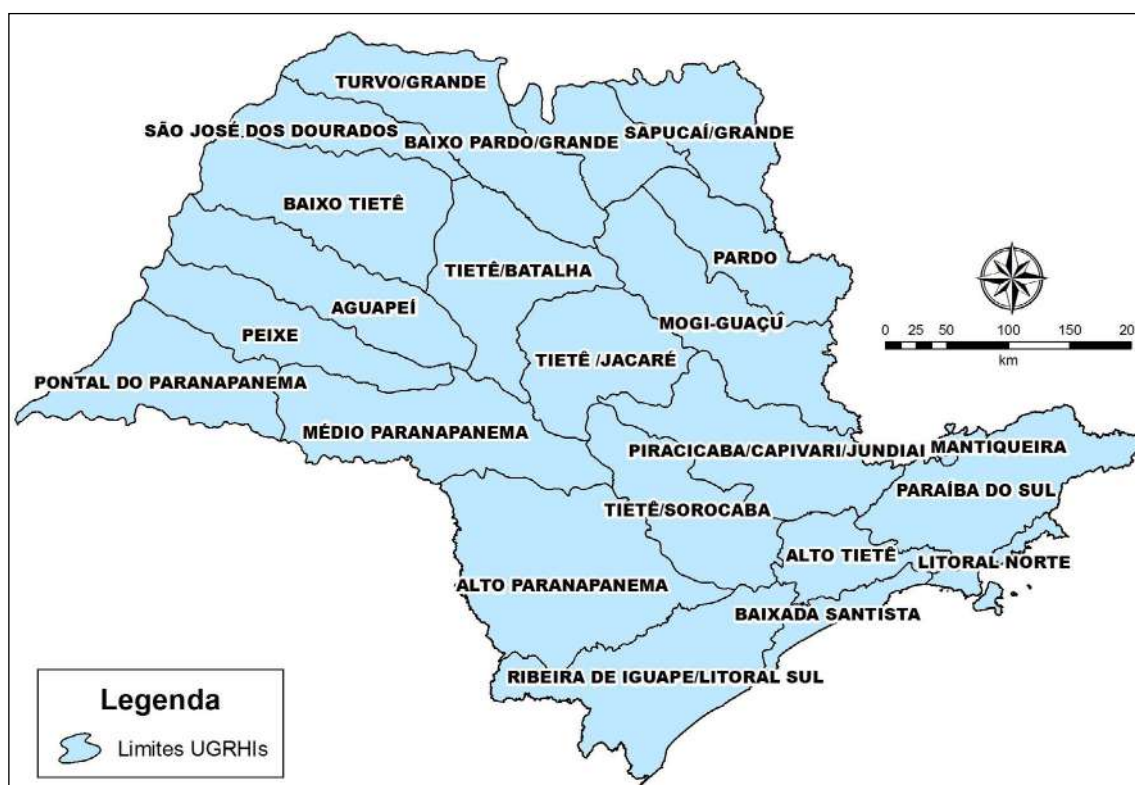
### 2.1 Base de dados

A base de informações das análises aqui realizadas é o Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária (LUPA) no ano agrícola de 2016/2017 (dados não depurados), realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) (SÃO PAULO, 2018). A unidade básica de análise é a Unidade de Produção Agropecuária (UPA).

O período de referência do levantamento refere-se sempre ao ano agrícola, o que explica a existência de parte de dois anos civis na caracterização de cada censo, sendo as informações nele contidas relativas ao recenseamento de agosto do primeiro ano a julho do último. O ano agrícola mostra mais claramente a situação do segmento rural e permite uma melhor avaliação econômica e financeira com escopo voltado às tomadas de decisões a este setor.

## 2.2 Vulnerabilidade agrária-socioambiental

Para a análise de vulnerabilidade, com intuito de estabelecer a importância relativa de cada fator no processo de identificação da vulnerabilidade ambiental, levando-se em consideração parâmetros do ambiente, critérios socioeconômicos, econômicos e organizativos das Unidades de Produção Agropecuária, foi utilizada como unidade de análise espacial as 22 Unidades de Gerenciamento de recursos Hídricos - UGRHs (Figura 1) do Estado de São Paulo, vetorizadas conforme a base de municípios do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC, 2010).



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 1.** Unidade de análise para o estudo de vulnerabilidade ambiental – UGRHs.

O método AHP foi utilizado para hierarquização das variáveis envolvidas. Sendo adotadas sete variáveis para a análise: critérios de uso do solo (práticas conservacionistas de solo e exploração agrícola), critérios socioeconômicos, critérios econômicos, e critérios ambientais (topografia, clima e solo), conforme Tabela 1.



**Tabela 1.** Critérios para análise de vulnerabilidade ambiental e sua função.

<b>Critérios</b>	<b>Função</b>
Práticas de conservação do solo realizadas pelas UPAs	Avaliar a capacidade dos agricultores para com a manutenção das condições funcionais para a agropecuária
Exploração Agrícola realizada pelas UPAs	Ponderar sobre a flexibilidade e velocidade de alteração de cultura frente a mudanças
Critérios Socioeconômicos das UPAs	Ponderar sobre a capacidade organizativa e de adaptação socioeconômica
Critérios Econômicos das UPAs	Ponderar sobre dependência financeira da produção agropecuária pelo produtor
Topografia	Ponderar sobre condições topológicas para a sustentabilidade de atividades agropecuárias
Clima	Ponderar sobre as condições climáticas para o bom desenvolvimento de atividades agropecuárias
Solo	Ponderar sobre a sustentabilidade do solo para o bom desenvolvimento de atividades agropecuárias

Fonte: Elaborado pelos autores.

As variáveis da análise de vulnerabilidade são as contidas na Tabela 2, provenientes de bases vetoriais disponíveis na web e dos dados do LUPA 16/17, divididas em alto, médio e baixo grau de vulnerabilidade.

A variável “práticas conservacionistas do solo” refere-se às condutas do produtor nas explorações agropecuárias, sendo que sua contabilização se deu por porcentagem de UPAs na UGRHI, indicando-se assim a porcentagem de envolvidos na aplicação dessas ações de preservação do solo.

**Tabela 2.** Critério de análise para vulnerabilidade.

<b>Critérios</b>	<b>Unidade</b>	<b>Vulnerabilidade ambiental</b>		
		<b>Baixa</b>	<b>Média</b>	<b>Alta</b>
Práticas de conservação do solo	Número de UPAs	Realiza Plantio Direto e/ou	Pelo menos duas das práticas abaixo:	Menos que duas das práticas ao lado
			Adubação orgânica	
			Adubação mineral	
		Realiza práticas de conservação do solo	Adubação verde	
			Realiza Manejo Integrado de Pragas	
			Realiza análises de solo	
Exploração Agrícola	Número de UPAs	Grupo das olerícolas	Grupo dos grãos	Grupo das frutas

continua

continuação

Critérios	Unidade	Vulnerabilidade ambiental		
		Baixa	Média	Alta
Critérios socioeconômicos	Número de UPAs	Realiza pelo menos uma atividade econômica rural e não agropecuária:	Pelo menos quatro ocorrências:	Menos que quatro ocorrências dos critérios ao lado
		Transformação artesanal	Utiliza assistência técnica oficial	
		Turismo rural/ecoturismo	Utiliza assistência técnica privada	
		Restaurante/lanchonete	É associado	
		Plasticultura	É cooperado	
		Pesque-pague	É sindicalizado	
		Outras atividades econômicas rurais	Utiliza crédito rural	
		Hotel fazenda/pousada/spa	Dispõe de energia elétrica	
		Hidroponia	Faz escrituração agrícola	
			Utiliza seguro rural	
Critérios econômicos	Número de UPAs	Menos que 40% da renda proveniente da UPA	Entre 40 e 70% da renda proveniente da UPA	Mais que 70% da renda proveniente da UPA
Topografia	Área	Declividades < 7°	Declividades ≥ 7 e < 25°	Declividades ≥ 25°
Clima	Área	Am	Cwb	Aw
		Af		
		Cfb	Cfa	Cwa
		Cwc		
Solo	Área	Latosolos	Argissolos	Espodossolos
				Gleissolos
		Organossolos	Nitossolos	Neossolos
				Cambissolos
		Chernossolos	Luvisolos	Planossolos
				Plintossolos

Fonte: Elaborado pelos autores.

As explorações agrícolas entram como critério de vulnerabilidade, pois o grupo das olerícolas (área da horticultura que abrange a exploração de hortaliças e que engloba culturas folhosas, raízes, bulbos, tubérculos, frutos diversos e partes comestíveis de plantas) possui baixa vulnerabilidade às mudanças climáticas, pois por serem culturas de ciclo curto, permitem uma rápida adaptação pelo agricultor, permitindo-se a rápida alteração da exploração sobre a área gerida, seguido do grupo dos grãos, pela sua característica temporária, porém de média facilidade de alteração para outras (devido a área envolvida na exploração e os recursos investidos em sua

instalação), colocando-se o grupo das frutas como de alta vulnerabilidade, devido a sua dependência do regime pluviométrico e clima, e ainda levando-se em conta a dificuldade na alteração de cultura explorada, devido aos custos. Esta variável foi contabilizada conforme o número de UPAs envolvidas em cada exploração.

Os critérios socioeconômicos indicam a capacidade organizativa dos agricultores e refletem a sua capacidade de mobilização diante de possíveis alterações climáticas e mudanças no ambiente.

A variável topografia, clima e solo referem-se ao mapeamento da superfície do território de São Paulo e são contabilizadas de acordo com as proporções de área de ocorrência de cada parâmetro, conforme o grau de vulnerabilidade.

A análise da topografia foi realizada utilizando-se o Projeto MDE CATI (CATI, 2016), consistindo este num modelo contínuo da superfície terrestre, ao nível do solo, representado por uma malha digital de matriz cartográfica encadeada, ou raster, onde cada célula da malha possui um valor de elevação (altitude) do terreno, sendo então calculada a declividade, por meio do fatiamento em classes de declive.

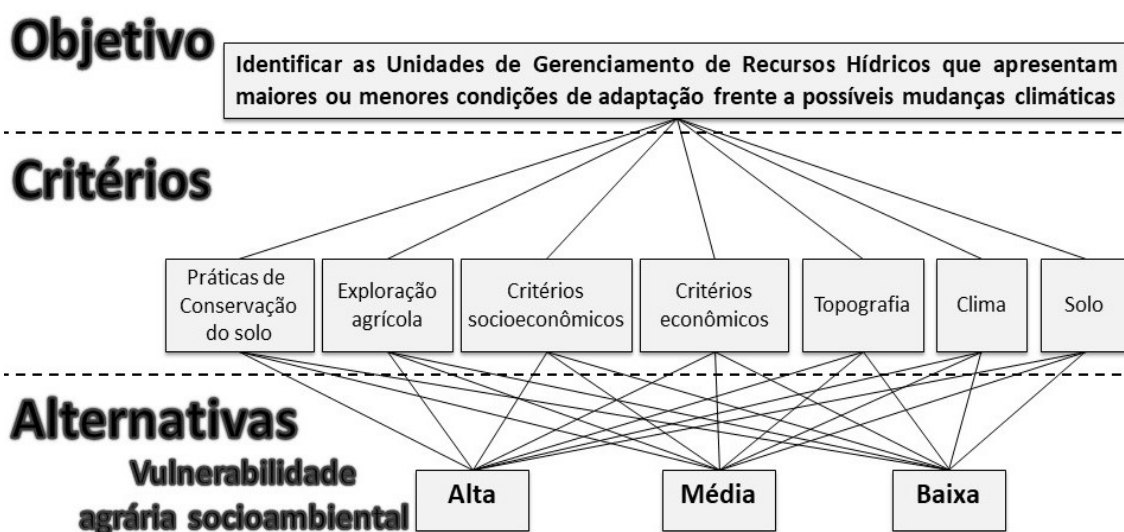
As classes de declive adotadas para a classificação da vulnerabilidade levam em consideração as áreas de uso restrito (entre 25° e 45° - Lei Federal nº12.651/2012), e as áreas passíveis de mecanização para a cultura da cana-de-açúcar (atualmente até 12%, ou seja, 7°).

O clima é proveniente da classificação efetuada por Alvares *et al.* (2013), na qual os autores realizaram uma atualização da classificação climática de Koëppen (sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia) para São Paulo, sendo as ocorrências em São Paulo: climas tropicais (Aw-clima tropical com estação seca, Am-clima de monção, Af-clima tropical húmido em clima equatorial) e climas temperados (Cfa-clima temperado húmido com verão quente, Cfb-clima temperado húmido com verão temperado, Cwa-clima temperado húmido com inverno seco e verão quente, Cwb-clima temperado húmido com inverno seco e verão temperado, Cwc-clima temperado húmido com inverno seco e verão curto e fresco). A separação das classificações climáticas nas classes de vulnerabilidade alta, média e baixa se deu em função das características de disponibilidade hídrica e temperaturas adequadas ao longo do ano para o desenvolvimento das atividades agropecuárias.

O sistema de classificação climática de Koëppen é amplamente utilizado para tal descrição e vem sendo empregado em diversas áreas, tais como meteorologia (VIANELLO; ALVES, 2013), climatologia (ROHLI; VEGA, 2012), geografia (PETERSEN; SACK; GABLER, 2012), ecologia (ADAMS, 2009), e agrometeorologia (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), além de ser descritivo sempre presente quando de caracterização de áreas experimentais em trabalhos de revistas indexadas. Os tipos climáticos de Koëppen são simbolizados por dois ou três caracteres, sendo que o primeiro indica a zona climática e é definido pela temperatura e precipitação, o segundo considera a distribuição das chuvas e o terceiro é a variação da temperatura sazonal.

Os grupamentos de solos, pertencentes a 12 classes de 1º nível taxonômico (Ordem) foram obtidos de Rossi (2017), no qual a classificação pedológica das diferentes ocorrências de solo do Estado é apresentada, tendo o autor agrupado levantamentos pedológicos de diversos autores e regiões de São Paulo. A base de análise ocorre no nível de ordem dos solos, sendo as ocorrências em São Paulo: Espodossolos (solos geralmente ácidos e pouco profundos), Gleissolos (saturados com água), Neossolos (solos rasos e arenosos), Cambissolos (elevado teor de minerais primários), Argissolos (possuem nítida diferenciação entre camadas do solo), Nitossolos (solos homogêneos entre camadas e argilosos), Latossolos (solos profundos, bem drenados e com alta resiliência), Organossolos (solos orgânicos, em condições de saturação com água), Planossolos (solos minerais mal drenados), Plintossolos (presença de camada de impedimento ao crescimento radicular), Luvisolos (camada subsuperficial com argila de atividade alta e alta saturação por bases), Chernossolos (solos de cor escura, férteis e agricultáveis).

No método AHP estabelece-se o objetivo, os critérios envolvidos e as alternativas, conforme Figura 2. Os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois a dois, na mesma ordem de importância estabelecida. Variáveis de maior importância transmitem sua influência para as variáveis menos importantes, em níveis hierárquicos mais baixos, que por sua vez contribuem também com a funcionalidade e coerência nos níveis superiores (SAATY, 1986). Ao final do processo, os pesos gerados para cada variável irão gerar uma função de agregação aditiva, na qual, para cada alternativa específica, será atribuído um valor final que possibilitará a ordenação global de todas as alternativas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 2.** Estrutura de análise hierárquica da vulnerabilidade ambiental.

A comparação pareada entre os critérios definidos foi realizada pelos técnicos das Unidades Técnicas de Engenharia (UTE) do órgão de assistência técnica e extensão rural (ATER) paulista, sendo esta equipe composta por onze profissionais de nível superior, com mais de 30 anos de experiência em projetos de engenharia, dentro dos programas da pasta da SAA (estradas rurais, práticas de conservação do solo, atividades de geomática, planejamento de propriedades, entre outros), com ações desenvolvidas em todo o território paulista, conhecendo assim as particularidades das diferentes realidades das regiões, buscando-se trazer os elementos do local para as inferências regionais. Desta forma, destaca-se que a ponderação entre as variáveis será sob a óptica dos gestores e atores do órgão responsável pelas ações de ATER em São Paulo. As entrevistas foram aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CAAE nº 93797618.2.0000.8142 (CEP-UNICAMP), parecer número 2.917.644.

Os cruzamentos e processamento das informações foi realizado com uso dos softwares ArcGIS versão 10.5.1 e Excel 2010, utilizando-se de ferramentas de consulta e processamento espaciais, ferramentas avançadas de edição de tabelas e tabulação cruzada. Os dados são provenientes e retroalimentados em banco de dados Oracle versão 12c.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Vulnerabilidade agrária-socioambiental em São Paulo

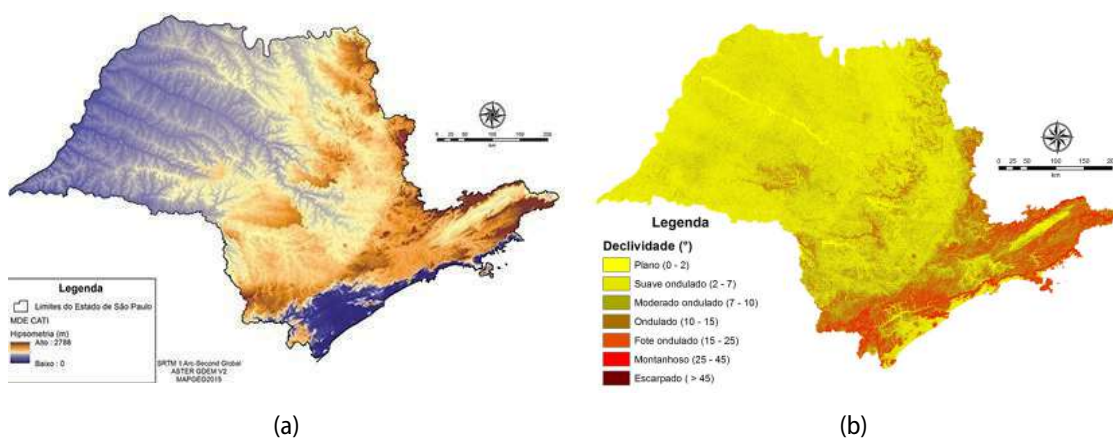
Malta, Costa e Magrini (2017) afirmam que nos últimos anos, o termo vulnerabilidade tornou-se palavra-chave nos estudos sobre risco ambiental e mudanças climáticas. É destacado por Gallopín (2006) que o conceito de vulnerabilidade é bem amplo, sendo desta forma adaptado para diferentes áreas do conhecimento.

Muitas vezes, para que esta vulnerabilidade se torne mensurável, a dimensão territorial é utilizada como base de análise, e conforme afirmam Egler, Bessa e Gonçalves (2013), o território é a manifestação mais evidente dos processos econômicos, sociais e políticos que moldam a região enquanto espaço vivido.

Unindo as informações até então apresentadas para o setor agropecuário paulista, com informações de explorações agrícolas, dados econômicos e socioambientais das UPAs, e ainda informações de relevo, solo e clima de São Paulo, foi desenvolvida análise com vistas a identificação da vulnerabilidade agrária- socioambiental frente às influências ambientais das mudanças climáticas.

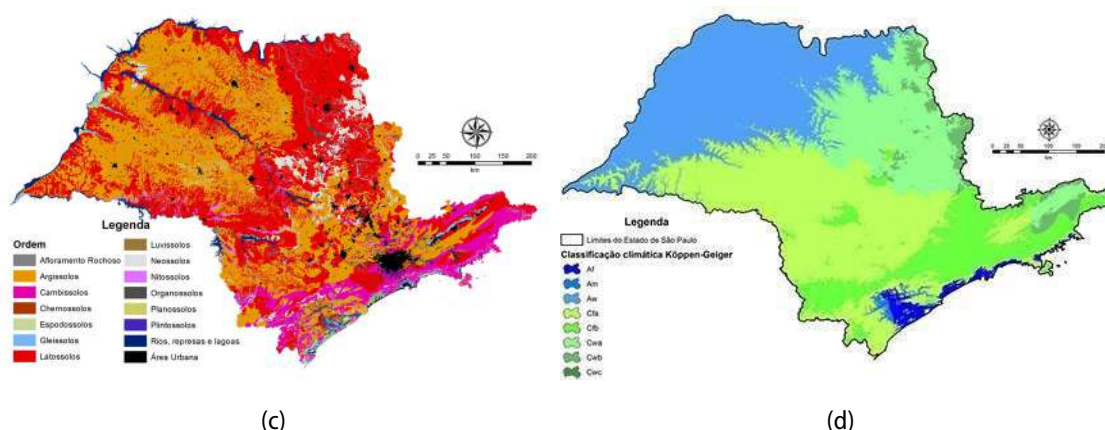
Na Figura 3, são apresentadas as bases de relevo, solo e clima de São Paulo levadas em consideração: (a) modelo digital de elevação, base para as análises de topografia das UGRHIs, (b) mapa de declividades, derivado do processamento do primeiro, (c) mapa de solos, base para as análises de vulnerabilidade na variável solo, e (d) mapa de clima, base para as análises de vulnerabilidade na variável clima. Tais elementos visam compreender como as variáveis preestabelecidas aos agricultores, ou seja, o local no qual estes realizam suas atividades agropecuárias irá colocá-los em situação de maior ou menor vulnerabilidade frente às influências ambientais.

Para fins metodológicos e analíticos, a vulnerabilidade socioambiental aqui trabalhada, segue a conceituada por Alves (2006), sendo definida como a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais sob risco (vulnerabilidade social) e áreas de risco (vulnerabilidade ambiental). Neste sentido, é justamente a combinação destas duas dimensões que está sendo considerada sob o enfoque ao setor agropecuário. Figueiredo *et al.* (2010) ressalta que estudos usualmente consideram pelo menos um dos fatores: exposição de um sistema às perturbações, sensibilidade do meio e capacidade adaptativa, sendo necessário o pronto esclarecimento desses conceitos em análises de vulnerabilidade.



continua

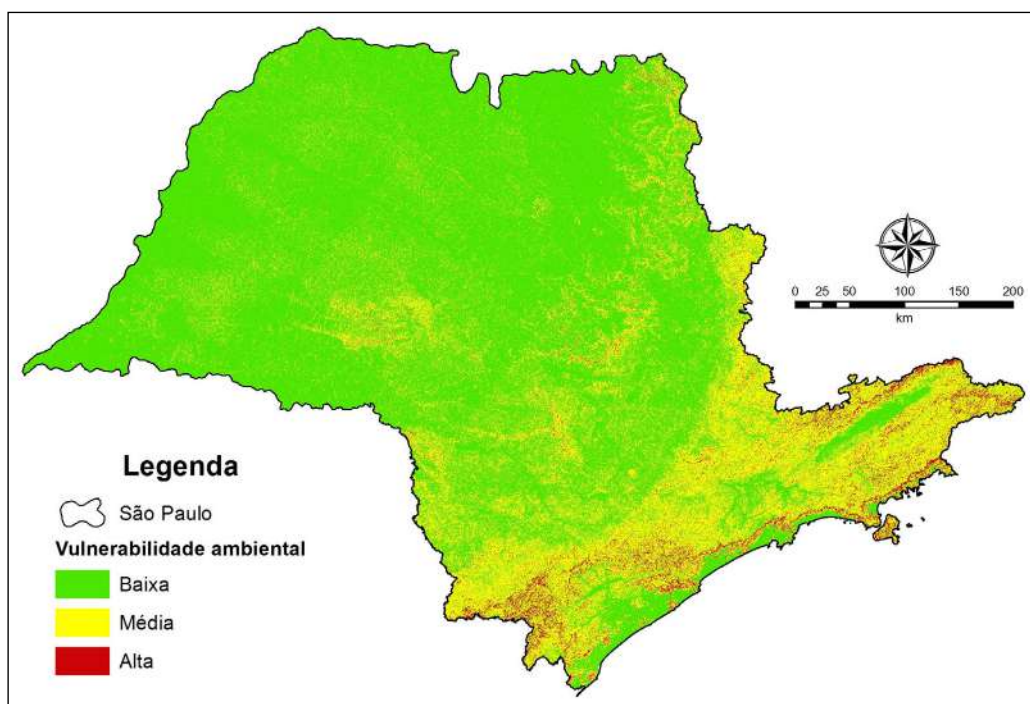
continuação



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 3.** Bases vetoriais e matriciais para análise: (a) modelo digital de elevação, (b) mapa derivado de declividade, (c) mapa de solos, e (d) mapa de classificação climática.

Desta forma, o primeiro elemento em consideração para a definição de vulnerabilidade agrária-socioambiental refere-se à formação topográfica, seguindo-se a metodologia exposta na Tabela 2, obteve-se o mapa da Figura 4.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 4.** Vulnerabilidade ambiental sob o enfoque topográfico.

As áreas em vermelho representam situação de alta vulnerabilidade ambiental para o setor agropecuário, pois pelo fato de possuírem acentuada declividade, possuem riscos em casos de regimes de pluviosidade aumentada e intensificada. Cruz, Pinese Junior e Rodrigues (2010) destaca que quanto mais inclinado é o relevo, maior a suscetibilidade aos processos erosivos, uma vez que a intensidade do fenômeno

depende da escoamento.

A definição de vulnerabilidade ambiental, de acordo com Olímpio e Zanella (2011), representa uma importante ferramenta para a tomada de decisão, notavelmente para os gestores públicos, ao indicar espacialmente a dinâmica do meio natural e, conseqüentemente, indicar as potencialidades e as limitações, bem como os riscos das ocupações impróprias, em cada porção do espaço.

Realizou-se então uma tabulação cruzada com os limites das UGRHs, obtendo-se a Tabela 3. Constata-se que como um todo, o Estado de São Paulo possui excelentes características topográficas para o desenvolvimento da agricultura em seu território, pois 70,0% deste possui baixa vulnerabilidade neste quesito.

**Tabela 3.** UGRHs e porcentagem da área em vulnerabilidade ambiental sob o enfoque topográfico.

UGRHI	Vulnerabilidade topográfica (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	82,8	17,1	0,2
ALTO PARANAPANEMA	55,3	43,6	1,1
ALTO TIETÊ	40,9	56,8	2,4
BAIXADA SANTISTA	46,8	38,8	14,4
BAIXO PARDO GRANDE	95,6	4,4	0,0
BAIXO TIETÊ	91,6	8,4	0,0
LITORAL NORTE	18,5	52,4	29,2
MANTIQUEIRA	10,0	75,3	14,7
MÉDIO PARANAPANEMA	83,8	16,2	0,0
MOGI GUAÇU	79,2	20,2	0,6
PARÁIBA DO SUL	22,9	65,1	12,0
PARDO	68,7	30,3	1,0
PEIXE	81,9	17,6	0,5
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	56,0	42,0	2,0
PONTAL DO PARANAPANEMA	92,2	7,8	0,0
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	28,8	57,5	13,7
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	89,1	10,9	0,0
SAPUCAÍ GRANDE	79,2	19,6	1,2
TIETÊ JACARÉ	83,8	15,8	0,4
TIETÊ BATALHA	87,0	13,0	0,0
TIETÊ SOROCABA	60,7	38,5	0,8
TURVO GRANDE	91,7	8,2	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>70,0</b>	<b>27,4</b>	<b>2,6</b>

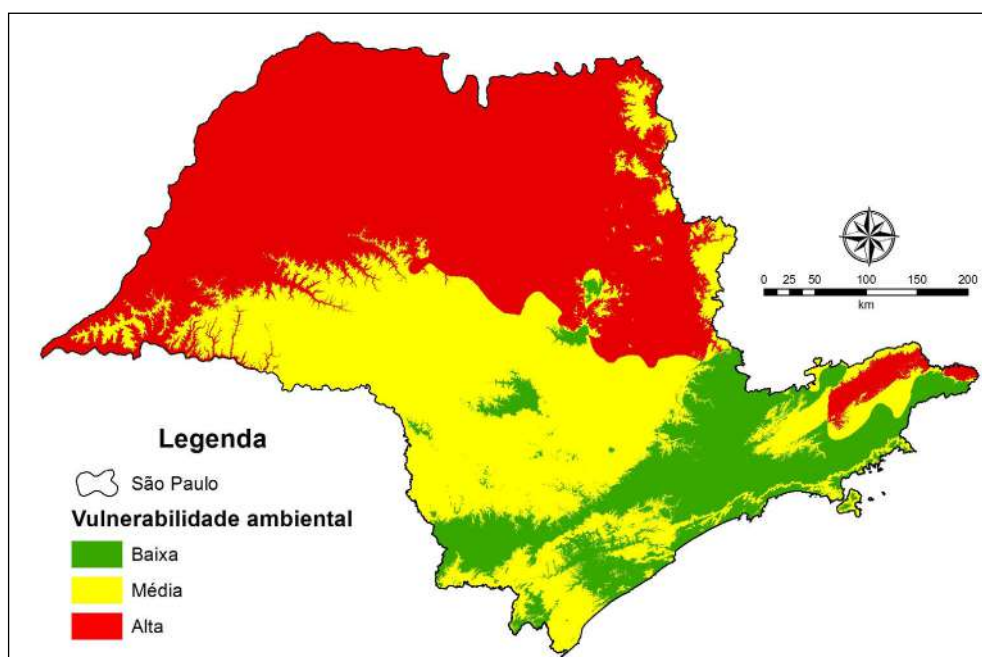
Fonte: Elaborado pelos autores.

Quatro UGRHs, Litoral Norte, Mantiqueira, Baixada Santista e Ribeira de Iguape e Litoral Sul possuem mais de 13% de sua área sob alta vulnerabilidade, fato esse que corrobora com constatações anuais nestas regiões, com constantes deslizamentos de terra em épocas de chuva, diminuição dos espaços para as explorações agropecuárias, bem como a perda de sua produção por conta das características topográficas associadas com as climáticas. Importante também destacar que a alta vulnerabilidade neste quesito para a

agropecuária, corresponde a elemento de manutenção da vegetação nativa em São Paulo.

Mukesh *et al.* (2017) destacam que a vulnerabilidade natural e ambiental é altamente afetada por más condições climáticas, menor cobertura agrícola, degradação da terra e altas atividades socioeconômicas.

Partiu-se então para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima de São Paulo (Figura 5), agrupando-se as classificações climáticas de Köppen-Geiger de acordo com o padrão temporal ao longo do ano, com vistas a condições que permitam um pleno desenvolvimento da maioria das culturas, com disponibilidade regular de água e variações de temperatura com baixo regime de alternância em extremos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 5.** Vulnerabilidade ambiental sob o enfoque climático.

O mapa obtido permite acrescentar uma nova justificativa ao desenvolvimento urbano ao eixo da BR-116 entre São Paulo e Rio, favorecendo o desenvolvimento do urbanizado em função das baixas condições ao desenvolvimento da agropecuária. Permite ainda explicar o atual estado de degradação das pastagens no oeste de São Paulo, e ainda o uso intenso de irrigação na região de Guairá (norte do Estado).

As áreas de baixa vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima vêm atualmente intensificando o plantio de culturas agrícolas como do feijão (região de Itapetininga – centro/sul do Estado), e olerícolas, principalmente morango e hortaliças (região de Bragança Paulista e Mogi das Cruzes respectivamente).

Com a tabulação cruzada para a variável vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima (Tabela 4), obteve-se uma porcentagem de 48,1% de São Paulo, em alta vulnerabilidade neste quesito. Tal valor corrobora com a bibliografia até então abordada, e também com Siqueira e Peterson (2003), indicando que com as mudanças climáticas, o território paulista perderá grande parte de sua área produtiva, vindo a ocorrer uma alteração brusca da dinâmica de uso do solo.

A identificação de regiões ambientalmente vulneráveis ao clima é um aspecto importante do manejo de recursos florestais segundo Zou e Yoshino (2017), especialmente em formações florestais que exibem sensibilidade à mudança climática. As regiões de alta vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima, apesar de serem voltadas neste estudo ao desenvolvimento da agropecuária, servem também de indicativo de cuidados



mais intensos na condução de projetos de restauração florestal nestas áreas.

**Tabela 4.** UGRHIs e porcentagens da área em vulnerabilidade ambiental sob o enfoque climático.

UGRHI	Vulnerabilidade climática (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	0,0	27,0	73,0
ALTO PARANAPANEMA	23,9	76,1	0,0
ALTO TIETÊ	99,1	0,9	0,0
BAIXADA SANTISTA	74,5	25,5	0,0
BAIXO PARDO GRANDE	0,0	0,0	100,0
BAIXO TIETÊ	0,0	0,4	99,6
LITORAL NORTE	52,5	47,5	0,0
MANTIQUEIRA	50,7	49,3	0,0
MÉDIO PARANAPANEMA	5,6	94,1	0,4
MOGI GUAÇU	3,0	9,1	87,9
PARAÍBA DO SUL	41,5	37,4	21,2
PARDO	0,0	20,8	79,2
PEIXE	0,0	38,3	61,7
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	33,7	45,9	20,4
PONTAL DO PARANAPANEMA	0,0	39,2	60,8
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	43,8	56,2	0,0
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	0,0	0,0	100,0
SAPUCAÍ GRANDE	0,0	21,1	78,9
TIETÊ JACARÉ	4,2	43,0	52,7
TIETÊ BATALHA	0,0	21,2	78,8
TIETÊ SOROCABA	19,2	80,8	0,0
TURVO GRANDE	0,0	0,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>15,0</b>	<b>36,9</b>	<b>48,1</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Algumas UGRHIs merecem atenção especial, pois possuem a totalidade ou quase toda sua área, em condição de alta vulnerabilidade ambiental ao clima, necessitando assim de práticas físicas intensivas de conservação do solo, às quais se não realizadas, podem significar a constante e crescente perda de material base à produção, o solo, com a intensificação dos processos de alteração do clima.

Apenas a UGRHI do Alto Tietê apresentou elevado valor para vulnerabilidade baixa (99,1% de seu território), constatação esta que pode contribuir negativamente para a percepção das mudanças climáticas pela população paulista formadora de opinião, pois esta é a região mais populosa do Estado, berço das políticas públicas e principal divulgadora de tendências, mascarando assim a possibilidade de regimes de percepção da alteração do meio pela população urbana.

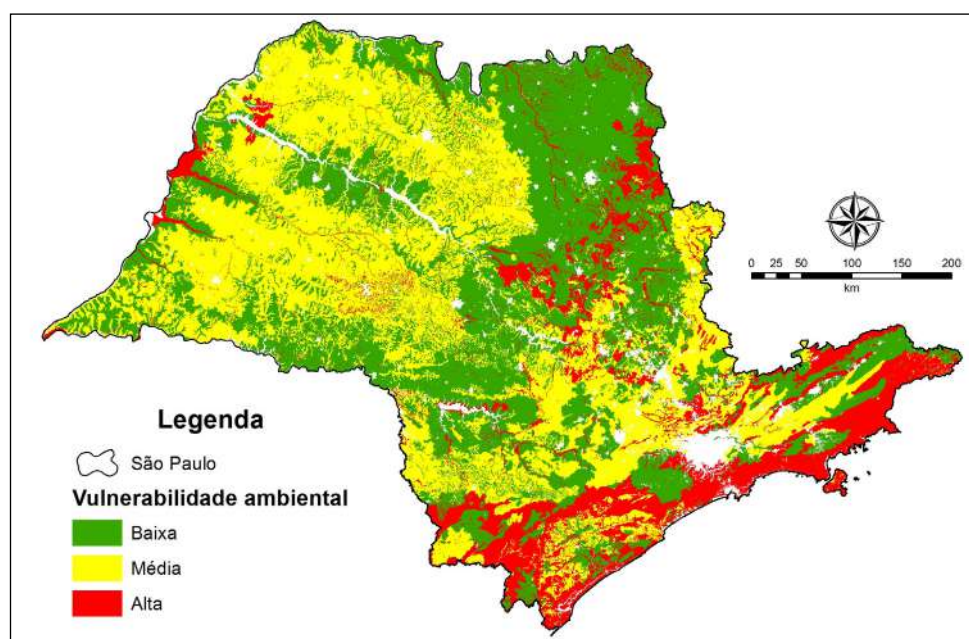
Ao tomar o espaço geográfico como uma dimensão fundamental da vida em sociedade e não apenas como palco ou cenário que pouco influencia essa vida, é preciso conhecer em profundidade todas as relações intrínsecas a natureza e a sociedade, sobre um olhar de sua diversidade e interatividade que se materializa no

mundo moderno (BERTRAND; BERTRAND, 2007).

Os solos figuram neste quesito como o principal meio de desenvolvimento da agropecuária, com suas características de formação e propriedades físico-químicas facilitando ou não a condução das atividades rurais.

Realizada a classificação dos solos conforme a metodologia apresentada, obteve-se o mapa de vulnerabilidade ambiental sob o enfoque dos solos (Figura 6).

Os graus de vulnerabilidade de cada tipo de solo foram determinados a partir de características físico-químicas que, por sua vez, contribuem ou restringem o desenvolvimento, de forma geral, das culturas agrícolas. Levou-se em consideração o exposto por Pinese Júnior e Rodrigues (2012) como os quesitos pedológicos, a suscetibilidade à erosão de cada tipo de solo, o poder de agregação das partículas e a capacidade de suporte à vegetação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 6.** Vulnerabilidade ambiental sob o enfoque dos solos.

Importante notar que as regiões obtidas como de baixa vulnerabilidade, refletem as terras mais férteis do Estado (*cestas* basálticas, ou eixo nordeste- sudoeste), de áreas predominantes à exploração de cana-de-açúcar, e ainda as regiões de rizicultura no vale do Paraíba do Sul (leste) e também regiões de crescente desenvolvimento da agricultura periurbana, principalmente na região de Ibiúna.

Medeiros (2004) enfatiza que as ações acontecem em lugares específicos e os problemas a serem resolvidos possuem uma determinada localização geográfica, ou seja, encontra-se presente no tempo e no espaço. As altas vulnerabilidades ambientais para a agropecuária levando-se em consideração os solos, refletem ainda a prática de abandono destas terras ao longo do tempo, pelo seu baixo potencial agrícola, favorecendo a consolidação dos remanescentes florestais em São Paulo e a existência dos fragmentos florestais distribuídos ao longo do Estado.

A tabulação cruzada permitiu a identificação das UGRHIs com maiores porcentagens de área em baixa vulnerabilidade ambiental, que representam assim maior potencial à agropecuária, apresentando mais de 40% de sua área física, propícia à agricultura, sendo: Baixo Pardo Grande, Sapucaí Grande, Mogi Guaçu, Tietê/Jacaré, Médio Paranapanema, Pardo, Alto Paranapanema, Pontal do Paranapanema e Baixo Tietê, em ordem crescente

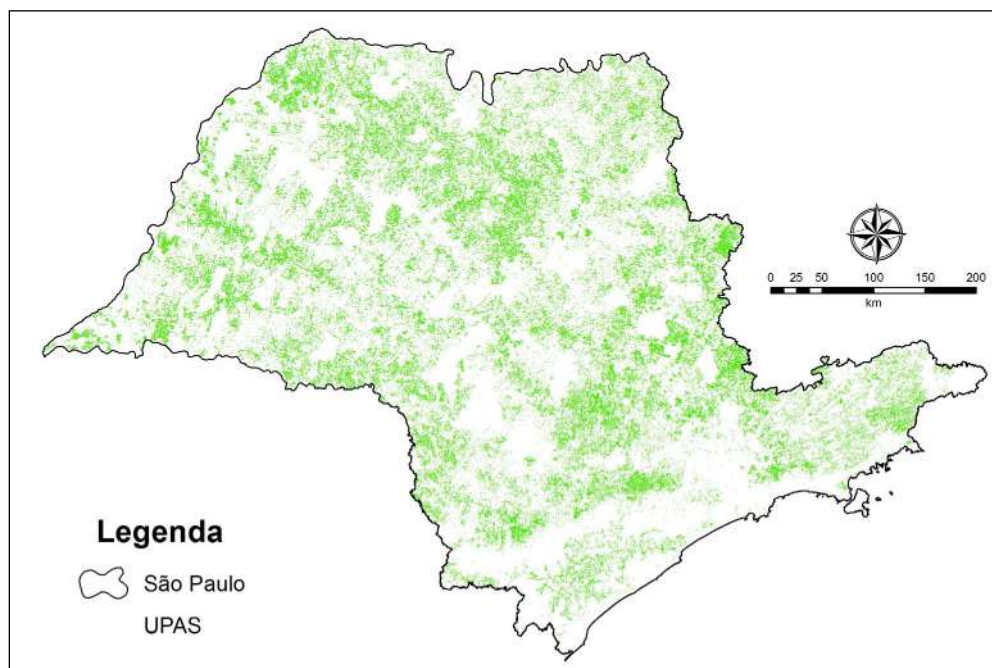
de área em baixa vulnerabilidade ambiental quanto aos solos.

Prates (2006) afirma que a categoria vulnerabilidade socioambiental pode captar e traduzir os fenômenos de sobreposição espacial e interação entre os problemas sociais e ambientais.

Para as análises das vulnerabilidades sociais e econômicas, as características das UPAs do censo LUPA 16/17 foram geoespacializadas, e possuem distribuição espacial apresentadas no mapa da Figura 7, às quais foram então cruzadas com as UGRHs conforme as seleções apontadas na Tabela 2 da metodologia.

Zanella *et al.* (2013) afirmam que as bacias hidrográficas estão estruturadas como um sistema, no qual a relação entre os diferentes componentes forma uma paisagem singular, marcada por uma dinâmica específica. Enfatiza-se que os componentes não se limitam aos elementos naturais, mas envolvem a sociedade, através dos reflexos de suas ações (processo produtivo, relações imateriais e as condições sociais, econômicas e institucionais) sobre a dinâmica hidrológica e dos demais processos associados.

Portanto, o uso das UGRHs como unidade de investigação, no qual as variáveis naturais e humanas nela presentes estão sempre em interação, possui fundamental importância para o planejamento e gestão territorial, e permite a visualização concreta das inter-relações entre as UPAs e o território explorado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 7.** Distribuição geoespacial de UPAs, LUPA 16/17.

O fato de se tratar de uma análise que relaciona estruturas espaciais às condições de vulnerabilidade socioambiental, de acordo com Silva, Batistella e Moran (2017), reforçam algumas abordagens emergentes empenhadas em mostrar que a construção do conceito de meio ambiente, como bem comum, muitas vezes se confunde com o próprio conceito de natureza.

Alves (2006) coloca ainda que o termo vulnerabilidade social tem sido utilizada com certa frequência por grupos acadêmicos e entidades governamentais da América Latina. Esta incorporação da noção de vulnerabilidade teve forte influência de organismos internacionais, como as Nações Unidas, o Banco Mundial e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD).

No presente estudo busca-se considerar critérios agrários (práticas de conservação do

solo realizadas nas UPAs e tipos de exploração agrícola ocupadas pelas UPAs), econômicos (participação da UPA na renda familiar do produtor), e socioeconômicos (indicadores das UPAs que conferem maior ou menor dependência a fatores ambientais), criando-se assim uma perspectiva de vulnerabilidade agrária- socioeconômica, conforme Figura 8.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 8.** Vulnerabilidade agrária-socioeconômica

Desta forma, unindo características da agricultura paulista que contribuem a uma maior ou menor adaptação às influências ambientais, sejam provenientes das mudanças climáticas ou suas consequências econômicas diretas ou indiretas por meio do mercado.

A vulnerabilidade socioambiental sob o enfoque econômico busca quantificar a dependência do produtor rural em relação a sua UPA, pois quanto mais dependente desta sua renda o for (100% de participação da UPA na renda familiar), maior sua vulnerabilidade neste critério. Agricultores com menor dependência direta da UPA possuem uma maior capacidade de se capitalizar em caso de possíveis quebras de safra e impactos na produção. A tabulação cruzada com as UGRHIs é apresentada na Tabela 5.

**Tabela 5.** UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade socioambiental sob o enfoque econômico.

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a renda (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	44,3	20,6	35,1
ALTO PARANAPANEMA	38,2	18,6	43,1
ALTO TIETÊ	39,7	12,0	48,3
BAIXADA SANTISTA	54,7	22,8	22,4
BAIXO PARDO GRANDE	20,7	14,9	64,3
BAIXO TIETÊ	27,4	21,1	51,5
LITORAL NORTE	51,0	22,2	26,8

continua

continuação

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a renda (%)		
	Baixa	Média	Alta
MANTIQUEIRA	45,5	18,5	36,0
MÉDIO PARANAPANEMA	31,3	16,3	52,4
MOGI GUAÇU	42,4	14,4	43,2
PARAÍBA DO SUL	63,2	12,2	24,6
PARDO	42,6	12,3	45,1
PEIXE	46,1	20,8	33,0
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	55,6	12,8	31,5
PONTAL DO PARANAPANEMA	27,1	23,7	49,2
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	51,1	16,3	32,6
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	30,1	20,2	49,7
SAPUCAÍ GRANDE	40,4	15,1	44,5
TIETÊ JACARÉ	50,4	15,3	34,2
TIETÊ BATALHA	29,6	19,8	50,5
TIETÊ SOROCABA	52,9	13,3	33,8
TURVO GRANDE	30,5	16,9	52,6
<b>TOTAL</b>	<b>40,7</b>	<b>16,8</b>	<b>42,5</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que UGRHIs com maiores porções de seu território já urbanizadas, como Paraíba do Sul, Piracicaba/Capivari/Jundiaí, Baixada Santista, Tietê/Sorocaba, Ribeira do Iguaape/Litoral Sul, Litoral Norte, e Tietê/Jacaré possuem mais de 50% de suas UPAs em condição de baixa vulnerabilidade, o que provavelmente se correlaciona com as trocas existentes entre rural e urbano. Interessante notar que tal efeito não se verificou na UGRHI Alto Tietê, a qual apresenta 48,3% de suas UPAs em condição de alta vulnerabilidade, provavelmente associadas a agricultura de subsistência ao redor das grandes cidades.

Braga, Oliveira e Givisiez (2006) afirmam que a falta de resiliência é uma componente comportamental, comunitária e política, associada à capacidade de um grupo populacional absorver o choque de um desastre e se adaptar para voltar a um estado aceitável, e é esse conceito que deve ser levado em consideração na análise das ocorrências de baixa vulnerabilidade.

Outro elemento que interfere no processo erosivo é o tipo de uso do solo e a cobertura vegetal. Além de proteger o solo contra a perda de material, Pinese Júnior e Rodrigues (2012) afirmam que o uso adequado e a cobertura vegetal protegem-no diretamente contra efeitos degradantes ao solo e indiretamente na prevenção de impactos aos recursos hídricos e florestais, afetando consequentemente os elementos qualitativos no ambiente.

O grupo das frutas foi classificado como de alta vulnerabilidade, pois apesar de realizarem uma boa cobertura do solo, possuem uma alta interferência em sua produtividade em caso de alterações climáticas e exigem do proprietário elevadas quantias para a substituição da exploração, aliado ao fato do tempo envolvido para o início da produção, que em casos extremos de influências ambientais, como o identificado para a cultura da laranja, podem levar o produtor a falência. Além disso, muitos produtores de perenes possuem apenas essa atividade como principal e, portanto, permanecem no mesmo ramo mesmo em períodos de prejuízo, até entrar em colapso geral, em caso de

crise persistente por vários anos. Ou seja, há pouca flexibilidade ao produtor.

O grupo dos grãos, pelo seu caráter de cultura anual e, não muito expressiva característica de cobertura do solo, levou ao seu enquadramento nesta pesquisa como de média vulnerabilidade, pois em caso de quebra de safra por alterações climáticas, podem envolver o prazo de um ano para que o produtor perceba seu impacto, exigindo acesso a linhas de financiamento compensatório (seguro rural).

Pelo caráter transitório da olericultura, com diferentes explorações na mesma gleba ocupada, com culturas de ciclo curto, as UPAs com seu cultivo foram classificadas como de baixa vulnerabilidade, pois possuem o dinamismo necessário para a rápida substituição da cultura, mesmo que sua característica agrônômica seja de maior susceptibilidade a alterações climáticas. Como envolvem explorações de pequenas áreas com alto valor agregado, as UPAs com esta exploração possuem relação direta com os mercados consumidores, facilitando o acesso ao crédito e a prospecção de novas culturas e ou variedades adaptadas às mudanças que ocorrerem.

As porcentagens de UPAs em cada classificação de vulnerabilidade, por UGRHI é apresentado na Tabela 6. A UGRHI com o maior valor de porcentagem de UPAs em baixa vulnerabilidade é a do Alto Tietê (56,2%), o que associado com os maiores valores de áreas urbanizadas vêm novamente a corroborar com a teoria de Von Thünen, de que a olericultura ocorre no primeiro anel de entorno dos centros urbanos.

Sapucaí Grande e Médio Paranapanema possuem as maiores porcentagens de 79,48% e 76,65% respectivamente, significando boas condições da agricultura praticada nestas localidades para com possíveis influências ambientais. Baixada Santista e Ribeira de Iguape/Litoral Sul possuem mais de 70% de suas UPAs com alta vulnerabilidade neste aspecto indicando uma maior necessidade de políticas de seguro rural para o setor agropecuário nestas.

Abuodha e Woodroffe (2010) destacam que a paisagem, as condições climáticas, a infraestrutura, a situação industrial, o aumento da população, a menor conectividade entre os fragmentos florestais, produções florestais e agrícolas e assim por diante são a principal causa para identificar a vulnerabilidade natural e ambiental para fazer o equilíbrio entre fatores físicos (uma diversidade de processos naturais), atividades humanas (exploração e desenvolvimento da região) e processos econômicos.

**Tabela 6.** UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade agrária sob o enfoque das explorações agrícolas.

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a exploração agrícola (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	22,6	26,6	50,8
ALTO PARANAPANEMA	20,2	62,0	17,8
ALTO TIETÊ	56,2	15,6	28,2
BAIXADA SANTISTA	26,7	2,7	70,6
BAIXO PARDO GRANDE	9,7	71,5	18,8
BAIXO TIETÊ	18,2	53,8	28,0
LITORAL NORTE	30,0	6,4	63,6
MANTIQUEIRA	32,3	18,3	49,4
MÉDIO PARANAPANEMA	10,2	76,7	13,2
MOGI GUAÇU	15,0	68,4	16,6
PARAÍBA DO SUL	14,5	39,2	46,3
PARDO	30,8	54,5	14,7

continuação

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a exploração agrícola (%)		
	Baixa	Média	Alta
PEIXE	21,2	24,0	54,8
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	21,3	42,2	36,5
PONTAL DO PARANAPANEMA	23,3	21,0	55,7
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	13,5	16,4	70,0
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	22,3	29,2	48,5
SAPUCAÍ GRANDE	12,5	79,5	8,0
TIETÊ JACARÉ	20,9	63,7	15,5
TIETÊ BATALHA	22,9	40,2	36,9
TIETÊ SOROCABA	31,7	45,9	22,4
TURVO GRANDE	21,3	39,1	39,6
<b>TOTAL</b>	<b>21,1</b>	<b>47,4</b>	<b>31,5</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

No critério socioeconômico em análise buscou-se trazer parte deste entendimento, unindo características da UPA que permeiam as questões econômicas, sociais e da paisagem local. O enquadramento como UPAs de baixa vulnerabilidade busca representar a possível independência da geração de recursos monetários da UPA em caso de efeitos danosos à produção agropecuária da UPA, buscando-se contabilizar as ocorrências de atividades econômicas rural e não agropecuária, como: Transformação artesanal, Turismo rural/ecoturismo, Restaurante/lanchonete, Pesque-pague, Outras atividades econômicas rurais, Hotel fazenda/pousada/spa e ainda técnicas de produção que a tornem independentes de fatores climáticos externos como: Hidroponia e Plasticultura.

No enquadramento como de média vulnerabilidade, buscou-se identificar as UPAs que possuem características organizativas e de gestão que a possibilitem se organizar frente a influências ambientais. Características como a utilização de assistência técnica oficial, e utilização assistência técnica privada, conferem ao produtor a capacidade de entender a problemática em que esteja envolvido, com ajuda de agentes externos a sua produção; a união organizativa em associações, cooperativas e sindicatos permitem a troca de informação entre seus grupos produtivos locais. A utilização de crédito e seguro rural conferem ao produtor os recursos monetários em caso de possíveis problemas no desenvolvimento de sua exploração agropecuária e o fato de dispor de energia elétrica e realizar escrituração agrícola (controle contábil da UPA) lhe permitem os recursos e o planejamento necessário para lidar com possíveis influências ambientais.

A porcentagem de UPAs por UGRHI, de acordo com o critério de vulnerabilidade socioeconômica é apresentada Tabela 7.

Nesta condição, conforme Katzman (1997) coloca, deve-se considerar também a situação das pessoas quanto à inserção e estabilidade no mercado de trabalho, a debilidade de suas relações sociais e o grau de regularidade de acesso aos serviços públicos ou a outras formas de proteção social, fato esse que se espelha nas políticas municipais de incentivo às práticas agropecuárias, muitas vezes confundidas com ações voltadas a conservação e restauração de matas. Deve-se caminhar para políticas que unam produção com conservação, visando a permanência e fixação da população no campo, fugindo da dicotomia ambiente e sociedade numa vertente de entendimento de sociedade no ambiente, não dissociados entre si.

**Tabela 7.** UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade socioambiental sob o enfoque socioeconômico.

UGRHI	Vulnerabilidade socioeconômica (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	1,5	37,6	60,9
ALTO PARANAPANEMA	6,5	24,1	69,4
ALTO TIETÊ	22,5	19,1	58,4
BAIXADA SANTISTA	12,2	6,8	81,0
BAIXO PARDO GRANDE	1,8	55,5	42,7
BAIXO TIETÊ	1,5	31,2	67,3
LITORAL NORTE	14,3	14,3	71,5
MANTIQUEIRA	14,4	3,7	81,8
MÉDIO PARANAPANEMA	3,6	49,7	46,7
MOGI GUAÇU	3,1	39,4	57,5
PARAÍBA DO SUL	7,0	17,9	75,1
PARDO	2,3	45,4	52,3
PEIXE	1,3	38,9	59,9
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	6,6	27,1	66,2
PONTAL DO PARANAPANEMA	1,2	42,2	56,6
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	3,0	9,6	87,4
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	1,0	27,9	71,1
SAPUCAÍ GRANDE	1,3	40,8	57,8
TIETÊ JACARÉ	2,8	39,3	57,9
TIETÊ BATALHA	3,1	40,7	56,2
TIETÊ SOROCABA	4,1	20,6	75,3
TURVO GRANDE	1,5	35,0	63,4
<b>TOTAL</b>	<b>3,6</b>	<b>33,3</b>	<b>63,1</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

O último critério levado em consideração na análise da vulnerabilidade agrária socioambiental refere-se diretamente ao setor agrário e suas práticas de condução da propriedade. Se a UPA realiza práticas de conservação do solo e/ou realiza Plantio Direto foi enquadrada como de baixa vulnerabilidade, pois se configuram como práticas agrícolas e agrônômicas que permitem a sustentabilidade em longo prazo da produção agropecuária e fornecem elementos físicos que protegem o solo de eventos extremos.

Se a UPA realiza pelo menos duas destas práticas: adubação orgânica, mineral, e/ou verde, MIP, e análises de solo; há elementos de gestão que indicam um produtor preparado a se adaptar a influências externas ambientais, com técnicas que favorecem a manutenção da produtividade das culturas.

A distribuição de porcentagem de UPAs por UGRHI neste quesito é apresentada na Tabela 8. Conclui-se que as práticas de conservação do solo não são ações recorrentes junto aos produtores das UGRHIs da Mantiqueira, Ribeira de Iguape/Litoral Sul e Paraíba do Sul.

A UGRHI Turvo/Grande, com 79,2% de suas UPAs classificadas como de baixa vulnerabilidade, é a que possui o maior número de UPAs nesta classificação (22.024 UPAs), enquanto a UGRHI da Mantiqueira, com 14,1% das UPAs em baixa vulnerabilidade é a que possui o menor número de UPAs (137).



Importante ressaltar que esse critério indica a necessidade maior ou menor de políticas educativas junto à comunidade rural, de incorporação de práticas que permitam a sustentabilidade da produção agropecuária nas UPAs, sendo, portanto, um elemento de análise para indução de políticas de extensão rural com indução de técnicas agrícolas e agrônômicas.

**Tabela 8.** UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade agrária sob o enfoque de práticas de conservação dos solos.

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a conservação do solo (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	65,9	5,2	28,9
ALTO PARANAPANEMA	53,5	10,5	36,1
ALTO TIETÊ	48,4	14,1	37,4
BAIXADA SANTISTA	41,8	28,2	30,0
BAIXO PARDO GRANDE	87,4	1,7	10,8
BAIXO TIETÊ	69,8	3,6	26,6
LITORAL NORTE	50,5	13,0	36,5
MANTIQUEIRA	14,1	12,6	73,3
MÉDIO PARANAPANEMA	84,3	2,9	12,8
MOGI GUAÇU	67,2	6,0	26,8
PARÁIBA DO SUL	12,4	26,4	61,2
PARDO	73,1	6,8	20,1
PEIXE	62,9	3,9	33,3
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	41,9	10,5	47,6
PONTAL DO PARANAPANEMA	51,4	6,4	42,2
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	13,3	22,5	64,2
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	73,6	3,9	22,5
SAPUCAÍ GRANDE	75,3	3,3	21,4
TIETÊ JACARÉ	78,2	3,6	18,2
TIETÊ BATALHA	78,3	3,0	18,8
TIETÊ SOROCABA	32,7	16,3	51,0
TURVO GRANDE	79,2	2,2	18,6
<b>TOTAL</b>	<b>60,3</b>	<b>7,9</b>	<b>31,8</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussões acerca dos pesos entre as variáveis para obtenção da vulnerabilidade global do setor rural paulista foram iniciadas com os agentes de extensão rural em São Paulo, visando na sequência a análise da consistência da hierarquização dos critérios de priorização das diferentes vulnerabilidades em análises.

De acordo com Saaty (1980) os pesos atribuídos pelo julgador não precisam ser precisos, mas sim um valor estimado, pois se sabe pela teoria de autovalores<sup>6</sup> que um especialista pode fazer pequenos erros no julgamento, causando uma pequena perturbação em torno de um autovalor simples, e o autovalor principal pode não ser mais consistente.

Visando-se a diminuição deste efeito, tomou-se como relação de especialistas para ponderação entre os critérios, os agentes de extensão rural de São Paulo membros

das UTE, realizado em reunião com a participação efetiva de todos nas discussões pautadas na planilha apresentada no Apêndice 1, e apresentada preenchida apenas a título ilustrativo na Figura 9. Importante ressaltar que esta classificação imputa às análises aqui apresentadas um olhar exclusivo dos agentes de extensão rural frente ao problema exposto, configurando-se, portanto, numa análise voltada para o setor agrário e realizada por tomadores de decisão que lidam diretamente com esse público.

Critérios	Extremamente mais importante	Muito mais importante	Mais importante	Levemente mais importante	Igual importância	Levemente mais importante	Mais importante	Muito mais importante	Extremamente mais importante	Critérios
Práticas de conservação do solo							X			Exploração agrícola
									X	Critérios Socioeconômicos
						X				Critérios Econômicos
							X			Topografia
					X					Clima
							X			Solo
Exploração agrícola								X		Critérios Socioeconômicos
							X			Critérios Econômicos
								X		Topografia
						X				Clima
						X				Solo
Critérios Socioeconômicos				X						Critérios Econômicos
			X							Topografia
			X							Clima
				X						Solo
Critérios Econômicos				X						Topografia
			X							Clima
				X						Solo
Topografia					X					Clima
					X					Solo
Clima						X				Solo

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 9.** Visualização da comparação pareada entre os critérios realizada pela equipe das UTE.

Silva e Nunes (2009) apresentam que o modelo AHP de Saaty (1980) é um processo de escolha baseada na lógica de comparação par a par, onde diferentes fatores que influenciam na tomada de decisão, são organizados hierarquicamente e comparados entre si, e um valor de importância relativa (peso) é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida que expressa a intensidade com que um fator predomina sobre outro em relação à tomada de decisão. Este peso é atribuído da seguinte maneira: 9 para fatores extremamente mais importantes, 7 para fatores mais importantes, 5 para importantes, 3 para fatores levemente importantes, e 1 para comparações de igual importância.

Uma vez construída a hierarquia, avalia-se sistematicamente seus elementos, comparando-os um ao outro, em pares. Ao fazer as comparações, de acordo com Pinese Júnior e Rodrigues (2012), utilizam-se dados concretos sobre os elementos, ou julgamentos sobre o significado relativo ou a importância dos elementos. O AHP converte os julgamentos

em valores numéricos que podem ser processados e comparados sobre toda a extensão do problema. Um peso numérico, ou prioridade, é derivado para cada elemento da hierarquia, permitindo que elementos distintos e frequentemente incomensuráveis sejam comparados entre si. As comparações entre os atributos e as alternativas são registradas em matrizes na forma de frações entre 1/9 e 9. Cada matriz é avaliada pelo seu autovalor para verificar a coerência dos julgamentos. Esse procedimento gera uma “razão de coerência” que será igual a 1 se todos os julgamentos forem coerentes entre si.

A matriz de comparação entre os critérios para definição da vulnerabilidade agrária-socioambiental, construída com a classificação realizada pela equipe das UTE é apresentada na Tabela 9.

**Tabela 9.** Matriz de comparação entre os critérios de avaliação de vulnerabilidade agrária-socioambiental e respectivos cálculos do auto vetor e auto vetor normalizado.

	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Auto vetor	Auto Vetor Normalizado
Práticas de conservação do solo	1	1/5	1/9	1/3	1/5	1	1/5	0,31330	0,03185
Exploração agrícola	5	1	1/7	1/5	1/7	1/3	1/3	0,41901	0,04260
Critérios Socioeconômicos	9	7	1	3	5	5	3	3,91809	0,39831
Critérios Econômicos	3	5	1/3	1	3	5	3	2,16783	0,22038
Topografia	5	7	1/5	1/3	1	1	1	1,12867	0,11474
Clima	1	3	1/5	1/5	1	1	1/3	0,63139	0,06419
Solo	5	3	1/3	1/3	1	3	1	1,25850	0,12794
<b>Soma</b>	<b>29,00</b>	<b>26,20</b>	<b>2,32</b>	<b>5,40</b>	<b>11,34</b>	<b>16,33</b>	<b>8,87</b>	<b>9,83679</b>	<b>1,00000</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A matriz foi construída de forma a facilitar a visualização matemática das comparações, bem como os elementos matriciais de autovetor e autovetor normalizado, e assim permitindo o cálculo do valor máximo do autovalor ( $\lambda_{max}$ ), que indica, uma boa estimativa dos coeficientes da matriz quando  $\lambda_{max}$  é próximo de  $n$ . Para o estudo em questão, o valor de  $n$  é igual a 7, definido pelo número de critérios em análise, e o valor obtido para  $\lambda_{max}$  foi de 7,63828, indicando uma boa estimativa.

Esse desvio de consistência é medido pelo índice de consistência ou coerência, e para a matriz em questão obteve-se um valor de 0,10638. Esse índice é dividido por um valor chamado de índice randômico<sup>7</sup> variável de acordo com o número de critérios em análise, podendo-se então avaliar a sua aceitabilidade ou Razão de Consistência (RC), que de acordo com Saaty (1980) deve ser inferior a 20% para que esteja coerente, e se menor que 10% estará consistente, tendo-se obtido para a matriz construída o valor de 8,06%, demonstrando a consistência das comparações.

De acordo com Miara e Oka-Fiori (2007) o método AHP é eficiente por aplicar uma comparação par a par entre as variáveis, considerando as diferentes influências exercidas por cada variável aos processos que ocorrem dentro da bacia hidrográfica. Mesmo sendo o AHP um método de complexo entendimento e aplicação, as vantagens, apontadas por Pinese Júnior e Rodrigues (2012) são a menor subjetividade na determinação de pesos relativos e ainda a possibilidade de analisar o grau de coerência adotado pelo usuário, a partir da razão de consistência obtida.

Realizou-se então o cálculo dos pesos dos diferentes critérios, bem como o cálculo das porcentagens de enquadramentos (alternativas) das diferentes UGRHIs, apresentada para as primeiras unidades de gestão territorial hídrica na Tabela 10.

Desta maneira, a gestão por UGRHI apresentada, bem como os diferentes pesos de vulnerabilidade agrária-socioambiental da Tabela 10, podem minimizar estes problemas apontados, permitindo que os tomadores de decisão possam identificar as porcentagens de vulnerabilidade em cada UGRHI, independente de sua classificação como alta, média ou baixa.

**Tabela 10.** Matriz de resultado AHP para definição de vulnerabilidade agrária- socioambiental (parte 1).

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							Total
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	
<b>AGUAPEÍ</b>								Vetor de decisão
Baixa	65,92	22,64	1,50	44,32	82,78	0,00	20,60	25,56
Média	5,23	26,58	37,59	20,61	17,06	27,04	71,98	33,72
Alta	28,85	50,78	60,91	35,08	0,16	72,96	7,41	40,72
<b>ALTO PARANAPANEMA</b>								Vetor de decisão
Baixa	53,47	20,22	6,51	38,23	55,31	23,93	43,99	27,09
Média	10,45	62,02	24,10	18,65	43,58	76,07	42,26	31,97
Alta	36,08	17,76	69,39	43,12	1,11	0,00	13,75	40,93
<b>ALTO TIETÊ</b>								Vetor de decisão
Baixa	48,43	56,21	22,50	39,66	40,86	99,09	24,59	35,84
Média	14,15	15,61	19,08	12,03	56,77	0,91	29,25	21,68
Alta	37,42	28,18	58,42	48,31	2,37	0,00	46,15	42,48
<b>BAIXADA SANTISTA</b>								Vetor de decisão
Baixa	41,78	26,69	12,19	54,74	46,79	74,49	5,16	30,19
Média	28,24	2,70	6,77	22,82	38,80	25,51	8,09	15,87
Alta	29,98	70,61	81,04	22,44	14,41	0,00	86,75	53,94
<b>BAIXO PARDO GRANDE</b>								Vetor de decisão
Baixa	87,43	9,72	1,82	20,72	95,63	0,00	87,10	30,61
Média	1,72	71,53	55,51	14,95	4,37	0,00	9,23	30,19
Alta	10,85	18,75	42,68	64,34	0,00	100,00	3,67	39,21
<b>BAIXO TIETÊ</b>								Vetor de decisão
Baixa	69,77	18,24	1,55	27,38	91,60	0,00	41,74	25,50
Média	3,61	53,80	31,20	21,08	8,40	0,37	53,46	27,31
Alta	26,61	27,96	67,25	51,54	0,00	99,63	4,80	47,19
<b>LITORAL NORTE</b>								Vetor de decisão
Baixa	50,48	29,97	14,25	50,97	18,47	52,51	0,24	25,31
Média	13,04	6,42	14,25	22,22	52,36	47,49	2,64	20,66
Alta	36,47	63,61	71,50	26,81	29,18	0,00	97,12	54,03
<b>MANTIQUEIRA</b>								Vetor de decisão
Baixa	14,14	32,26	14,45	45,51	10,01	50,66	36,67	26,70
Média	12,59	18,34	3,72	18,47	75,31	49,34	23,33	21,53
Alta	73,27	49,41	81,84	36,02	14,68	0,00	40,00	51,77
<b>MÉDIO PARANAPANEMA</b>								Vetor de decisão
Baixa	84,25	10,17	3,59	31,31	83,80	5,58	60,58	29,17
Média	2,93	76,65	49,69	16,33	16,18	94,06	37,68	39,46
Alta	12,82	13,18	46,72	52,36	0,02	0,36	1,74	31,37

continua

continuação

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Total
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	100,00%
<b>MOGI GUAÇU</b>								Vetor de decisão
Baixa	67,21	15,00	3,11	42,39	79,20	3,00	70,05	31,60
Média	5,96	68,39	39,36	14,38	20,19	9,10	18,06	27,16
Alta	26,83	16,61	57,53	43,23	0,62	87,90	11,89	41,24
<b>PARAÍBA DO SUL</b>								Vetor de decisão
Baixa	12,43	14,55	7,04	63,19	22,93	41,45	34,78	27,49
Média	26,36	39,15	17,89	12,22	65,07	37,38	24,54	25,33
Alta	61,21	46,30	75,07	24,59	11,99	21,17	40,68	47,18
<b>PARDO</b>								Vetor de decisão
Baixa	73,11	30,84	2,33	42,56	68,73	0,00	57,07	29,14
Média	6,84	54,49	45,39	12,33	30,27	20,81	21,92	30,95
Alta	20,06	14,67	52,28	45,11	1,00	79,19	21,01	39,91
<b>PEIXE</b>								Vetor de decisão
Baixa	62,85	21,24	1,25	46,13	81,92	0,00	16,21	25,05
Média	3,88	23,96	38,89	20,83	17,62	38,28	78,35	35,73
Alta	33,27	54,81	59,86	33,04	0,46	61,72	5,43	39,23

Fonte: Elaborado pelos autores.

A quase totalidade das UGRHIs desta primeira parte da análise foram classificadas como de alta vulnerabilidade agrário-socioambiental, com valores variando de 39,21% de alta vulnerabilidade para a UGRHI Baixo Pardo/Grande a 54,03% para a do Litoral Norte. Apenas a UGRHI do Médio Paranapanema apresentou uma média vulnerabilidade agrário-socioambiental, refletindo assim seu perfil forte na produção agrícola. A apresentação das porcentagens do vetor de decisão permite se identificar o quanto de cada alternativa para a vulnerabilidade foi classificada por UGRHI. A continuação desta tabela é apresentada na Tabela 11, na qual é realizado também o cálculo para o Estado de São Paulo como um todo, baseado na totalização dos critérios mensurados e não na média das UGRHIS.

**Tabela 11.** Matriz de resultado AHP para definição de vulnerabilidade agrária- socioambiental (parte 2).

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Total
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	100,00%
<b>PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI</b>								Vetor de decisão
Baixa	41,87	21,28	6,62	55,64	55,99	33,69	31,74	29,79
Média	10,50	42,19	27,13	12,83	41,97	45,92	50,75	30,02
Alta	47,64	36,53	66,25	31,54	2,03	20,39	17,52	40,19
<b>PONTAL DO PARANAPANEMA</b>								Vetor de decisão
Baixa	51,44	23,28	1,16	27,10	92,20	0,03	42,38	25,07
Média	6,37	20,99	42,19	23,71	7,80	39,17	54,91	33,56
Alta	42,19	55,73	56,65	49,19	0,00	60,80	2,71	41,37

continua

continuação

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Total
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	100,00%
<b>RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL</b>								Vetor de decisão
Baixa	13,26	13,54	3,01	51,14	28,81	43,76	22,06	22,40
Média	22,54	16,42	9,59	16,26	57,47	56,24	25,39	22,27
Alta	64,20	70,05	87,40	32,60	13,72	0,00	52,56	55,32
<b>SÃO JOSÉ DOS DOURADOS</b>								Vetor de decisão
Baixa	73,60	22,31	1,02	30,12	89,09	0,00	9,84	21,82
Média	3,88	29,15	27,85	20,21	10,91	0,00	85,70	29,13
Alta	22,52	48,54	71,13	49,67	0,00	100,00	4,45	49,05
<b>SAPUCAÍ GRANDE</b>								Vetor de decisão
Baixa	75,34	12,50	1,32	40,39	79,24	0,00	86,40	32,50
Média	3,30	79,48	40,83	15,12	19,61	21,11	0,10	26,70
Alta	21,37	8,03	57,85	44,50	1,15	78,89	13,50	40,79
<b>TIETÊ JACARÉ</b>								Vetor de decisão
Baixa	78,21	20,86	2,81	50,41	83,79	4,24	68,05	34,20
Média	3,63	63,65	39,31	15,34	15,84	43,05	16,31	28,53
Alta	18,15	15,49	57,88	34,25	0,37	52,71	15,64	37,27
<b>TIETÊ BATALHA</b>								Vetor de decisão
Baixa	78,25	22,88	3,08	29,64	87,01	0,00	28,68	24,88
Média	3,00	40,23	40,69	19,85	12,97	21,24	69,54	34,14
Alta	18,75	36,89	56,23	50,51	0,03	78,76	1,77	40,98
<b>TIETÊ SOROCABA</b>								Vetor de decisão
Baixa	32,74	31,71	4,13	52,90	60,66	19,21	30,53	27,80
Média	16,26	45,87	20,61	13,29	38,51	80,79	62,72	31,24
Alta	51,00	22,42	75,25	33,80	0,82	0,00	6,75	40,96
<b>TURVO GRANDE</b>								Vetor de decisão
Baixa	79,22	21,29	1,51	30,50	91,75	0,00	30,52	25,19
Média	2,20	39,13	35,04	16,87	8,23	0,00	67,33	28,97
Alta	18,58	39,58	63,45	52,63	0,02	100,00	2,15	45,84
<b>SÃO PAULO</b>								Vetor de decisão
Baixa	60,35	21,06	3,63	40,66	70,00	14,99	41,48	27,53
Média	7,87	47,41	33,27	16,83	27,45	36,89	42,90	30,24
Alta	31,78	31,53	63,10	42,51	2,55	48,12	15,62	42,24

Fonte: Elaborado pelos autores.

São Paulo se apresenta como um Estado com alta vulnerabilidade agrário-socioambiental, porém não apresentando grandes discrepâncias em seu território, pois possui um valor de 27,53% para baixa vulnerabilidade e 30,24% de média.

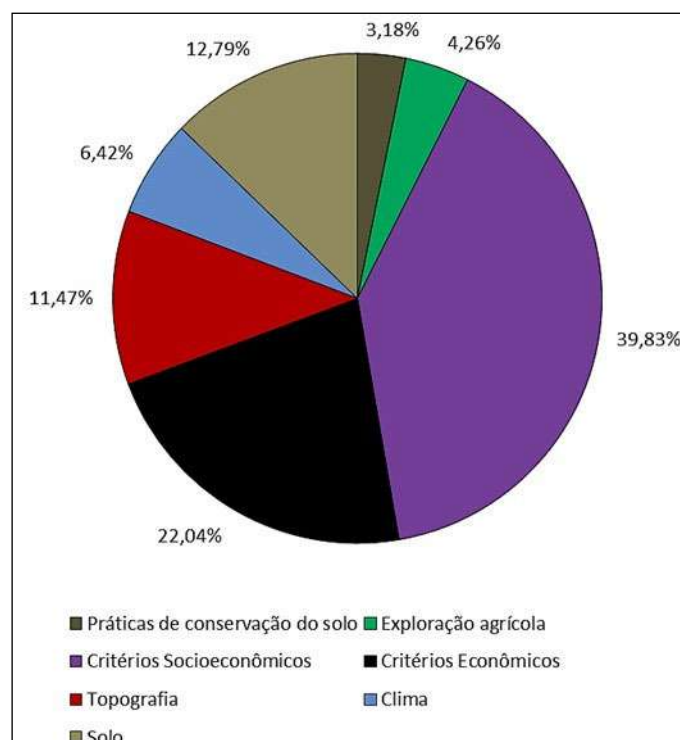
Accselrad (2015) enfatiza que a ideia é que se busque avançar a discussão para além da simples caracterização do perfil sociodemográfico e locacional de indivíduos vulneráveis (com suscetibilidades a sofrer agravos). Isto porque a busca de elementos para a caracterização objetiva das condições de vulnerabilidade dos sujeitos tende a esbarrar em duas dificuldades correntes, a de não se considerar a vulnerabilização como um processo e a condição de vulnerabilidade como uma relação.

Marandola Júnior e Hogan (2005) afirmam que o ambiente, conjugado a fatores socioeconômicos, expõe as populações a riscos, sobretudo nas cidades. São apontados por Villa e McLeod (2002) três passos necessários à construção de um método de

avaliação da vulnerabilidade ambiental: definição do conceito de vulnerabilidade, escolha do sistema a ser avaliado e escolha e organização dos indicadores ambientais.

Assim, no presente estudo buscou-se este efeito de relação entre os diferentes quesitos, seu enfrentamento como um processo passível de ser administrável de acordo com as porcentagens de classificação das vulnerabilidades e a utilização de um conceito que leve em consideração o rural e sua relação com o ambiente que o cerca.

Na Figura 10 é apresentado um gráfico de setores para se mensurar visualmente os pesos dos critérios em análise para definição da vulnerabilidade agrário-socioambiental.

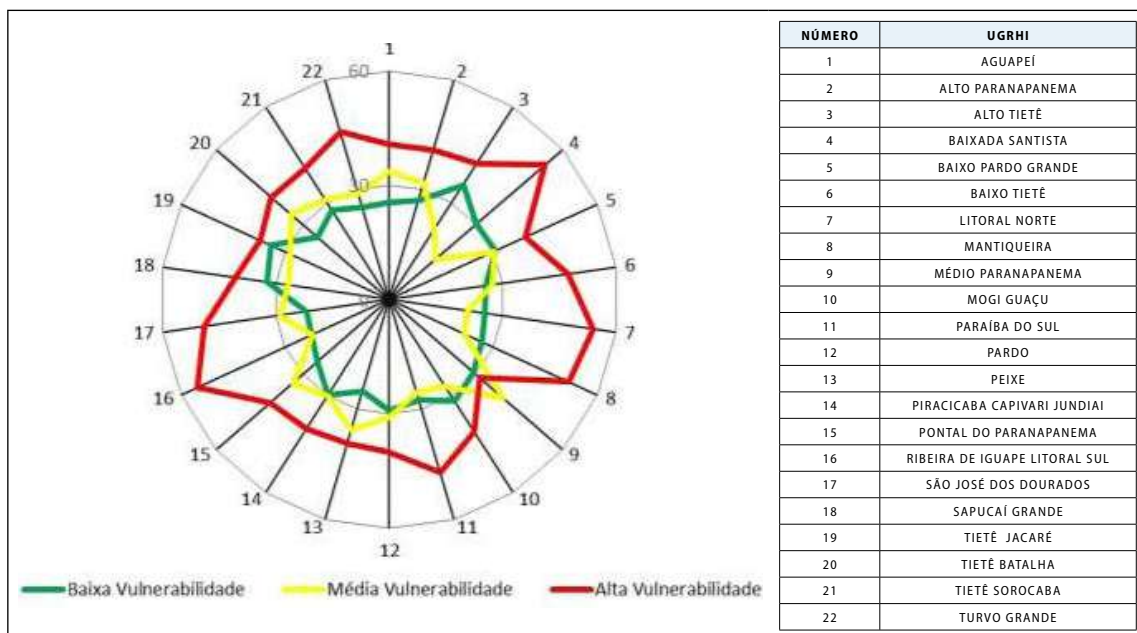


Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 10.** Gráfico de setores dos pesos dos critérios na análise de vulnerabilidade agrária-socioambiental.

Um bom indicador segundo Barcellos (2002), deve ser sensível à mudança de condições do ambiente e da sociedade, ser específico em relação ao problema analisado, ser reprodutível segundo padrões metodológicos estabelecidos, proporcionar uma pronta resposta, ser entendido pela população leiga, ser robusto para mudanças de metodologia e estar disponível ou ser de baixo custo.

Malta, Costa e Magrini (2017) colocam que a questão da vulnerabilidade é complexa e cada situação, população vulnerável e região possui a necessidade de uma informação específica, e por esse motivo existem diversos índices, cada um desenvolvido para uma determinada realidade, com objetivos e utilizações diversas. Objetivando-se facilitar a visualização dos valores das Tabelas 19 e 20, confeccionou-se o gráfico da Figura 11, também conhecido como gráfico de radar ou gráfico de teia, no qual se podem visualizar os três níveis de vulnerabilidade por UGRHI.



Fonte: Elaborado pelos autores.

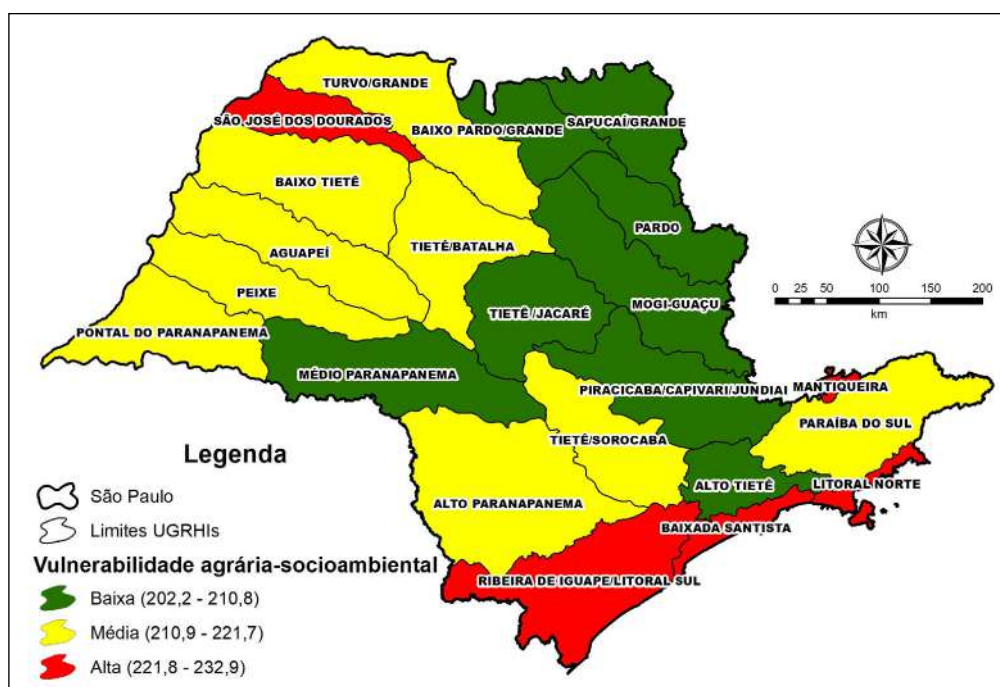
**Figura 11.** Diagrama de Kiviat da vulnerabilidade agrária-socioambiental das 22 UGRHIs.

Na Figura 11 pode-se verificar o peso dos diferentes graus de vulnerabilidade para cada UGRHI, na qual maiores distâncias entre a linha de alta vulnerabilidade e as demais, como nos casos das UGRHIs da Baixada Santista, do Baixo Tietê, do Litoral Norte, da Mantiqueira, do Paraíba do Sul, do Ribeira do Iguape e Litoral Sul, e de São José dos Dourados, indicam um maior peso do quesito alta vulnerabilidade, indicando assim um setor agropecuário produtivo mais exposto e menos preparado a possíveis mudanças climáticas globais.

Devido às necessidades de ferramentas de gestão por parte dos tomadores de decisão, e frente a homogeneidade do Estado de São Paulo como de alta vulnerabilidade, atribuiu-se um peso de três para as porcentagens obtidas para alta vulnerabilidade, um peso dois para a média vulnerabilidade e um peso um para a baixa, obtendo-se assim um peso global para a vulnerabilidade agrária- socioambiental das UGRHIs, visto a necessidade de se indicar as regiões prioritárias para ações de mitigação dos problemas a serem enfrentados, bem como indicar o peso de cada efeito frente ao enfrentamento global da vulnerabilidade. O mapa de vulnerabilidade agrária-socioambiental (Figura 12) foi obtido com a estratificação por quebras naturais do peso global em três classes, visando-se assim a reclassificação em alta, média e baixa vulnerabilidade.

Zanella *et al.* (2013) destacam que iniciativas neste sentido representam um importante recurso para o processo de tomada de decisão ao indicar espacialmente as condições socioeconômicas da população associando-as a dinâmica dos sistemas naturais, permitindo determinar quais as áreas são mais propícias à ocorrência de desastres naturais, principalmente aos relacionados aos eventos hidroclimatológicos.





Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 12.** Mapa de vulnerabilidade agrária-socioambiental de São Paulo.

Tal mapa permite a visualização das porções do território conforme as necessidades de investimento para subsidiar o desenvolvimento da agropecuária paulista, permitindo que esta esteja preparada para cenários de mudanças climáticas. Assim, busca-se apresentar a real situação ambiental, socioeconômica e agrária, apoiado no que afirma Vieira (2002), da importância de se conhecer o território em sua totalidade, permitindo uma melhor administração territorial.

Zanella *et al.* (2013) considera que as políticas e ações de gestão do espaço urbano, devem sistematizar e integrar as informações ambientais, sociais e econômicas, visando medidas coordenadas que melhorem as condições de bem-estar da população, bem como a manutenção e a recuperação dos espaços naturais, afirmação que se reflete também para os espaços rurais. As UGRHIs classificadas como de alta vulnerabilidade, possuem interações que reforçam esta necessidade, como a pressão exercida pela população urbana nas regiões litorâneas (Baixada Santista e Litoral Norte), e na piscicultura na UGRHI São José dos Dourados.

Destaca-se ainda a UGRHI Ribeira de Iguape/Litoral Sul, contendo o polo produtor de bananas em São Paulo, sob extrema pressão pela característica de ocupação do entorno dos principais corpos hídricos, apontadas por Roque e Drugowich (2015).

A metodologia de integração entre análise multicritério e SIG, aqui desenvolvida na construção da vulnerabilidade agrária-socioambiental apresenta uma importante ferramenta para definir e validar políticas para o setor rural em situação de vulnerabilidade. A análise de vulnerabilidade é um indicador que mostra onde estamos mais ou menos incertos e, de acordo com Mukesh, Komal e Alexander (2017), ajuda a indicar como a sociedade e a política podem ter um papel importante a desempenhar nos futuros caminhos de desenvolvimento.

O mapa da Figura 12 apresenta uma componente política importante, pois as UGRHIs classificadas como de baixa vulnerabilidade já possuem comitês de bacias com aporte de recursos voltados ao setor agropecuário, bem como detêm uma ocupação com culturas de expressiva participação na economia. As classificadas como de média e alta, podem ser priorizadas assim com linhas de financiamento gerais do Estado, tais como Fundo de Expansão do Agronegócio Paulista (FEAP) e Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), pois não possuem recursos consideráveis ao setor agropecuário, e necessitam de políticas específicas para sanar as principais carências identificadas na Tabela 10, e Tabela 11.

## Conclusões

A junção de questões sociais, econômicas, de produção agropecuária, de parâmetros de solo, relevo, e climáticos, trouxe a possibilidade de descrição do perfil de ocupação das diferentes regiões paulistas, e permitem que políticas públicas sejam elaboradas de acordo com especificidades locais, favorecendo assim um enfrentamento do setor agropecuário ante as mudanças climáticas. A metodologia adotada para setorização dos níveis de vulnerabilidade agrária-socioeconômica, permite que políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas e de fortalecimento de boas práticas agropecuárias, bem como de questões sociais e econômicas de diversificação da produção, sejam tratadas de maneira hierarquizada e específica para os diferentes perfis de agricultores no Estado.

As tabelas e mapas apresentados no capítulo referente a vulnerabilidade agrária-socioambiental, permitem que políticas públicas específicas sejam desenvolvidas e focadas para as regiões carentes dos serviços e objetivos alvo, permitindo que recursos do erário sejam direcionados à população rural que necessita efetivamente.

O mapa de vulnerabilidade agrária-socioambiental obtido é atualmente base para planejamentos do órgão de extensão rural e assistência técnica do Estado de São Paulo e compõe o geoportall <http://geo.cdrrs.sp.gov.br/geocdrrs/>.

## Notas

6 Teoria de autovalores de Steklov-Neumann, importante para a matemática, com aplicações práticas em áreas diversificadas como mecânica quântica, processamento de imagens, análise de vibrações, mecânica dos sólidos, estatística entre outros.

7 O índice randômico é um índice aleatório, calculado para matrizes quadradas de ordem  $n$ .

## Referências

ABUODHA, P.A.O.; WOODROFFE, C.D. Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia. **Journal of Coastal Conservation**, v. 14, n. 3, p. 189-205, 2010.

ACSELRAD, H. Vulnerabilidade social, conflitos ambientais e regulação urbana. **O Social em Questão**, n. 33, 2015.

ADAMS, J.M. **Vegetation-climate interaction: how plants make the global environment**. 2. ed. New York: Springer, 2009. 293 p.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. ALVES, H.P.F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **R. Bras. Est. Pop.**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília/DF: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 2003.

BARCELLOS, C. Constituição de um sistema de indicadores socioambientais. In: MINAYO, M.C. (org.). **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós**. Rio de Janeiro: Fiocruz, p. 313-329, 2002. BATES, B. *et al.* **Climate Change and Water**. IPCC Technical Paper VI. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Secretariat, Geneva, Switzerland, 2008. 210 p.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, p. 290-291, 2007.

BOYKOFF, M.T. Lost in translation? United States television news coverage of

- anthropogenic climate change, 1995-2004. **Climatic Change** **86**, p. 1-11, 2008.
- BRAGA, T.M.; OLIVEIRA, E.L.; GIVISIEZ, G.H.N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em perspectiva**; v. 20, n. 1, p. 81-95, 2006.
- BROOKS, N.; ADGER, W.N.; KELLY, P.M. The determinate of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation: adaptation to climate change: perspectives across scales. **Global Environmental Change Part A** **15**, p. 151-163, 2005.
- CARMO, R.L. População e mudanças ambientais globais. **Revista Multiciência: Mudanças Climáticas**, Campinas, n. 8, p. 65-87, 2007.
- CATI. **Modelo digital de elevação do Estado de São Paulo obtido a partir do SRTM 1 arcsecond, Aster GDEM V2 e Ondulação Geoidal**. São Paulo, 2016.
- CIDADE, L.C.F. Urbanização, ambiente, risco e vulnerabilidade. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 15, n. 29, p. 171-191, 2013.
- CONFALONIERI, U.E.C.; MARINHO, D.P.; RODRIGUEZ, E.R.R. Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. **Relatório final de projeto de pesquisa**, Rio de Janeiro: Fiocruz, 2005. 96 p.
- CONFALONIERI, U.E.C.; MARINHO, D.P.; BARATA, M. Vulnerabilidades em matéria de saúde pública na região metropolitana do Rio de Janeiro na perspectiva das mudanças climáticas. In: **Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ. p. 199-225, 2011.
- COSTA, T.C.C.; UZEDA, M.C.; FIDALGO, E.C.C.; LUMBRERAS, J.F.; ZARONI, M.J.; NAIME, U.J.; GUIMARÃES, S.P. Vulnerabilidade ambiental em subbacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda de solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2493-2500.
- COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, p. 1551-1554, 1988.
- CRUZ, L.M.; PINESE JÚNIOR, J.F.; RODRIGUES, S.C. Abordagem cartográfica da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória-MG. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 62/04, 2010.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539. 1996. Disponível em: [http://webra.cas.sc.edu/hvri/docs/Progress\\_Human\\_Geography.pdf](http://webra.cas.sc.edu/hvri/docs/Progress_Human_Geography.pdf). Acesso em: 20 set. 2015.
- CUTTER, S.L. GI science, disasters, and emergency management. **Transactions in GIS**, v. 7, n. 4, p. 439-445, 2003.
- DECONTO, J.G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa Agropecuária, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp): Campinas, SP: Embrapa/Unicamp, 84 p. 2008.
- DESSAI, S.; HULME, M. Assessing the robustness of adaptation decisions to climate change uncertainties: a case study on water resources management in the east of England. **Global Environmental Change**, n. 17, p. 59-72, 2007.
- DOBROVOLSKI, R.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; LOYOLA, R.D.; MARCO JÚNIOR, P.D. Agricultural expansion and the fate of global conservation priorities. **Biodiversity Conservation**, v. 20, n. 11, p. 2445-2459. 2011.
- EGLER, C.A.G.; BESSA, V.C.; GONÇALVES, A.F. Dinâmica territorial e seus rebatimentos na organização regional do Estado de São Paulo. **Confins [Online]**, n. 19, 2013. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/8602>. Acesso em: 12 nov. 2016.
- ELY, D.F.; ALMEIDA, I.R.; SANT'ANNA NETO, J.L. Variabilidade climática e o rendimento da cultura do milho no Estado do Paraná: algumas implicações políticas e econômicas. **Geografia**, Londrina, v. 12, n. 1, 2003.
- ESTOQUE, R.C.; MURAYAMA, Y. Suitability analysis for beekeeping sites in La Union, Philippines, using GIS and multi-criteria evaluation techniques. **Res. J. Appl. Sci.**, n. 5,

p. 242–253. 2010.

FIGUEIREDO, M.C.B.; VIEIRA, V.P.P.B.; MOTA, S.; ROSA, M.F.; MIRANDA, S. **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 47 p. (Documentos 127).

FOLEY, J.A. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574. 2005. FOLHARINI, S.O.; OLIVEIRA, R.C.; FURTADO, A.L.S. Vulnerabilidade à perda de solo do parque nacional da restinga de jurubatiba: Contribuição para uma proposta de atribuição de peso. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 2, 2017.

GALLOPÍN, G.C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 293-303. 2006.

GUIVANT, J.; JACOBI, P.R. Da hidrotécnica à hidropolítica: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, Florianópolis: UFSC, n. 67, 2003.

HAMEED, S.O.; HOLZER, K.A.; DOERR, A.N.; BATY, J.H.; SCHWARTZ, M.W. The value of a multi-faceted climate change vulnerability assessment to managing protected lands: lessons from a case study in Point Reyes National Seashore. **J. Environ. Manag.**, v. 121, p. 37-47, 2013.

HARVEY, C.A.; RAKOTOBE, Z.L.; RAO, N.S.; DAVE, R.; RAZAFIMAHATRATRA, H.; RABARIJOHN, R.H.; RAJAOFARA, H.; MACKINNON, J.L. Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 369, n. 1639, 2014.

HO, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications: a literature review. **Eur. J. Oper. Res.**, n. 18, p. 211–228, 2008.

HOGAN, D.J.; CARMO, R.L.; RODRIGUES, I.; ALVES, H. Conflitos entre crescimento populacional e uso dos recursos ambientais em bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. In: TORRES, H. e COSTA, H.M. (eds.). **População e meio ambiente: debates e desafios**. São Paulo, Editora do Senac, 2000.

IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo. **Malha Municipal do Estado de São Paulo**. Escala 1:50.000. São Paulo, 2010.

IOC. Intergovernmental Oceanographic Commission. **Hazard awareness and risk mitigation in integrated coastal area management**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco). Paris, France, 143 p. 2009.

IPCC. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, e New York, NY, USA, 2012. 582 p.

JACOBI, P.R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Rev. Katálysis**. Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 237-244, jul./dez. 2007.

PINESE JÚNIOR, J.F.; RODRIGUES, S.C. O Método de Análise Hierárquica-AHP como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 23, p. 4-26, 2012.

KABAT, P.; SCHULZE, R.E.; HELLMUTH, M.E.; VERAART, J.A. (Eds.). **Coping with Climate Variability and Climate Change in Water Resources: a Scoping Paper**. Dialogue on Water and Climate (DWC), International Secretariat of the Dialogue on Water and Climate, Wageningen, Netherlands. 2003.

KATZMAN, R. (coord.). **Activos y estructuras de oportunidades: estudios sobre las raíces de la vulnerabilidad social em Uruguay**. Montevideo, CEPAL. 1997. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/28651>. Acesso em: 16 jul. 2017.

KUNDZEWICZ, Z.W.; MATA, L.J.; ARNELI, N.W.; BONECA, P.; KABAT, P.; JIMENEZ, B.; MILLER, K.; OKI, T.; ZEKAI, S.; SHIKLOMANOV, I. Freshwater resources and their management. In: **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, p. 173-210. 2007.

- LAL, R. Global food security and nexus thinking. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 71, n. 4, p. 85A-90A, 2016.
- LEITCH, A.M.; ROBINSON, C.J. Shifting sands: uncertainty and a local community response to sea level rise policy in Australia. **Risk and Social Theory in Environmental Management: from uncertainty to local action**, v. 106, p. 117-131, 2012.
- LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China. **Ecological Modeling**, v. 192, p. 175–187, 2006.
- MALTA, F.S.; COSTA, E.M.; MAGRINI, A. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 3933-3944, 2017.
- MARANDOLA JÚNIOR., E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilidade e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, 2005. MARANDOLA JÚNIOR., E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilities and risks in population and environment studies. **Population and Environment**. New York. v. 28, n. 2, 2006.
- MEASHAM, T.; PRESTON, B.L. Vulnerability analysis, risk and deliberation: the Sydney climate change adaptation initiative. *In: Risk and Social Theory in Environmental Management*, 2012. p. 147.
- MEDEIROS, C.N. **Geoprocessamento na gestão municipal**: mapeamento do meio físico e socioeconômico do município de Parnamirim (RN). Dissertação (Mestrado) - PPGeo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, 2004.
- MIARA, M.A.; OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental – um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa/PR. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 13, p. 85-98, 2007
- MUKESH, S.B.; KOMAL, C.; ALEXANDER, K. Land Use/Cover and Vulnerability Mapping Through Remote Sensing and GIS In Astrakhan, Russia. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 8, n. 380, p. 2, 2017.
- NARDO, M.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; TARANTOLA, S.; HOFFMANN, A.; GIOVANNINI, E. **Handbook on constructing composite indicators**: methodology and user guide. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008.
- NASCIMENTO, D.M.C.; DOMINGUEZ, J.M.L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 395–408, 2009.
- OLÍMPIO, J.L.S.; ZANELLA, M.E. Emprego das geotecnologias da geoinformação na determinação das vulnerabilidades natural e ambiental do município de Fortaleza/CE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 64, p. 01-14, 2011.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Living with risk**: a global review of disaster reduction initiatives. Inter-agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Genebra: ONU, 2004.
- O'RIORDAN, T.; WARD, R. Building trust in shoreline management: creating participatory consultation in shoreline management plans. **Land Use Policy**, n. 14, p. 257-276, 1997.
- OUMA, Y.O.; TATEISHI, R. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi- parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. **Water**, v. 6, n. 6, p. 515-1545, 2014.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014. 414 p.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Agropecuária, Guaíba, 478 pp. 2002.

- PETERSEN, J.F.; SACK, D.; GABLER, R.E. **Physical geography**. Brooks/Cole Cengage Learning, Belmont, 2012. 646 p.
- PORTER, J.R., *et al.* Food security and food production systems. *In*: FIELD C.B., *et al.* (eds). **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Part A: global and sectoral aspects. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2014. 485 p.
- PRATES, H. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.
- PRESTON, B.; SMITH, T.; WITHYCOMBE, T.; GORDDARD, R.; BROOKE, C.; MCINNES, K.; ABBS, D.; MORRISON, C. Mapping climate change vulnerability in the Sydney Coastal Councils Group. **CSIRO Publishing - Climate Adaptation Flagship**, Canberra. 2008.
- PRESTON, B.; YUEN E.; WESTAWAY, R. Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks. **Sustainability Science**, n. 6, p. 177-202. 2011.
- RAMOS, R.C. Desempenho do programa de subvenção ao prêmio de seguro rural no Brasil em 2008. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 4, n. 6, jun. 2009.
- RIVER S.W. Enhancing the sustainability efforts of local governments. **International Journal of Innovation and Sustainable Development**, n. 1, p. 46-64. 2005.
- RODRIGUES, S.C.; PINESE JÚNIOR, J.R. O Método de Análise Hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia, USP, São Paulo, Brazil** (2012).
- ROHLI, R.V.; VEGA, A.J. **Climatology**. 2. ed. Sudbury: Jones & Bartlett Learning, 2012. 425 p.
- ROQUE, A.A.O.; DRUGOWICH, M.I. Geotecnologias no acompanhamento da bananicultura na região de Registro. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2015.
- ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal. 2017, v.1. 118p. (inclui mapas).
- RYDIN, Y. **Conflict, consensus, and rationality in environmental planning: an institutional discourse approach**. Oxford: OUP, 2003.
- SAATY, T.L. **The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.
- SAATY, T.L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. **Management Science**, v. 32, p. 841-855, 1986.
- SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Serv. Sci.**, n. 1, p. 83-98. 2008.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2016/2017**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2018. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- SHAW, A.; SHEPPARD, S.; BURCH, S.; FLANDERS, D.; WIEK, A.; CARMICHAEL, J.; ROBINSON, J.; COHEN, S. Making local futures tangible: synthesizing, downscaling and visualizing climate change scenarios for participatory capacity building. **Global Environmental Change**, n. 19, p. 447- 463, 2009.
- SILVA, C.A.; NUNES, F.P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: INPE, 2009. p. 5435-5442.
- SILVA, R.F.B.; BATISTELLA, M.; MORAN, E.F. Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **Environmental Science & Policy**. v. 74, p. 14-22. 2017.
- SIQUEIRA, M.F.; PETERSON, A.T. Consequences of global climate change for geographic

- distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2003.
- SMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Projeto Ambiental Estratégico Cenários Ambientais 2020**. São Paulo: SMA/CPLA, 2009.
- SONG, G.; CHEN, Y.; TIAN, M.; LV, S.; ZHANG, S.; LIU, S. The ecological vulnerability evaluation in southwestern mountain region of China based on GIS and AHP method. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 465-475, 2010.
- STEINER, J.L.; BRISKE, D.D.; BROWN, D.P.; ROTTLER, C.M. Vulnerability of Southern Plains agriculture to climate change. **Climatic Change**, v. 146, p. 201-218, 2017.
- THANH, L.N.; DE SMEDT, F. Application of an analytical hierarchical process approach for landslide susceptibility mapping in A Luoi district, Thua Thien Hue Province, Vietnam. **Environmental Earth Sciences**, v. 66, n. 7, p. 1739-1752, 2011.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. UFV, Viçosa, 460 pp. 2013.
- VIEIRA, A. S. **Orientações para implantação de um SIG municipal considerando aplicações na área de segurança pública**. 2002. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2002.
- VILLA, F.; MCLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. **Environmental management**, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002.
- WALTHALL, C.L., *et al.* **Climate change and agriculture in the United States: effects and adaptation**. Washington, DC: USDA Technical Bulletin 1935. Washington, 2012. 186 p.
- WIRÉHN, L.; DANIELSSON, Å.; NESET, T.S. Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. **Journal of environmental management**, v. 156, p. 70- 80, 2015.
- YASSUDA, E.R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Rev. Adm. Púb.**, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.
- YING, X.; ZENG, G.; CHEN, G.; TANG, L.; WANG, K.; HUANG, D. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality - a case study of Hunan Province, China. **Ecological modelling**, v. 209, n. 2-4, p. 97-109, 2007.
- ZANELLA, M.E.; OLÍMPIO, J.L.; COSTA, M.C.L.; DANTAS, E.W.C. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, 2013.
- ZOU, T.; YOSHINO, K. Environmental vulnerability evaluation using a spatial principal components approach in the Daxing'anling region, China. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 405-415, 2017.



# PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS PARA ENFRENTAR RISCOS NA AGROPECUÁRIA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Alineaurea Florentino Silva<sup>1</sup>

## Introdução

A semiaridez é uma situação climática natural que ocorre em parte do território brasileiro e se trata de uma condição anômala, que não se insere na zonalidade geográfica convencional. Um dos aspectos mais relevantes dos espaços geográficos semiáridos, particularmente no território brasileiro, é constituído pelos eventos de seca, que, em algumas ocasiões, assumem um caráter que pode ser inserido na categoria de eventos extremos climáticos, constituindo risco para a população e a biodiversidade regionais. Esses eventos não somente fragilizam os sistemas biológicos presentes no universo territorial desses espaços de déficit hídrico anual, mas também vulnerabilizam toda uma gama de domínios culturais e históricos pertencentes a esse espaço.

A produção agropecuária brasileira é por natureza rica e altamente biodiversa, além de desempenhar um papel de destaque na economia nacional. De norte a sul do país, usufrue-se de alimentos sazonais ou não sazonais durante o ano que suprem, pelo menos teoricamente, as necessidades humanas, desde as mais básicas até as mais sofisticadas, extraindo da terra *comodities* que vão do trigo ao vinho, do umbu até o mirtilo, do peito de peru até a manta caprina<sup>2</sup>. A região semiárida é responsável por parte significativa do rebanho caprino que fornece leite e derivados, sendo a criação de animais uma das aptidões naturais desse espaço geográfico.

Apesar de toda riqueza existente no país e na região semiárida, em particular, a seca constitui um fenômeno que inspira maiores cuidados com o universo ecológico produtivo, sob pena de se perder parte significativa de um bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga. É exatamente nessa circunstância que se faz necessário lançar mão de ações que possam manter a produção demandada para alimentar seres humanos e animais sem depreciar a riqueza da vegetação ou a saúde do solo. Essas ações podem ser conhecidas como práticas agroecológicas e fazem parte de uma série de mecanismos eficazes para produzir alimentos de forma menos impactante ao ambiente, resgatando aspectos culturais e sociais que permitam a convivência com a seca e com os riscos que ela pode oferecer.

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Mestre em Fitotecnia, Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Pesquisadora da Embrapa Semiárido, professora permanente do Programa Nacional em Rede em Ensino de Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco (Profciamb/UFPE) e do Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da Universidade Federal do Vale do São Francisco (PPGExR/UNIVASF), E-mail: [alineurea.silva@embrapa.br](mailto:alineurea.silva@embrapa.br).



Sem o intuito de esgotar todas as práticas agroecológicas existentes e disponíveis, o presente capítulo foi elaborado com alguns princípios que norteiam a escolha dessas práticas, bem como algumas experiências que por si só revelam os desafios e frustrações que podem ocorrer quando não são observadas as características norteadoras de cada local onde existe o potencial produtivo a ser explorado.

## 1 O Semiárido Brasileiro<sup>3</sup>

O semiárido brasileiro, em seus diversos aspectos, vem sendo estudado e referido há mais de um século. O engenheiro e escritor Euclides da Cunha, já em 1901, na célebre obra da Literatura brasileira “Os Sertões”, abordou o tema, immortalizando-o.

As condições estruturais da terra lá se vincularam à violência máxima dos agentes exteriores para o desenho de relevos estupendos. O regime torrencial dos climas excessivos, sobrevindo, de súbito, depois das insolações demoradas, e embatendo naqueles pendores, expôs há muito, arrebatando-lhes para longe todos os elementos degradados, as séries mais antigas daqueles últimos rebentos das montanhas: todas as variedades cristalinas, e os quartzitos ásperos, e as filades e calcários, revezando-se ou entrelaçando-se, repontando duramente a cada passo, mal cobertos por uma flora tolhiça — dispondo-se em cenários em que ressalta predominante, o aspecto atormentado das paisagens. (CUNHA, 2012, p. 27).

A semiaridez do Nordeste brasileiro constitui uma excepcionalidade. Os parâmetros geográficos que acabam determinando as condições climáticas de uma região, quais sejam a posição astronômica da localidade, o relevo modesto, em sua altimetria e a proximidade relativa de uma massa oceânica quente deveriam determinar uma climatologia nordestina que se assemelharia àquela que se observa na Amazônia superúmida. Mas não é isso que se verifica, rompendo, assim, com os ditames do que se conhece como zonalidade geográfica, definindo-se, portanto, uma nítida azonalidade climática, quando se instalou um amplo bolsão de semiaridez (domínio do clima BSh e suas variantes) no saliente nordestino do país.

A dinâmica climática dos espaços semiáridos, especialmente no Sertão Pernambucano, reveste-se de uma particular importância, pois encerra um elevado grau de complexidade, decorrente da interação de sistemas atmosféricos originados em áreas remotas e qualitativamente diferentes (JATOBÁ *et al.*, 2017). A anomalia climática que é o bolsão semiárido referido é a projeção de um ar de altas pressões, estável e seco originado sobre a parte oceânica fria (corrente de Benguela) no Atlântico sul e a faixa desértica instalada há milhares de anos sobre o sudoeste africano (Kalahari e deserto da Namíbia).

Andrade (1972) analisou, pioneiramente, com mais profundidade, essa projeção do ar do Kalahari sobre o Nordeste brasileiro e o centro de altas pressões subtropicais do Atlântico Sul, em especial o seu setor oriental. Assim, de acordo com essa hipótese que, atualmente, comprova-se com a utilização de recursos tecnológicos modernos, como por exemplo as imagens de satélite, o semiárido brasileiro resulta da instalação desse sistema atmosférico durante a maior parte do ano, com baixo teor de umidade relativa do ar e um nível altimétrico muito baixo da camada de inversão dos alísios (*apud* JATOBÁ *et al.*, 2017).

O Semiárido brasileiro é definido, cartograficamente, pela isoietas de 800mm/ano ou menos, acrescentando-se o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (Figura 1). Atualmente, o Semiárido brasileiro é composto

por 1.262 municípios, dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (BRASIL, 2017). As áreas de menor pluviosidade no espaço de déficit hídrico do Nordeste brasileiro localizam-se exatamente nas áreas topograficamente deprimidas, num compartimento regional designado com Depressão Sertaneja ou Depressão Interplanáltica semiárida. São áreas que ficam a sotavento de maciços e cristas residuais, resguardadas, portanto, dos fluxos de ar subúmidos e até úmidos.

Essas áreas deprimidas no Agreste e Sertões do Nordeste brasileiro são preferenciais para as secas, que, muitas vezes, assumem um caráter catastrófico. Esses períodos de eventos extremos de déficit hídrico são de grande complexidade, haja vista que encerram a interação entre diversos fatores, alguns até cósmicos.

Há uma correlação entre períodos de intensa atividade solar (épocas em que se multiplicam por anos o número de manchas solares) e extrema irregularidade pluviométrica nessas áreas mencionadas. Esse fato, aliás, já havia sido objeto de especulação científica por parte de Ferraz (1929), Andrade e Lins (2001), Jatobá, Silva e Lins (2020), entre outros. Atualmente, constata-se essa correlação geográfica, a partir do exame de imagens do Sol, identificação dos ciclos de alta atividade solar e secas no Nordeste brasileiro.



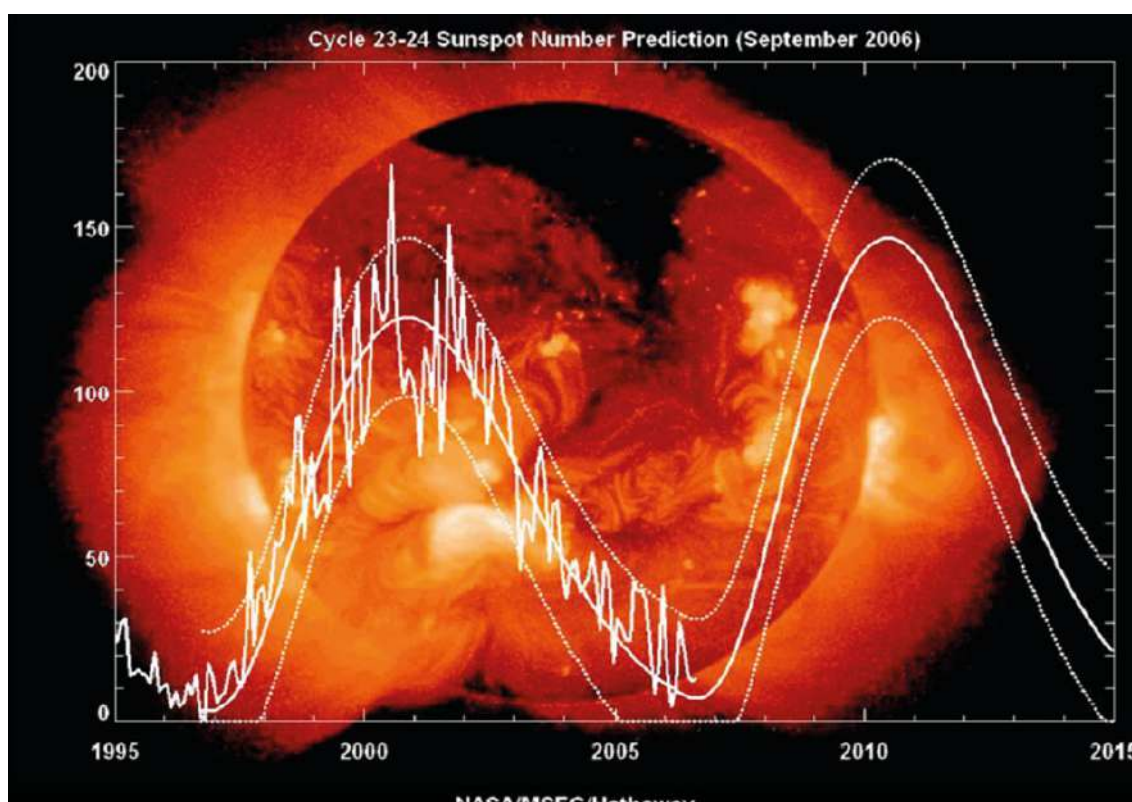
Fonte: IBGE (2018).

**Figura 1.** Delimitação do Semiárido brasileiro.

Verificam-se, na Figura 2, ciclos de manchas solares (máxima atividade solar) e a instalação de secas correlativas. A partir de 2011, teve início uma intensa seca no Nordeste brasileiro, exatamente no momento em que um maior número de manchas solares (*sun spots*) ocorreram. Os efeitos sobre a economia e a sociedade nordestinas foram muito expressivos por ocasião desse último ciclo solar. Um levantamento sobre as grandes secas desde o século XVII mostrou que estas ocorreram nos anos em que as manchas solares estavam intensas, tais como as de 1710, 1711, 1721 a 1726, no

século 18, ou nos anos 1877, 1878, 1879 no século 19, ou como em 1990, 1991, 1992 no século 20 (SILVA *et al*, 2010).

Uma outra correlação diz respeito à instalação de uma ampla anomalia térmica da superfície marinha positiva, verificada no Pacífico Equatorial, designada como fenômeno “El Niño”. Esse fenômeno, que apresenta repercussões hemisféricas, implica numa subsidência do ar sobre o saliente nordestino (Célula de Walker), gerando mais estabilidade do ar atmosférico regional, impedindo o desenvolvimento vertical de nuvens e bloqueando, em certo sentido, a migração do sistema atmosférico conhecido como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esse impedimento da migração meridional da ZCIT altera sobremaneira o período de chuvas de verão retardadas para outono que tão bem caracteriza um dos mais importantes regimes de chuvas do semiárido da Região Nordeste do país.



Fonte: Imagem apresentada por Luiz Carlos Molion em conferência proferida na UFPE, no ano de 2004.

**Figura 2.** Ciclos de atividade solar entre os anos 1995 e 2015.

Mas não cessam aí as complexas relações entre fatores geográficos e a circulação atmosférica. Anomalias térmicas da superfície marinha no Atlântico Norte e no Atlântico Sul são capazes de exercer um impressionante poder de alteração da circulação atmosférica regional com reflexos na definição de secas mais ou menos severas. Há anos em que, a partir da primavera e sobretudo no verão, o Atlântico sul se mostra mais frio e o Atlântico norte mais quente. Com esse quadro, as secas serão severas na região, pois a migração meridional da ZCIT não se faz enérgica e frustra assim as chuvas convectivas de verão-outono no Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

A história geológica do Brasil, em especial durante o Quaternário, é marcada por intensos e prolongados períodos de seca, que repercutiram devastadoramente sobre o Nordeste. Esse fato verificou-se intensamente ao longo das fases glaciais do Pleistoceno, com particular intensidade ao longo do Máximo Glacial, há aproximadamente 18.000 anos A.P.

## 1.1 Adversidades e riscos numa região com semiaridez

Exaustivamente estudado nos últimos 30 anos, o Semiárido brasileiro passou a constar em numerosos documentos, dissertações e teses orientadas e produzidas em diversas universidades do Nordeste brasileiro. A influência das condições climáticas sobre o comportamento de plantas e animais foi tema intensamente explorado, e inúmeras informações foram encontradas e sistematizadas.

Não se tem dúvida de que o clima semiárido reproduz um estresse que deprecia sobremaneira os sistemas de produção de alimentos, porém a forma que esse estresse atua e como fazer para minimizar os efeitos ainda vai exigir dos pesquisadores muitas horas de trabalho. A dinâmica da temperatura sobre a superfície do solo e nas suas primeiras camadas, com a chegada de um pouco de chuva, por exemplo 5mm, é algo impressionante. A temperatura alta nas regiões semiáridas nem sempre pode ser atenuada com pequenas quantidades de chuva, porém essas poucas gotas de água podem interferir em processos que trarão alterações enormes no sistema de produção do semiárido, como decomposição de folhas fenadas na superfície que seriam forragem para os animais ou apodrecimento de raízes, como a de mandioca, que ficam em repouso na seca mas com o contato com pequena quantidade de água desencadeiam processo de deterioração microbiana ou enzimática, causando perdas de grande parte de seus tecidos ricos em amido.

A perda de safras por conta de apodrecimento de raízes (no caso de culturas tuberosas) ou a decomposição acelerada da cobertura vegetal morta são algumas das consequências dessas chuvas escassas. A morte das raízes incorre na redução de alimento, forragem para os animais e renda da família, enquanto que a decomposição da cobertura vegetal morta também destrói material fenado que estava em campo e seria aproveitado pelos animais. Em ambos os casos, o incremento de matéria orgânica pode favorecer o solo local, porém o agricultor não contava com essa perda e, sem se preparar com mais forragem armazenada, pode sofrer em demasia com o risco que o déficit de chuvas traz nas áreas secas, como detalhado acima.

A adversidade climática do semiárido reproduz em vários segmentos dos agroecossistemas modelos de depreciação biológica, tanto na vegetação quanto no solo, suprimindo alguns dos microrganismos que fazem parte da vida desse ambiente onde desenvolvem-se as raízes. As raízes constituem o principal órgão de absorção de água e nutrientes das plantas e por vezes tornam-se excessivamente danificadas pelos ciclos constantes de umedecimento e secagem ocasionados pelas condições climáticas contrastantes próprias do semiárido.

Associando-se às adversidades climáticas temos os riscos provenientes desse ciclo irregular de chuvas. Sem o uso de água suplementar é quase impossível prever uma colheita regular. Por outro lado, a irrigação carrega consigo outros impactos que podem ser transformados em riscos significativos para o homem do campo.

A Figura 3 ilustra a condição de déficit hídrico na comunidade Vira Beiju, zona rural do município de Petrolina. Essa comunidade depende da produção de mandioca para movimentação das pequenas fábricas de farinha. Além do déficit hídrico claramente exposto no solo, a temperatura nestes locais alcança marcas superiores a 50°C na superfície, trazendo prejuízos para quem depende da produção de alimentos nesses espaços. É importante notar que nas áreas de solo descoberto as temperaturas se mantêm muito mais altas, fato que justifica como importantíssimo o uso da cobertura vegetal sobre o solo, seja na forma de *mulch* ou mesmo na forma de cultivos simultâneos, como será visto adiante.

As condições climáticas adversas ilustradas acima promovem riscos diversos, não apenas o de frustração de safras, reduzindo a renda dos produtores e sua própria condição alimentar, como também os riscos ambientais, visíveis nos espaços do

semiárido onde a ação antrópica ocorre de forma irregular e descontrolada. Os processos de degradação podem se instalar com maior intensidade nas regiões de clima semiárido (SÁ *et al.*, 2010), tendo em vista as diversas características de solo, de clima e de vegetação, quando reunidas às demandas pela sobrevivência da população, que podem causar impactos principalmente ambientais e econômicos.



Foto: Leonardo Wilker.

**Figura 3.** Observação da temperatura do solo na comunidade Vira Beiju, Petrolina-PE, no ano 2014.

Parte dos impactos ambientais causados por riscos climáticos na região semiárida são visíveis nas paisagem e desdobram-se sutilmente na destruição da biodiversidade, na menor disponibilidade de recursos hídricos, assoreamento de fontes hídricas, como rios e reservatórios, na perda de características físicas e químicas benéficas dos solos, desencadeando processo de redução do potencial biológico da terra e por fim da produtividade agrícola. Na Figura 4 estão ilustradas as condições climáticas no semiárido e algumas ações impactantes que denotam claramente a fragilidade desse Agroecossistema e a necessidade de medidas de proteção e preservação.



Fonte: a autora.

**Figura 4.** Condições climáticas e ações impactantes no semiárido nordestino.

É possível minimizar os riscos e evitar a ampliação das áreas degradadas no Semiárido brasileiro. Segundo Sá *et al.*, (2010), diversas medidas podem ser tomadas para minimizar os riscos de degradação da região, dentre elas temos algumas que têm forte alinhamento com as práticas agroecológicas, tais como:

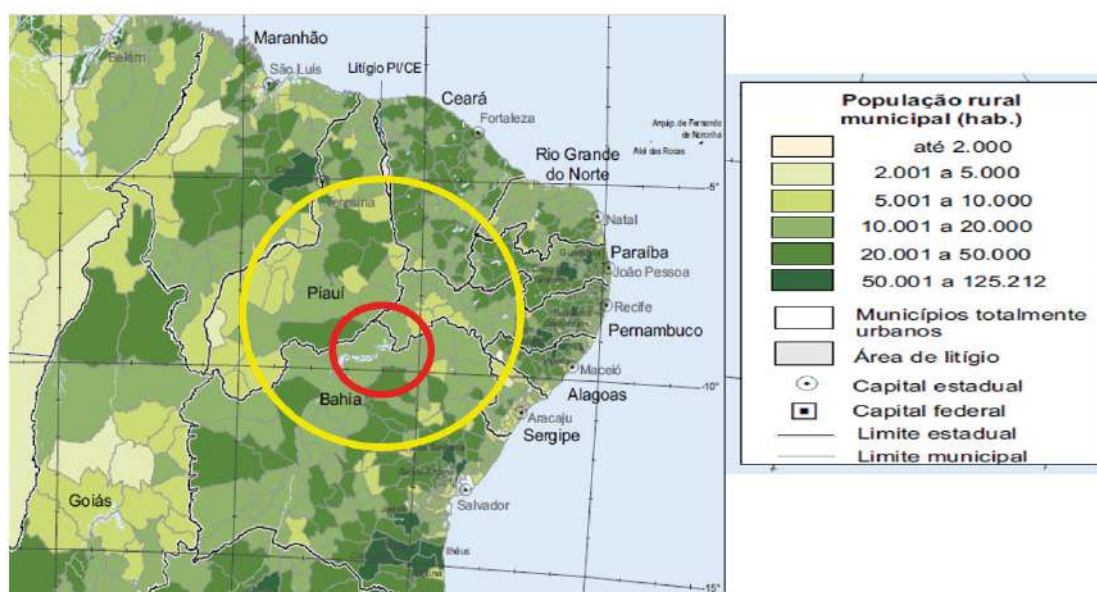
- ✓ Capacitação de recursos humanos especializados em gestão de recursos naturais para convivência com as especificidades de áreas degradadas ou em processo de desertificação;
- ✓ Educação ambiental visando à efetiva disseminação de conhecimentos e práticas que contribuam para recuperar as áreas desertificadas;
- ✓ Identificação e adoção de mecanismos que permitam a inibição de atividades predatórias e a efetividade de propostas de reposição florestal por parte dos atores sociais e indústrias consumidoras de lenha e carvão;
- ✓ Proposição de incentivos para a implantação de sistemas agroflorestais e de manejo adequado das atividades agropecuárias para não se intensificar o processo de desertificação;
- ✓ Promoção de iniciativas voltadas para a criação de bancos de sementes e viveiros para a produção de sementes e mudas de espécies nativas, visando o estabelecimento de ações de enriquecimento e recuperação de áreas degradadas;
- ✓ Desenvolvimento de apicultura com o objetivo de aproveitar a existência de flora melífera nativa, criando uma nova alternativa de renda para as com unidades;

Observa-se claramente que nas medidas propostas por Sá *et al.*, (2010), para minimizar os efeitos da degradação inerentes ao risco climático no semiárido, foi indicado como prioritário o cuidado com o ser humano, elemento central num processo de transição agroecológica. E é a partir desse ser humano que se pode pensar em reduzir impactos ambientais e conviver com a semiaridez com mais dignidade. Assim, é importante compreender as condições ambientais, bem como as necessidades desse ser humano, fazendo-o entender o poder que tem em suas mãos para inibir processos sérios de degradação.

## 1.2 Água e alimento para homens e animais no semiárido brasileiro

As necessidades humanas para sobrevivência, em qualquer parte do mundo, está intrinsecamente ligada inicialmente à oferta de alimentos e à obtenção de renda. Sem vagas de emprego ou oportunidades de trabalho mais seguro, o povo do semiárido viveu anos com baixo índice de crescimento populacional. As atividades lucrativas resumiam-se à criação de gado, pele, couro e transformação de alguns alimentos cultivados por vezes em áreas denominadas de vazantes, que apareciam quando ocorria cheia dos rios ou acúmulo em reservatórios. Nem se pensou em cuidar dos riscos ambientais nem minimizar impactos que pudessem ser causados pela busca de sobrevivência nas condições inóspitas do semiárido. Com o advento da irrigação, ocorrido desde a década de 1970, a instalação de estabelecimentos de ensino, saúde, comércio e indústrias de uma forma geral permitiu a oferta de empregos crescer exponencialmente na região, principalmente no Pólo compreendido entre os municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

Dados do IBGE apontam para um crescimento bastante intenso da população rural no centro do semiárido brasileiro nas últimas décadas, como mostram os mapas a seguir (Figura 5 e Figura 6), recortados com destaque para os anos 1940 e 2010. Nota-se claramente que a população no que chamamos de “coração do semiárido” tinha uma frequência de 10 a 20 mil habitantes na década de 1940, enquanto que no ano 2010 passou para o patamar de até 240 mil habitantes, principalmente nas áreas próximas a barragem de Sobradinho, um grande lago que permitiu a instalação no local dos perímetros irrigados.



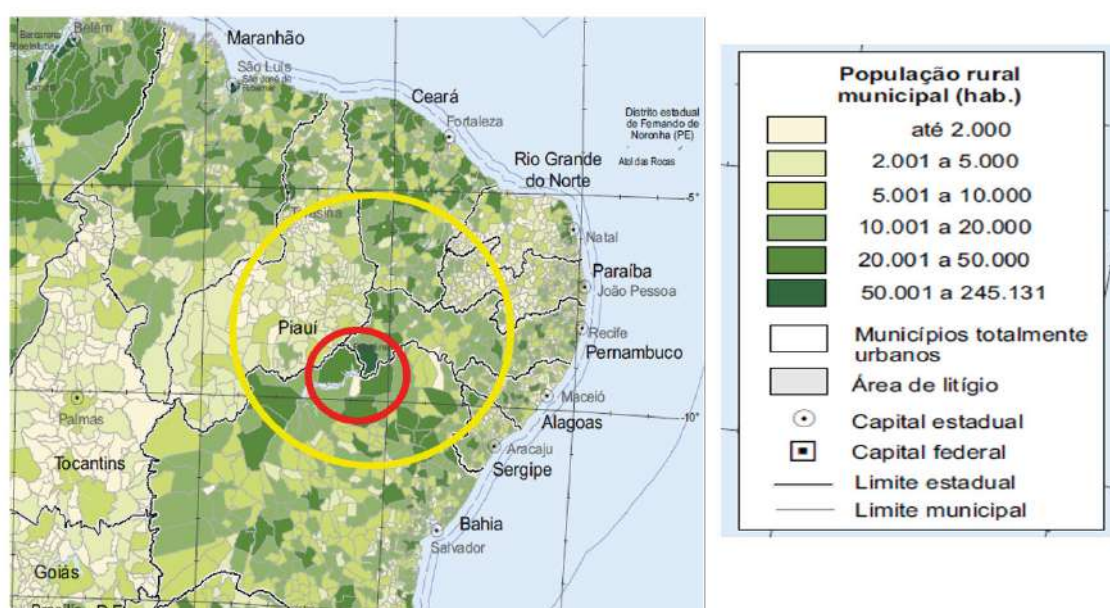
Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

**Figura 5.** Evolução da população rural no Brasil (ano 1940).

É importante salientar que as terras banhadas pelas águas do Rio São Francisco têm uma resposta produtiva eficiente para cultivos irrigados, principalmente nos primeiros anos de plantio. A tão sonhada água que faltava para o sertanejo submetido ao risco da seca chegou generosamente com a irrigação, porém o solo, os vegetais e o homem ainda eram os que sofriam com a escassez hídrica de outrora. Isso ocasionou um choque cultural perceptível para todos, acostumados a pouca ou nenhuma água, falta de alimentos, falta de empregos, pouco ou nenhum contato com o meio externo, cidades ou estados. Era comum presenciar famílias com fortes laços consanguíneos, fruto de casamentos entre

parentes próximos, até primos em segundo grau, por exemplo. Para sanar esse risco climático que é a seca, chega a irrigação dos primeiros perímetros irrigados, porém a forma de se produzir, de cultivar, colher e comercializar os primeiros frutos foi uma verdadeira prova de fogo para os primeiros irrigantes, retratados de forma histórica e ainda vivida por sobreviventes nos dias de hoje como retrataram Beserra, Silva e Araújo (2020) ao tratar dos 50 anos do Perímetro Irrigado Bebedouro, o primeiro a ser instalado em Petrolina.

A chegada de investidores que passaram a ocupar os espaços de produção com uso dos sistemas irrigados trouxe a possibilidade de novos costumes, gerações que passaram a ser originadas não mais do relacionamento entre parentes próximos, como no passado. O crescimento populacional apresentado na Figura 6 representou não apenas um número maior de pessoas vivendo em uma região, mas um uso acima do esperado dos recursos naturais e o crescimento das cidades com uma quantidade enorme de estruturas, desde hospitais e universidades, até espaços de acomodação da produção, os conhecidos *packing houses*, onde são organizadas as safras de frutas para ida ao mercado nacional e até ao exterior.



Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

**Figura 6.** Evolução da população rural no Brasil (ano 1940). Fonte: IBGE

O advento da irrigação, por outro lado, após a construção do Lago de Sobradinho, intensificou o que se chama de ciclo de degradação e empobrecimento em algumas áreas da vegetação Caatinga, devido ao aumento da população e demanda por mais alimentos e produtos, conforme apresentado na Figura 7. Este ciclo chama a atenção, pois é um fenômeno que ocorre na maior parte do semiárido que sobrevive sem a irrigação propriamente dita. A demanda por resíduos das caatingas para a área irrigada promove uma série de outras consequências. Esses impactos negativos ocorrem tanto nas áreas dependentes de chuva como nas áreas irrigadas, com consequências que atingem toda a população, nas áreas rurais e urbanas. Porém nas áreas secas, sem irrigação, são visíveis os processos de degradação, ocasionados pelo uso excessivo do solo com pastagens ou manejo inadequado com espécies vegetais pouco adaptadas em áreas extensas, sem a manutenção de áreas de refúgio para espécies animais e vegetais que poderiam recompor as condições do solo e de parte da vegetação local.





Fonte: acervo pessoal da autora.

**Figura 7.** Ciclo de empobrecimento e degradação do bioma Caatinga.

Os riscos e as consequências citados acima podem ser minimizados se forem tomadas medidas simples, mas de eficácia comprovada quando determinadas com conhecimento real das condições naturais da paisagem a ser melhorada. Essas medidas podem envolver as conhecidas práticas agroecológicas e adequar-se aos sistemas produtivos, de acordo com as condições ambientais e entendimento do ser humano que ali habita. Algumas delas, as mais comumente utilizadas, estarão detalhadas no tópico a seguir.

## 2 As Práticas Agroecológicas no Semiárido

Não se pode falar nos fundamentos da Agroecologia sem mencionar os trabalhos e estudos do professor Miguel Altieri (2012). As bases necessárias para conhecimento e adoção da Agroecologia como forma de vida são fartamente mencionadas nos livros desse pesquisador, e hoje há diversos professores no mundo inteiro que foram orientados por ele e já compartilham da mesma forma de pensar.

Uma das premissas reconhecidamente necessárias para que se possam adotar práticas agroecológicas nos sistemas produtivos, sejam eles do semiárido ou de outro ambiente, é a identificação das condições específicas do local (ALTIERI, 2012) conforme mencionado no início do capítulo, quando foi apresentada uma versão de Souza *et al.* (1992) que trata das unidades de paisagem.

Nessa paisagem, locus de práticas agroecológicas trabalhadas pela autora, existe um elemento central que é o responsável pela maior parte das condições específicas relacionadas aos hábitos e cultura do homem que ali habita. Com o reconhecimento da presença do ser humano no meio ambiente em que ele vive, é possível o entendimento de vários movimentos e demandas que ultrapassam e muito toda e qualquer caracterização

que possa pré-existir na literatura. Ver o ser humano como elemento central no processo de transição agroecológica, como apresentado na Figura 8, garante que as práticas agroecológicas escolhidas possam ser adotadas e tragam benefícios concretos aos ambientes submetidos as adversidades climáticas do Semiárido brasileiro.

As práticas agroecológicas, quando bem utilizadas, têm total potencial para colaborar com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), instituídos pela Organização das Nações Unidas, bem como com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, alinhando-se principalmente aos ODS número 2 e 12, visando a uma agricultura sustentável e consumo e produção responsáveis (Figura 8). O apelo firmado com essas duas institucionalizações colabora e muito no processo de esclarecimento das comunidades sobre as práticas agroecológicas e enfrentamento de eventos extremos com risco climático como a seca. Ajuda ainda na formulação de propostas de projetos que possam ser submetidos ou utilizados junto as instituições de fomento, e com isso facilitam sobremaneira a adoção das ações previstas na transição agroecológica dos agroecossistemas em comunidades rurais vulneráveis.



Fonte: Assembleia Geral das Nações Unidas.

**Figura 8.** Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

As escolhas das práticas dependem fortemente do que já se tem na propriedade e de quais atividades são desenvolvidas que podem ser incrementadas ou fortalecidas. No semiárido, a criação de animais é algo presente desde o período colonial. Adaptado ao clima e condições de alimentação, o animal pode ser um dinamizador de elementos que melhoram a fertilidade do solo, como os resíduos da criação, esterco, soro de leite, etc. Quais animais são passíveis de serem criados ou o resgate de uma cultura que fazia parte do universo do produtor e por qualquer razão foi substituída por outra, são todas decisões que dependem do reconhecimento da família existente no local, muitas vezes repleta de anseios, dúvidas e vocações que precisam ser observadas (Figura 9).

Para facilitar o conhecimento do local e de toda dinâmica envolvida nos processos produtivos, principalmente se tratando de agricultura de base familiar, pode-se lançar mão de ferramentas participativas (FERREIRA; SILVA; BIANCHINI, 2017). Em cada etapa do processo podem e devem ser escolhidas as ferramentas mais adequadas que permitam o diálogo aberto com os atores locais, avançando paulatinamente nas decisões e observações que em si estarão trazendo informações técnicas sem imposição, sem obrigatoriedade e sem receitas prontas.

O uso das ferramentas participativas pode ser considerado uma prática agroecológica base e essencial, pois com ela é possível fortalecer os sistemas produtivos, lançando mão de outras práticas benéficas, abrindo possibilidade de uma transição agroecológica mais natural, com maior resiliência e de acordo com os tempos dos produtores e a velocidade da dinâmica que as condições e riscos climáticos do semiárido impõem.



Foto: autora.

**Figura 9.** Agroecologia, ecologia aplicada a práticas agrícolas e culturais integradas com saber e viver do homem como elemento central.

A visão do homem como elemento central colabora, em parte, com o entendimento das condições e das adversidades e, de acordo com suas possibilidades, poderá agir e escolher qual melhor ou melhores práticas agroecológicas a serem tomadas e quando será possível alternar ou incluir mais uma prática no sistema. Esse “feeling” presente no ser vivente da área de produção é essencial para boas escolhas de práticas a serem usadas.

A Figura 10 ilustra claramente a importância do reconhecimento do homem como parte da paisagem local e assim tomar decisões de forma participativa, uma das primeiras medidas a ser tomada quando se pensa em transição agroecológica no semiárido. As ferramentas da pesquisa participativa precisam ser escolhidas de forma muito consciente e com isto já garantem o diálogo entre técnico e agricultor, no ambiente adverso do semiárido brasileiro.



Foto: a autora.

**Figura 10.** Presença do homem como elemento central numa condição de risco em ambiente de semiaridez.

Dentre as práticas agroecológicas mais utilizadas na região semiárida podem ser citadas as que trazem referência ao maior número de uso de espécies e variedades, bem como as de aproveitamento de restos de culturas, restos alimentares, resíduos de um modo geral. Apesar disso, a maior dificuldade que ocorre nessas práticas em ambientes do semiárido, que poderiam favorecer a qualidade do solo, é a competição que existe pelos restos de cultura com os animais criados soltos parte do tempo. Esses animais normalmente consomem restos de cultura que são plantados e que ficariam no solo enriquecendo-o.

Na caatinga, mata nativa do semiárido brasileiro, há um número enorme de espécies nativas, e algumas delas podem até ser usadas entre as espécies cultivadas, destacando-se aquelas de uso alimentar, tanto para o homem quanto para alimentação animal. Apesar do grande número de áreas desmatadas para cultivo de alimentos ou de espécies forrageiras, ainda existe um grande espaço preservado de matas nativas consideradas caatingas. Os benefícios que as áreas próximas de caatinga trazem para as áreas cultivadas são inúmeros e vão desde a manutenção de alguns inimigos naturais das pragas, à diversificação das espécies forrageiras apícolas e até ao fornecimento de pólen e néctar boa parte do ano, quando não teria essa disponibilidade nas espécies cultivadas. Além disso, a presença da Mata Nativa próxima às áreas cultivadas permite uma redução da velocidade do vento e do efeito bordadura, favorecendo assim o crescimento e desenvolvimento das plantas que são instaladas nas áreas agrícolas (SILVA, 2020).

## 2.1 Diversificação de espécies e variedades

O uso de espécies e cultivares diferentes é uma alternativa ecológica para uma mesma área de produção, incrementando as possibilidades de safras em épocas diferentes ou atendimento a públicos com demandas ou gostos distintos. Barros *et al.* (2008) verificaram que as cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) BRS 149 (Nordestina) e Rs-188 (Paraguaçu) apresentaram valores de eficiência de uso da água similares, em condições semelhantes de água disponível (AD), conforme dados da Tabela 1. Isso reforça o aspecto de que, mesmo tendo aptidões distintas, as cultivares de mamona na área estudada apresentaram a mesma eficiência de uso da água disponível tornando-as igualmente viáveis para cultivo em sistemas diversificados em regiões de clima semiárido, como foi o caso desse ensaio, montado em Campina Grande - PB.

**Tabela 1.** Valores de eficiência do uso da água de cultivares de mamona em função dos conteúdos de água no solo. Adaptado de Barros et al (2008).

Tratamento	Eficiência de uso da água (kg.m-3)	
	Nordestina	Paraguaçu
%AD		
40%AD	0,33	0,28
60%AD	0,84	0,82
80%AD	1,48	1,97
100%AD	2,83	2,78
Média	1,37	1,46

\*AD – Água disponível no solo para as plantas.

Existem muitas possibilidades de adotar uma diversificação maior no agroecossistema, tendo em vista a quebra do ciclo de algumas pragas e consequente proteção do solo com a cobertura vegetal presente nesse tipo de prática. A cobertura

vegetal como prática proveniente da diversificação de espécies tem se tornado altamente necessária nos ambientes de clima semiárido, permitindo redução da temperatura do solo e conseqüentemente das áreas de desenvolvimento das raízes. Algumas espécies, como amendoim, feijões, milho, pimentas e suas diversas variedades, podem ser utilizadas para alimentação humana, fortalecer a forragem dos animais e ainda ter papel fundamental no incremento de matéria orgânica no solo no semiárido. As condições climáticas extremas do semiárido promovem decomposição rápida da matéria orgânica, sendo essa uma das causas dos baixos resultados de produção agrícola. O retorno dessa matéria orgânica incrementada a partir da diversificação produz resultados positivos em médio e longo prazos, favorecendo a saúde do agroecossistema, e mesmo assim podem ser visíveis e mensurados logo nos primeiros momentos de uso dessa prática.

## 2.2 Uso da compostagem em agroecossistemas no semiárido

A compostagem é o processo de decomposição de resíduos orgânicos, produzidos nos mais diferentes espaços, transformando-os em um material estabilizado, pronto para ser usado nas mais variadas condições de plantio. Composto orgânico resulta do processo da decomposição de resíduos grosseiros, no processo chamado de compostagem. Essa decomposição pode ser física e microbiana, envolvendo processos de oxidação e oxigenação da massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, chegando a maturação, humificação e mineralização de diversos componentes.

Nos ambientes submetidos aos riscos provenientes da semiaridez, a compostagem pode permitir resultados altamente satisfatórios na produção e estabilidade biológica do solo. Autores como Albuquerque *et al.* (2006), Oliveira *et al.* (2005), Silva *et al.* (2005), Silva *et al.* (2006), Silva *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2012) alcançaram resultados satisfatórios com uso de compostos em plantios diversos desde meloeiro até hortaliças e manga, todos em ambientes do semiárido.

A única ressalva que se faz para uso do composto é quando não se têm líquidos disponíveis no local para iniciar o processo de decomposição. Por isso é importante mapear a existência dessas fontes hídricas ou partir para usar o composto no período de chuvas, visando o sucesso no preparo do composto orgânico em plena condição de semiaridez.

## 2.3 Aplicação de biofertilizantes líquidos

Os biofertilizantes líquidos também são uma forma importante de uso dos materiais orgânicos com vistas à melhoria dos sistemas produtivos vulneráveis nas condições de semiaridez. São resultantes da mistura de resíduos vegetais presentes na propriedade, com intenção de formar uma calda fermentada que contém macro e micronutrientes de forma equilibrada e disponível para as plantas. Diferente dos compostos orgânicos, os biofertilizantes líquidos permitem uma rápida disponibilização de nutrientes necessários ao crescimento das plantas. Devem ser usados como complemento da nutrição das plantas, principalmente nas espécies vegetais de ciclo curto, cuja demanda por nutriente precisa ser atendida no menor tempo possível. Para o preparo dos mesmos, é importante observar quais são os resíduos e os recipientes que estão disponíveis na propriedade e verificar a função de cada elemento destes, no conjunto, para a nutrição das plantas (Figura 11). Cada elemento que pode ser adicionado no preparo do biofertilizante representa uma função específica para o agroecossistema onde será usado.

É possível incrementar a produção vegetal com uso dos biofertilizantes, suprindo elementos nutritivos que possam estar em situação de carência no Agroecossistema e não têm reserva no solo disponível naquele momento.

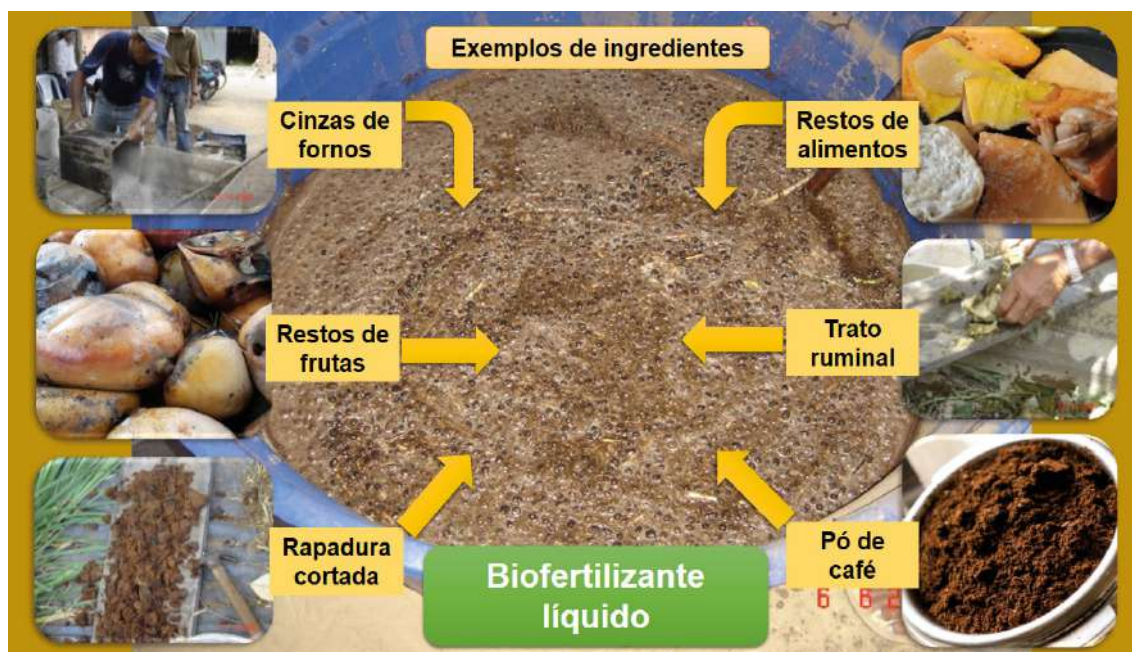


Foto: a autora.

**Figura 11.** Exemplos de ingredientes que podem ser utilizados no preparo de Biofertilizantes líquidos.

As experiências com uso de biofertilizantes no semiárido apresentaram resultados surpreendentes, permitindo a adoção de um manejo dos resíduos orgânicos para favorecer a fertilidade dos solos degradados de forma rápida (PINTO *et al.* (2008); SILVA *et al.* (2008); SILVA (2017)), principalmente nas culturas de ciclo curto, como melão e hortaliças. Nas áreas dependentes de chuva, ou seja, sem a irrigação, as caldas biofertilizantes também são usadas como defensivos naturais, para afastar alguns insetos/ pragas que surgem por conta de algum desequilíbrio no agroecossistema local.

## 2.4 Manejo de resíduos orgânicos em ambientes do semiárido

O manejo dos resíduos orgânicos em agroecossistemas tem-se tornado uma prática altamente recomendada nos ambientes de risco climático como no semiárido. Mesmo as espécies vegetais mais rústicas e adaptadas, como a mandioca, são beneficiadas com a adição de resíduos, seja na forma de composto, biofertilizante ou mesmo na forma natural, como esterco (SILVA, 2017), conforme ilustrado na Figura 12.



Foto: acervo da autora.

**Figura 12.** Manejo dos resíduos orgânicos em agroecossistemas na forma de forragem, compostagem ou cobertura vegetal.

O mapeamento dos resíduos presentes numa propriedade e posterior direcionamento dos mesmos para as mais variadas finalidades promovem vários benefícios ao Agroecossistema, dentre eles:

- ✓ melhoria das condições da física e da fertilidade do solo com uso dos resíduos incorporados;
- ✓ redução de riscos de poluição das fontes hídricas com acúmulo de resíduos de forma inadequada;
- ✓ economia na compra de fertilizantes pelo reaproveitamento de resíduos que seriam perdidos ou não aproveitados;
- ✓ aumento da produtividade dos cultivos pelo uso de um resíduo que favoreça a nutrição das plantas;

Estes são alguns benefícios alcançados com uso de resíduos orgânicos existentes nas propriedades do semiárido. Apesar de todas essas vantagens, o uso dos resíduos para agricultura nas regiões de semiaridez ainda não é comum ou amplamente praticado. Isso se deve ao aproveitamento de parte dos resíduos gerados na alimentação dos animais, vocação prioritária dessas áreas. Mesmo assim, ainda existe o incentivo para que parte do que o animal produz de resíduos (como esterco) possa ficar na propriedade, garantindo melhoria nas condições do solo. Mesmo sabendo dos benefícios que o uso dos resíduos pode trazer para o solo e as plantas, alguns criadores de caprinos e ovinos das áreas secas ainda preferem comercializar o esterco produzido para as áreas irrigadas, demandantes desse insumo, por conta da entrada de recursos financeiros imediatos. Essa vantagem imediata e aparentemente rentável tem custo caro para a saúde do agroecossistema, tendo em vista o empobrecimento do solo onde a venda do esterco dos animais ocorre de forma sistemática há muitos anos.

## 2.5 Práticas de processamento e armazenamento

Nos espaços onde o clima semiárido impera é notório que a política de estoques precisa ser uma prática presente e constante. Assim como em outras regiões vulneráveis do país, a ideia de manter gêneros alimentícios e água em quantidade suficiente para sustentar a família por um tempo, mesmo que não tenha condições de compra, é saudável e permite maior tranquilidade. No caso do semiárido brasileiro, essa realidade torna-se quase obrigatória, principalmente quando se pensa em água.

Diversos programas governamentais têm incentivado e oportunizado a construção de reservatórios para acúmulo de água nas propriedades. As cisternas, como são chamadas no semiárido, têm salvado a vida de pessoas e dos animais nesses espaços onde a ausência de chuvas por mais de 6 meses é uma realidade certa.

Aliado à prática do estoque de água nos reservatórios, também é altamente favorável o armazenamento de água nas plantas forrageiras e no solo. Isso é possível com uso de plantas que acondicionam água em seus tecidos, nas folhas ou nas raízes, como a palma forrageira (*Opuntia fícus*) ou mandioca (*Manihot esculenta* Cranz). A consciência da presença de água e nutrientes nos tecidos dessas plantas pode trazer ao produtor uma melhor forma de manejo da dinâmica energética, hídrica e nutricional do seu sistema de cultivo, numa forma agroecológica de pensar o espaço de produção, ao adotar elementos adaptados ao clima e utilizá-los em todo seu potencial. Para isso é preciso lançar mão de artifícios simples para armazenamento da forragem que será utilizada no período de estiagem, quando não existe alimento disponível nos pastos nativos ou plantados.

No caso da palma forrageira, a planta por si só já armazena água em suas folhas e resiste ao período de escassez hídrica, sendo fornecida aos poucos para os animais. Uma ajuda importante que pode ser dada à produção da palma é o uso de resíduos, seja esterco ou composto, como forma de fortalecer a planta para enfrentar a estiagem. É importante observar que nesse caso estão sendo associadas duas práticas agroecológicas que se complementam e permitem um melhor resultado. Isso obviamente só é possível quando se compreende o sistema produtivo e se percebe que o solo realmente mostra-se pobre e a adição de uma fonte de matéria orgânica se faz necessária.

No caso da mandioca é possível adotar outras práticas simples para um melhor aproveitamento da planta, como a poda da parte aérea nos anos bons de chuva e o armazenamento das raízes na forma de feno (raspa). Nos anos em que a precipitação se mantém acima dos 400mm é possível inclusive fazer mais de um corte na parte aérea da mandioca (SILVA *et al.*, 2005) ou de outras plantas do mesmo gênero (SILVA; SANTANA, 2005), permitindo um melhor aproveitamento da planta. O material podado, fonte de proteína nas rações para os animais, pode ser armazenado sob a forma de silagem ou de feno, dependendo da estrutura e acompanhamento técnico que o produtor possui. No caso da silagem, a vantagem é que além da forragem também se mantém a água, altamente necessária para a produção de animais.

Autores como Anjos, Silva e Araújo (2004) recomendam adaptar máquinas forrageiras com lâminas mais amplas para que o corte das raízes da mandioca ocorra normalmente. As lâminas das raízes devidamente fatiadas são desidratadas em terreiros ou mesmo em lonas para que possam ser armazenadas com teores de água abaixo de 8%. Isso permite uma maior durabilidade do estoque das raspas, que são um alimento energético e muito palatável para os animais.

## 3 Agroecologia, Agricultura Familiar no Semiárido e o Covid-19

Após um longo período de estiagem, verdadeiro evento extremo, que durou entre os anos 2010 e 2017 para várias regiões do semiárido brasileiro, instalou-se nos últimos anos



uma condição climática bastante diversa e favorável no Nordeste. Desde 2018 as chuvas tem sido mais generosas, permitindo garantia de safras promissoras para o sertanejo.

Apesar dessa condição singular e favorável, o semiárido brasileiro, assim como todo o planeta Terra, enfrentou, no ano 2020, um inimigo invisível que se alastrou pelo território brasileiro como se fosse um exército estrangeiro destruidor: o Covid 19. Contra este exército uniram-se desde o mais simples cidadão até autoridades políticas e econômicas do país, numa cruzada nunca vista na história da humanidade. Uma pandemia sem precedentes, rapidamente globalizada, instalou-se no território nacional e praticamente no mundo inteiro.

As chuvas fartas no ano 2020 nos sertões nordestinos contribuíram para que a agricultura familiar dessa macrorregião obtivesse resultados surpreendentes no tocante à quantidade e qualidade dos alimentos produzidos. Essas chuvas, que surpreenderam o sertanejo após quase sete anos de seca generalizada, podem ser explicadas a partir da conjugação de diversos fatores, dentre eles:

- ✓ O Sol que regula as condições climáticas planetárias e regionais encontrava-se num período de atividade mínima há 2 anos aproximadamente;
- ✓ Vórtices ciclônicos de altos níveis produziram uma grande quantidade de nuvens que geraram pesados aguaceiros convectivos;
- ✓ Núcleos em meso escala de nuvens deram origem a chuvas de grande intensidade localizadamente;
- ✓ A Zona de Convergência intertropical que responde por chuvas de verão/outono migrou para o Sul da linha do Equador mais eficazmente neste ano de 2020, propiciando chuvas convectivas no CE, PI e RN, especialmente.

Assim, após um longo período de escassez hídrica que assolou o semiárido brasileiro, desde dezembro de 2019 chuvas abundantes vêm caindo nos sertões de diversos estados nordestinos. Na mesma área pobre do país, onde predomina a agricultura de base familiar, precipitações pluviais abundantes ocorrem desde o mês de dezembro de 2019 e vem colaborando para que a produção de alimentos alcance patamares invejáveis para o Nordeste. Essa agricultura de base familiar vem demonstrando possibilidades de fazer uma agricultura de base ecológica, saudável, com uso de práticas sustentáveis para os mais diversos agroecossistemas.

A feliz coincidência que pode favorecer os agricultores de base familiar e agroecológica também tem grandes chances de prover a população do conhecimento sobre alimentos mais saudáveis e oportunizar sabores nunca antes vistos, num mundo sem pandemia. Na contramão dessa preocupante pandemia que foi instalada, as notícias do campo animaram e emocionaram, lembrando a todos do privilégio de viver num país agrícola e ainda mais num ano “bom de chuva” como este 2020, para o semiárido.

Mesmo em meio a uma pandemia, aqui no Brasil, vale ressaltar a importância dos cultivos agrícolas agroecológicos de base familiar para a saúde da população, tendo em vista que mais de 70% do que está na mesa do brasileiro é proveniente da agricultura de base familiar. E, num momento como esse, que é necessário alimentar-se bem para manter as defesas do organismo humano, tem-se a possibilidade de acessar esses alimentos agroecológicos, sem agrotóxicos e defensivos, e alguns até sazonais, frutas, legumes, hortaliças, cheiro verde e uma série de outros condimentos que melhoram a alimentação e permitem a população ter um pouco mais de saúde e imunidade.

Diante desse quadro, é chegada a hora de dar mais visibilidade aos alimentos que vêm da agricultura de base familiar e são cultivados com práticas agroecológicas. Ao perceber que as práticas agroecológicas não somente produzem um alimento melhor, mas protegem os recursos naturais e reduzem impactos negativos no meio ambiente, a população terá uma oportunidade ímpar, e até didática, de compreender

a importância dos alimentos saudáveis, contribuindo para maior visibilidade dos produtos agrícolas de base ecológica e os benefícios que eles podem proporcionar.

Nosso homem do campo, agricultor de base familiar, precisa ter sobre ele os olhares do Poder Público, para que cheguem à mesa esses alimentos frescos, frutas e verduras que reforcem a alimentação de todos, principalmente à mesa de quem precisa e de quem está debilitado. Hoje, muito mais do que ser vetor de quaisquer vírus precisamos ser vetores de soluções de saúde, precisamos de pessoas, sejam de órgãos públicos ou privados, que sejam vetores desses alimentos saudáveis que estão sendo produzidos. É preciso manter a saúde dos agroecossistemas.

As práticas agroecológicas hoje podem e devem ser compreendidas e adotadas, para maior resiliência dos sistemas produtivos, porém numa condição favorável como a do ano 2020, onde o semiárido poderia estar sofrendo o sério risco da escassez hídrica, torna-se mais ainda necessário projetar os alimentos produzidos em base orgânica ou ecológica dos agricultores familiares.

### Considerações finais

O conhecimento dos ambientes em condições de risco climático das regiões do semiárido brasileiro é ponto de partida para conviver de forma harmônica e resiliente nesses espaços. A identificação dos tipos de solo que existem na área é um aspecto altamente necessário para qualquer tomada de decisão. A escolha da prática agroecológica a ser adotada no agroecossistema depende diretamente do conhecimento local e reconhecimento das fragilidades e oportunidades que o ambiente oferece. Assim, a recomendação de uso da compostagem ou mesmo de um manejo mais específico dos resíduos vai depender da disponibilidade de materiais e mão de obra, bem como de para qual cultura o uso dessa prática trará benefícios. Percebendo que a escolha da prática não segue uma lógica fixa, pode-se lançar mão tranquilamente da prática mais adequada ou mesmo associá-la com outra que favoreça o ambiente e permita um melhor resultado com menor esforço.

No caso dos ambientes em situação de risco de déficit hídrico, as práticas agroecológicas mais indicadas são as que podem manter na propriedade resíduos que forneçam água e nutrientes. Nesse caso, a política de estoques, principalmente de água, se faz altamente necessária, seja esse estoque nas plantas (suculentas) ou em forragem armazenadas (silagem). O entendimento desses princípios pode permitir a adoção de medidas e práticas sustentáveis que favoreçam a resiliência dos agroecossistemas submetidos a estresses hídricos constantes, além de uma transição agroecológica natural, onde a família que ali vive é o centro das decisões e tem suas vocações e aspirações respeitadas com consciência.

### Notas

2 A manta caprina é o resultado do fatiamento de parte da carne de caprinos e ovinos, salgada e usada em churrascos na região semiárida.

3 Um agradecimento especial ao meu esposo, Professor Doutor Lucivânio Jatobá (Profciamb/UFPE), que colaborou generosamente nas discussões sobre as causas da semiaridez, contribuindo para a construção dessa parte do capítulo e ao meu filho, Tales Silva Santana, pela revisão do português.

### Referências

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; SILVA, A. F.; FARIA, C. M. B. de; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; SANTANA, L. M. de. Resíduos da vinificação no preparo de compostos orgânicos. *In*:

REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICIRRIZAS, 11; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., Bonito, 2006. **Anais [...]**. Bonito, 2006. Tema: A busca das raízes: anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/34341/1/OPB1029.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3.ed.rev. ampl. São Paulo: Expressão Popular; Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012. 400 p.

ALVES, A. A. C.; RODRIGUEZ, M. A. D.; FARIAS, A. R. N.; SILVA, A. F.; BELLOTTI, A.; FREGENE, M. Pré-melhoramento de mandioca: utilização de espécies silvestres de *Manihot* como fonte de resistência a estresses bióticos e abióticos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. p. 78. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133394/1/ID-39824.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

ALVES, A. A. C.; SILVA, A. F.; QUEIROZ, D. C.; DITA, M. A. Avaliação de variedades de mandioca para tolerância à seca, em condições semiáridas do Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 12., 2007, Paranavaí. **Anais [...]**. Paranavaí: SBM, 2007. Tema: Mandioca: bioenergia, alimento e renda. v. 3. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/37254/1/OPB1706.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.

ANJOS, J. B. dos; SILVA, A. F.; ARAUJO, G. G. L. de. **Adaptação de máquinas forrageiras para produção de raspas de mandioca**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. 3 p. il. (Embrapa Semiárido. Comunicado Técnico, 118). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/30174/1/COT118.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

BARROS, G.; GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F.; DE LACERDA, R. D. Water consumption and water use efficiency of two castor bean cultivars submitted to water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 350–355, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000400003>

BESERRA, E. A.; SILVA, A. F.; ARAÚJO, N. de A. **Discurso dos atores envolvidos socioeconomicamente no Projeto Público de Irrigação de Bebedouro em Pernambuco**: uma história com mais de 50 anos. PETROLINA, 2020. v. 1. 164 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do Semiárido nordestino e do polígono das secas**. Brasília, DF, 2005. 1 CD-ROM.

BRASIL. Resolução Nº 115, de 23 de novembro de 2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017. **Diário Oficial da União**: seção 1, Nº232, Brasília, DF, p. 32-34, 5 dezembro de 2017.

CUNHA, E. da. **Os sertões**: campanha de canudos. Montecristo Editora, 2012. 470 p.

FERREIRA, M. A. J. F.; SILVA, A. F.; BIANCHINI, P. C. Ferramentas participativas para seleção de variedades com agricultores familiares. **EXTRAMUROS**: Revista de Extensão da UNIVASF, v. 5, n. 2, p. 125-137, 2017. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173687/1/Paola-2017.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.

GIONGO, V.; COLEMAN, K.; SANTANA, M. da S.; SALVIANO, A. M.; OLSZVESKI, N.; SILVA, D. J.; CUNHA, T. J. F.; PARENTE, A.; WHITMORE, A. P.; RICHTER, G. M. Optimizing multifunctional agroecosystems in irrigated dryland agriculture to restore soil carbon: experiments and modelling. **Science of the Total Environment**, v. 725, jul. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720315850>. Acesso em: 10 out. 2019.

GOMES, T. C. de A.; SILVA, A. F. Manejo orgânico do solo. *In*: ROCHA, E. M. de M.; DRUMOND, M. A. (Ed.). **Fruticultura irrigada**: o produtor pergunta, a Embrapa

- responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 55-62. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208855/1/Manejo-Organico-do-Solo.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- IBGE. **Evolução da divisão territorial do Brasil 1872-2010, Evolução da população rural, 1872-2010, 16**. Divisão territorial do Brasil 2010. Escala 1:15.000.000. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa207216>. Acesso em: 10 out. 2019.
- IBGE. **Semiárido Brasileiro**. 1:27.000, Mapas, 2018, Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. **Estrutura e dinâmica atual de paisagens**. Ananindeua, PA: Itacaiúnas, 2017. 107 p. Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/estrutura-e-dinamica-atual-de-paisagens/>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. **O nordeste brasileiro: a convivência com a seca**. Recife, PE: Bagaço, 2015. 60 p. (Nosso mundo nosso tempo, 4).
- JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. **Tópicos especiais de climatologia**. Ananindeua-PA: Itacaiunas, 2020. 131 p. DOI: 10.36599/itac-ed1.028
- JATOBÁ, L.; SILVA, A. F.; GALVÍNCIO, J. D. A dinâmica climática do Semiárido em Petrolina - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 1, p. 136-149, 2017. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175468/1/aLINEAUREA-2017.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. (Biodiversidade, 26).
- MELO, R. F. de; ANJOS, J. B. dos; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. A.; CRUZ, L. C. Influência de doses de esterco de caprino no desenvolvimento de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em barragem subterrânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. Tema: O solo e suas múltiplas funções. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135227/1/Roseli-2015.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.
- NOGUEIRA DE SOUZA, M. J.; DE OLIVEIRA, V. P. V. Análise ambiental: uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa, **Rede: Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 42-59, nov. 2011.
- OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de; CASTRO NETO, M. T. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005 6 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica, 76). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128239/1/Compostagem-caseira-de-lixo-organico-domestico.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- OLIVEIRA, C. M. S.; VIANNA, P. J. R. **Desenvolvimento regional: 50 anos do BNB**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2005. 340 p.
- PINTO, J. M.; GAVA, C. A. T.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. F.; RESENDE, G. M. de. Cultivo orgânico de meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. **Revista Ceres**, v. 55, p. 280-286, 2008. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/16171> ou <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3335/1227>. Acesso em: 10 out. 2019.
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.
- SA, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 4, p. 126-158. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/>

- item/142590/1/ID-43498.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.
- SANTOS, R. C. dos; GONDIM, T. M. de S.; SILVA, A. F.; ARRIEL, N. H. C.; MELO FILHO, P. A. **Manejo do amendoim rasteiro no Nordeste Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 7 p. (Embrapa Semiárido. Circular técnica, 98). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78036/1/Alineaurea-CTE98.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- SILVA, A. F. Bases agroecológicas e resiliência de sistemas de produção em espaços geográficos Semiáridos. *In*: NÓBREGA, R. S.; SILVA, A. S. da; SILVA, A. K. de C.; COSTA, A. M. M. da; DANTAS, A. M. da S.; LIRA, D. V. de; MELO, E. E. de; BORGES, G. F. D. de S.; SILVA, G. A. da; SOUZA, L. M. da S.; SENA, L. M. F. de; OLIVEIRA, T. N. de; ROSÁRIO, T. N. da S.; HOLANDA, T. F. de (Org.). **Reflexões sobre o semiárido**: obra do encontro do pensamento geográfico. Nanindeua: Itacaiúnas, 2017. cap. 4, p. 52-66. Disponível em: [https://editoraitacaiunas.com.br/wp-content/uploads/2017/ebook/reflexoes\\_sobre\\_o\\_semiarido.pdf](https://editoraitacaiunas.com.br/wp-content/uploads/2017/ebook/reflexoes_sobre_o_semiarido.pdf). Acesso em: 26 mar. 2019.
- SILVA, A. F. Condições naturais e uso do solo. *In*: JATOBÁ, L.; LINS, R. C.; SILVA, A. F. **Tópicos especiais de geografia física**. 2. ed. Recife: Progresso, 2014. v. 1, p. 109-142. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195929/1/Alineaurea.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.
- SILVA, A. F. O clima e as plantas. *In*: JATOBÁ, L. e SILVA, A. F. **Tópicos especiais de climatologia**. Ananindeu: Itacaiunas, 2020. p. 96-129. DOI 10.36599/itac-ed1.028. Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/topicos-especiais-de-climatologia/>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- SILVA, A. F. **Usodesíduoorgânico na produção de mandioca em transição agroecológica, no Projeto Pontal, Petrolina-PE**. 2017. 194 f. il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9159>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- SILVA, A. F.; FARIA, C. M. B.; DUENHAS, L. H.; Santos, J. G. Avaliação de compostos orgânicos preparados com bagaço de cana, esterco caprino e resíduos de vinícola. *In*: FERTBIO, 2006, Bonito-MS. **Anais [...]**. Bonito-MS, 2006. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/34340/1/OPB1007.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.
- SILVA, A. F.; FERNANDES, S. C.; FRANÇA, C. R. R.; SANTANA, L. M. Crescimento inicial de milho em solo adubado com diferentes compostos orgânicos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 3.; SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABA, 2005. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/32290/1/OPB19.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- SILVA, A. F.; FRANÇA, C. R. R. S.; MAGALHÃES, C. A. S.; SANTOS, A. P. G.; A. FILHO, J. M. de. Caracterização do Banco Ativo de Germoplasma de mandioca do semiárido nordestino. *In*: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17., 2006, Recife. **Anais [...]**. Recife: SBG, 2006. 1 CD-ROM. Tema: Conhecimentos para o novo milênio: resumos. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/33391/1/OPB910.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- SILVA, A. F.; MOUCO, M. A. DOC.; SANTANA, L. M. de; FRANÇA, C. R. R. S. **Cultivo de mangueira Tommy Atkins com diferentes compostos orgânicos**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, 2010 (Boletim de Pesquisa da Embrapa Semiárido). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29170/1/Alineaurea.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.
- SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. de; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; PINTO, J. M.; GAVA, C. A. T. **Crescimento de meloeiro adubado com compostos orgânicos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 18 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 99). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76752/1/Boletim-de-pesquisa-2012.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. de; SILVA, M. M. da. Comportamento de variedades de mandioca

no semiárido sob diferentes sistemas de poda. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande, MS. **Anais [...]**. Campo Grande: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/32339/1/OPB18.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. de. Crescimento de mandioca, maniçoba e pornunça conduzidas sob poda em épocas distintas na região semiárida. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande, MS. **Anais [...]**. Campo Grande: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/32340/1/OPB878.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

SILVA, A. F.; SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. de; LIMA NETO, F. P.; MOREIRA, J. N.; FERREIRA, M. A. J. F.; LEAO, P. C. de S.; DIAS, R. de C. S.; ALBUQUERQUE, S. G. de. Recursos genéticos vegetais conservados na Embrapa Semiárido. *In*: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 8, p. 274-315. il. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158459/1/CAPITULO-8-ALINE-final.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

SILVA, A. F.; SILVA, M. C. B. C. da. Agricultura no nordeste semiárido e os resíduos orgânicos aproveitáveis. **Revista Equador**, v. 5, p. 102-119, 2016. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/view/4420/2836>. Acesso em: 26 mar. 2019.

SILVA, A. F.; SILVA, P. T. de S. e; SANTANA, C. M.; SOUSA, J. N.; BIANCHINI, P. C.; MELO, R. F. de. Qualidade de águas cinzas após uso de filtros de carvão e esterco em sistemas agroflorestais do semiárido do Araripe e Pajeú. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL INTERDISCIPLINAR EM EXTENSÃO RURAL E DESENVOLVIMENTO, 2.; REUNIÃO DA REDE-FRANCO BRASILEIRA PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE, 3.; ENCONTRO NACIONAL DA AGRICULTURA FAMILIAR, 4.; SEMINÁRIO INTERTERRITORIAL DE CAPRINOVINOCULTURA, DA BAHIA, 1.; FEIRA DE EMPREENDEDORISMO DE MULHERES, 3.; JORNADA DE AGROECOLOGIA DO SERTÃO DO SÃO FRANCISCO, 1., 2019, Juazeiro. **Anais [...]**. Petrolina: Univasf, 2019. Tema: Territorialidades, mudanças climáticas, agroecossistemas e premissas para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213007/1/Qualidade-de-aguas-cinzas-2019.pdf>. Disponível em: 10 out. 2019.

SILVA, M. S. L. da; SILVA, A. F.; GOMES, T. C. de A.; GAVA, C. A. T.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F. **Alternativas de insumos para manejo em sistemas agrícolas de base ecológica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 13 p. il. color. (Embrapa Solos. Circular técnica, 40). Disponível em: [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2009-09/14003/1/circtec40\\_2008alternativa\\_insumos.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2009-09/14003/1/circtec40_2008alternativa_insumos.pdf). Acesso em: 15 fev. 2020.

SILVA, P. C. G. da; AZEVEDO, S. G. de; MOREIRA, J. N.; TONNEAU, J. P.; CORREIA, R. C.; SILVA, A. F. A abordagem territorial nas atividades de pesquisa, desenvolvimento & inovação da Embrapa semiárido. *In*: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 11, p. 373-402. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158472/1/CAPITULO-11-PEDRO-GAMA-final.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.

SILVA, P. C. G. da; MOURA, M. S. B. de; KILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. *In*: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 1, p. 18-48. il. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158420/1/CAPITULO-01-PEDRO-GAMA-final.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, J. G. B. de; LINS, R. C.; JATOBÁ, L. Condições Geoambientais do Semiárido brasileiro. **Ciência e Trópico**, Recife: FUNDAJ, v. 20, n. 1, p. 173-198, jan./jun. 1992.

# BASE DE DADOS GEOESPACIAIS NO APOIO À GESTÃO PARTICIPATIVA DE RISCOS DE DESASTRES: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO D'ANTAS - NOVA FRIBURGO - RJ

Flavio Souza Brasil Nunes<sup>1</sup>

Leonardo Esteves de Freitas<sup>2</sup>

## 1 Introdução

Desde a década de 1990, a comunidade internacional e diversos países concentram esforços no sentido de reduzir os riscos de desastres. Essas iniciativas surgem como respostas a diversos eventos que têm causas ambientais e socioeconômicas e que geram grandes prejuízos às sociedades, como perdas de vidas e danos materiais e ambientais.

A redução de riscos de desastres está entre os temas eleitos pelo Secretariado da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), e cuja importância foi reafirmada pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, que adotou esse tema como relevante para a “Agenda 2030”<sup>3</sup>. Especialmente, a partir do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que aponta a necessidade de se reduzir mortes e pessoas afetadas por desastres com o foco na proteção das pessoas que se encontram em situação vulnerável e preconiza a implementação de políticas integradas para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas e à resiliência a desastres, em acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030 (‘Marco de Sendai’)<sup>4</sup>.

As políticas integradas de Gestão de Riscos de Desastres (GRD), como preconizadas pelo Marco de Sendai, requerem um processo capitaneado pelo Estado, mas que coloque as populações que vivem em áreas de risco no centro dos processos de gestão em todas as suas fases: prevenção, preparação, resposta e reconstrução (Figura 1).

Inclusive, a incorporação da população vulnerável é um dos pilares da Gestão Integral de Riscos e Desastres, marco conceitual da Estratégia para Redução de Riscos de Desastres da ONU (as informações relacionadas à Estratégia podem ser acessadas através do link [https://nacoesunidas.org/page/2/?post\\_type=post&s=Estrat%C3%A9gia+Internacional+de+Redu%C3%A7%C3%A3o+de+Desastres](https://nacoesunidas.org/page/2/?post_type=post&s=Estrat%C3%A9gia+Internacional+de+Redu%C3%A7%C3%A3o+de+Desastres)) e do Marco de Sendai (UNISDR, 2016). Essa Estratégia aponta a necessidade

---

1 Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UFRJ) e mestre em Práticas em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Atualmente, é pesquisador colaborador no Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde (Cepedes) da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), pesquisador associado no Laboratório de Geo-Hidroecologia e Gestão de Riscos (Geoheco/UFRJ) e diretor-fundador da Empresa Mosaico Ambiental. E-mail: flaviosbn@gmail.com.  
2 Graduado em Biologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com especialização em Ecologia, é mestre e doutor em Geografia pela mesma universidade, Pós-Doutor pelo Laboratório de Gestão da Biodiversidade do Departamento de Botânica da UFRJ e Pós-Doutor em gestão de riscos de desastres socioambientais pelo laboratório de GeoHidroecologia do Departamento de Geografia da UFRJ (GEOHECO/UFRJ). Atualmente, é pesquisador associado do GEOHECO/UFRJ e pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz/Fiotec. E-mail: leonardofreitas73@gmail.com.

de dar relevância à participação das comunidades na gestão de riscos de desastres. Afirma que é necessária “uma abordagem mais ampla e centrada nas pessoas para prevenir os riscos de desastres. As práticas de redução do risco de desastres precisam ser multissetoriais (...), devendo ser inclusivas e acessíveis para que possam se tornar eficientes e eficazes” (UNISDR, 2016, p. 5).

Além dos acordos internacionais, diversos estudos ao redor do globo têm apontado a relevância de incorporar a população vulnerável na gestão de risco de desastres. Comfort (2005), por exemplo, em uma revisão de experiências de gestão de riscos realizadas nos Estados Unidos da América, demonstrou como a formação de uma rede de articulação institucional e comunitária voltada à gestão de riscos de desastres pode ser uma estratégia flexível e robusta. Rappaport *et al.* (2018), em outro exemplo, demonstraram como a coesão comunitária e seu envolvimento em processos de gestão de riscos em Israel aumentam a resiliência<sup>5</sup> das comunidades em nível local, especialmente em comunidades rurais, sendo de grande relevância para reduzir o risco a que essas comunidades estão submetidas.



**Figura 1.** Ciclo de gestão de risco, com as pessoas que vivem em áreas sujeitas à desastres no centro e o poder público responsável pelo contorno geral do processo. Cenário ideal. Porém, pouco realista, uma vez que o mais comum é que as pessoas fiquem à margem deste processo.

No Brasil, estudos também têm demonstrado a importância de envolver as comunidades nos processos de gestão de risco de desastre. Freitas *et al.* (2016) demonstram, para a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, as vantagens de estabelecer políticas de redução de Risco em diálogo com a população vulnerável. Estudos sobre o desastre ocorrido em Blumenau, no estado de Santa Catarina, em 2008, indicam a relevância de considerar os aspectos sociais, culturais, políticos, ambientais e territoriais locais para a gestão de risco de desastres, garantindo uma participação efetiva do conhecimento local nos processos de gestão (AVILA; MATTEDI, 2017). Saito



(2018) em sua análise de sistemas de alerta e alarme brasileiros, demonstra que a gestão integrada de riscos de desastres que inclui as diversas políticas públicas e a participação da sociedade, especialmente das populações situadas em áreas de risco, é essencial para a redução de riscos de desastres.

Além da literatura científica, a legislação e as políticas públicas do Brasil preconizam a participação das comunidades sob risco na gestão de riscos de desastres. A Lei 12.608/2012 (BRASIL, 2012), que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, por exemplo, definiu um modelo de gestão integrada que inclui os entes federativos e a sociedade. Esta Lei estabelece a necessidade de articulação institucional entre as esferas de poder público e destes com a sociedade.

Porém, o envolvimento da população que vive em áreas de risco nos processos de gestão é, muitas vezes, difícil. Tanto por ser frequente a predominância de uma relação autoritária do poder público com as comunidades, o que tende a afastar essas últimas das tomadas de decisão, como relatado por diferentes autores que atuam em comunidades afetadas por desastres (SANTOS, 2012; MACEDO, 2013; FREITAS; VICENTE; COELHO NETTO, 2017); quanto por ser comum que os moradores de áreas de risco se mostrem pouco interessados nessa temática, mesmo em áreas onde há recorrência de fenômenos geradores de desastres (FREITAS; COELHO NETTO, 2019; NOGUEIRA; OLIVEIRA; CANIL, 2014; CARDONA, 2007).

## 2 Sistemas de informações geográficos no apoio à gestão participativa de riscos de desastres

Diante desse quadro, é de grande relevância construir políticas públicas, projetos e atividades de gestão de risco que promovam o diálogo entre as instâncias que atuam na gestão de riscos de desastres e as populações que vivem nas áreas de riscos.

O uso de geotecnologias possui grande potencial como apoio à processos de gestão participativa de riscos de desastres, especialmente na atualidade, tendo em vista a grande disseminação das mesmas para o conjunto da sociedade.

Nas últimas duas décadas, vem se observando o uso (direto e indireto) cada vez mais amplo das geotecnologias, tanto por instituições públicas e privadas quanto no próprio cotidiano de uma parcela cada vez maior da população. Como exemplos mais atuais e conhecidos dessas tecnologias, temos os softwares Google Earth, o ArcGis, o Spring e os aplicativos de trânsito e navegação como o Google Maps e o Waze.

A partir da aquisição das múltiplas informações sobre o ambiente estudado, o conjunto de ferramentas de geotecnologia apresentam grande potencial para o planejamento do território como apoio a tomadas de decisões. Dessa forma, permitem não apenas aquisição e processamento de dados geoespaciais, mas também a realização de análises espaciais, pois através da união de uma base de dados georreferenciada (que integra técnicas para aquisição e atualização de dados) e do processamento de suas informações, é possível a visualização e divulgação de seus resultados.

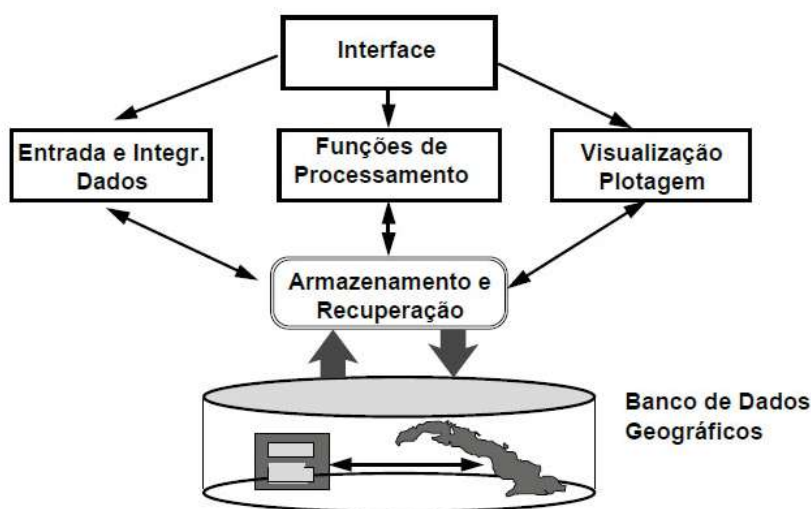
Dentre as diversas geotecnologias existentes (cartografia digital, sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global – GPS, Sistema de Navegação Global por Satélites – GNSS, etc.), os sistemas de informações geográficos (SIGs) desempenham um papel importante como integrador de tecnologia, pois permitem unir diversas dessas geotecnologias em um sistema unificado (ROSA, 2013).

Esses sistemas permitem a integração, em uma única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes e formatos diversos, tais como dados cartográficos (vetorial), dados de censo ou estatísticos (dado tabular), imagens (de orbitais ou aéreas) e modelos numéricos de terreno (dado matricial), oferecendo mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados (CÂMARA *et al.*, 1996).

Numa perspectiva mais generalista, os SIGs podem ser entendidos como bases de dados digitais de propósitos espaciais, cujo sistema de coordenadas geográficas comum constitui-se na base de seu funcionamento, tendo em vista que uma base de dados geoespaciais usa georeferências como o meio primário de armazenar e recuperar a informação (ROSA, 2013).

As características de armazenamento, processamento e recuperação e produção de dados e informações espaciais (em diferentes formatos e escalas cartográficas) de um SIG, permitem também a construção e/ou enriquecimento de bases de dados geográficos (BDG). No contexto da arquitetura de um SIG, a BDG constitui-se uma parte fundamental desses sistemas, que junto com a ferramenta de geoprocessamento, oferecem um ambiente dinâmico para a tomada de decisões (CÂMARA *et al.*, 1996) (Figura 2).

Tendo em vista a necessidade de se ofertar, no contexto da Reger-CD, dados e informações espaciais em diferentes formatos, inclusive de mapas documentais sobre a área de estudos, assim como, oferecer a manipulação desses para diferentes tipos e níveis de usuários (afinal, há nesta rede comunitários, gestores, acadêmicos, etc. que possuem capacidades distintas de manipular os dados geográficos), entende-se como uma BDG a reunião de conjuntos de dados e informações geográficas de diferentes formatos organizados em uma estrutura de diretórios de maneira hierárquica de acordo com critérios de escala e categorias temáticas, observando regras topológicas básicas e um sistema de referência cartográfica padronizado.



**Figura 2.** Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (Adaptado de CÂMARA *et al.*, 1996).

Um aspecto importante na construção das BDGs relaciona-se ao seu propósito, tendo em vista que as são numerosas as aplicações em estudos nos quais a localização geográfica do fenômeno seja fundamental para as análises.

No campo da Gestão de Riscos de desastres, a incorporação de BDGs em ambientes de geoprocessamento, onde os dados são transformados em planos de informações, dependendo do software utilizado, podem derivar mapas de vulnerabilidades, riscos e ameaças (VIANA, 2016).

A utilização de geotecnologias apoiada em uma BDG com o foco na gestão de riscos, possibilita a coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados, que devido à complexidade dos desastres socioambientais, seriam praticamente inviáveis de serem tratados utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais (MARCELINO, 2008).

Nesse sentido, as geotecnologias oferecem ganhos consideráveis nas análises dos desastres, na orientação das atividades de planejamento, na definição de medidas de mitigação, na implementação de ações de respostas e, principalmente, na tomada de decisões em caso de emergências.

Portanto, a utilização de geotecnologias apoiadas por uma BDG adequada, podem orientar a formulação de estratégias de enfrentamento, como a definição de rotas de fuga (evacuação), a identificação de pontos de apoio, de socorro às populações afetadas e no reconhecimento de áreas “seguras” para a realocação de comunidades afetadas (MARCELINO, 2008). Além disso, tem grande potencial para produzir materiais relacionados à educação e à divulgação para a gestão de riscos de desastres (NUNES, 2018).

A qualidade e a especificidade das informações e dados que serão levantados para comporem uma BDG de apoio à gestão de riscos em escala local são aspectos fundamentais a se considerar para a realização das estratégias de enfrentamento e produção dos materiais educativos e educação discutidas acima. Nesse sentido, o envolvimento das comunidades locais nesses levantamentos é essencial para a construção e disseminação de conhecimentos sobre aspectos espaciais do território de estudos.

Dunn (2007 apud BUGS, 2014) observa que a inclusão das comunidades locais na produção de informações para alimentar uma BDG e a consequente utilização na tomada de decisões em questões espaciais que envolvem essas comunidades, consiste na prática fundamental para a participação pública em SIGs.

Nesse contexto, estratégias de disseminar informações sobre o território através da construção de SIGs a partir de uma perspectiva “de baixo para cima”, que inclua efetivamente a participação das comunidades também podem contribuir para um diálogo entre os saberes técnico-científicos, institucionais e comunitários (objetivo principal da Reger-CD), facilitando o desenvolvimento de agendas voltadas aos interesses e ao território dessas comunidades (CINDERBY, 1999).

Essa técnica, pautada na cartografia social, vem crescendo sensivelmente no que tange uma perspectiva participativa na gestão de riscos de desastres, e compreende a área das geotecnologias chamada de SIGs participativo (SIGs-P) (VIANA, 2016). A despeito das contradições e oportunidades que as abordagens em SIG-P podem oferecer, essa técnica consiste, basicamente, em um procedimento multidisciplinar participativo que combina o conhecimento técnico especializado com o conhecimento das comunidades (VIANA, 2016).

De acordo com Rambaldi *et al.* (2005 apud CORBETT *et al.*, 2006, p.13), o SIG-P é

“O SIG-P facilita a representação dos conhecimentos de pessoas locais dos espaços por meio de mapas bidimensionais ou tridimensionais. A prática de SIG-P visa a proporcionar poder à comunidade através de aplicações adaptadas, baseadas na demanda de uso simples dessas tecnologias cartográficas. Quando praticado corretamente, o SIG-P é flexível e se adapta aos diversos ambientes socioculturais e biofísicos”.

Em síntese, a utilização do SIG-P na gestão de riscos de desastres, passa irremediavelmente, pela construção coletiva de uma BDG com o foco na redução de riscos de desastres através de técnicas de mapeamento participativo, assim como, da disseminação dessas informações no âmbito das comunidades de forma a subsidiar a tomada de decisões coletivamente sobre o território.

## 2.1 Mapeamento participativo para gestão de riscos socioambientais

Em aspectos gerais, o mapeamento participativo é um método para se reconhecer o conhecimento cognitivo espacial e ambiental das comunidades locais e os adequar a formas mais convencionais de conhecimento.

As raízes do mapeamento participativo residem na observação participante e em metodologias de pesquisa colaborativa, guardando laços fenomenológicos com a ação e justiça social (HERLIHY; KNAPP, 2003). Nesse sentido, Milagres (2011, p. 42) ressalta que *“a metodologia do mapeamento participativo possibilita que reivindicações de comunidades acerca do território e dos seus recursos possam ser elaboradas e interpretadas por um mesmo coletivo através das construções simbólicas geradas em função do processo de mapeamento”*.

Esse método combina os princípios da pesquisa participativa<sup>6</sup> com o processo de mapeamento, com o objetivo de produzir informações geográficas sobre pessoas e lugares para pesquisas e trabalhos aplicados – tanto através de abordagens qualitativas quanto quantitativas (HERLIHY; KNAPP, 2003).

Apesar de encerrar uma ideia de produção coletiva, esse método participativo também é alvo de análises críticas, tendo em vista que suas aplicações podem gerar processos de mudanças sociais e relações desiguais entre comunidades, e que também possui o carácter de traduzir para o Estado e para agentes externos os conhecimentos espaciais dessas populações (SLETTTO *et al.*, 2013).

Atualmente, essa metodologia apresenta significativas diferenças técnicas e filosóficas entre projetos e profissionais, mas fundamentalmente incorporam pessoas locais para mapear o lugar, tendo como princípio que conhecimentos locais são mais detalhados sobre o território e recursos circundantes. Portanto, o mapeamento participativo se concentra na dialética entre membros da comunidade, seus representantes e os pesquisadores, com o objetivo de transformar o conhecimento espacial cognitivo em informação cartográfica e descritiva, instigando pesquisadores e o público participante a refletir sobre o espaço estudado.

Existem várias técnicas e métodos para executar essa cartografia participativa<sup>7</sup>, como o mapa mental<sup>8</sup>, o mapeamento de maquetes e, recentemente, com a disseminação da tecnologia da informação e de dados geográficos, o mapeamento participativo tem utilizado também instrumentos ligados às geotecnologias, como as baseadas em cartografias digitais, que incluem o Global Positioning Systems (GPS), as fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), softwares de geolocalização e de observação digital do globo, entre outras ferramentas tecnológicas baseadas na cartografia digital.

O mapeamento participativo apoiado por essas novas tecnologias (geotecnologias) também permite a construção coletiva de uma base digital de dados cartografados que além de informações cartográficas básicas, geradas sob as regras da ciência cartográfica tradicional, incluiria informações sobre aspectos do território vivido das populações que residem nos locais representados.

No contexto da Gestão de Riscos de Desastres (GDR), valorizar e qualificar o processo participativo nas atividades de mapeamentos é uma das formas de fortalecer as capacidades locais, sobretudo diante da construção social de riscos e de impactos de desastres (MARCHEZINI *et al.*, 2017).

Uma importante aplicação do mapeamento participativo no campo da GRD, refere-se às atividades voltadas para a prevenção. De acordo com Marchezini *et al.* (2017, p. 116), em Porto Rico a utilização dessa metodologia foi identificada como *“um importante mecanismo para fomentar a resiliência frente a inundações, reduzindo a falta de confiança entre sistemas peritos e leigo”*. Onde se reconheceu que as abordagens verticalizadas e excessivamente técnicas não

têm sido eficazes na redução de risco de desastres (LÓPEZ-MARRERO; TSCHAKERT, 2011 *apud* MARCHEZINI *et al.*, 2017). Os citados autores, ainda completam que no Haiti, em El Salvador e nas Filipinas, mapeamentos comunitários têm demonstrado um grande potencial em integrar crianças e jovens participar de ações de redução de risco de desastres.

No Brasil é possível observar a utilização dessas técnicas no apoio à elaboração de Planos de Ação Comunitários de Prevenção e Enfrentamento de Desastres (PACPED). A exemplo, cabe citar a experiência ocorrida no âmbito do Programa Mãos à Obra da Superintendência de Educação Ambiental (SEAM) da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), e executado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Esse programa surgiu após o desastre ocorrido em janeiro de 2011 na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, tendo sido iniciado em agosto de 2012 como foco na gestão participativa voltada para educação ambiental, proteção civil e promoção da saúde nos municípios de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo (BODART, 2016).

O principal objetivo dos Planos foi determinar procedimentos a serem adotados pelos agentes voluntários do Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC) para responder às situações de iminência de desastres e/ou emergências relacionadas às chuvas fortes e/ou prolongadas (VIANA, 2016).

De acordo com a SEA/RJ (*apud* VIANA, 2016, p. 281), os PACPED "foram elaborados utilizando-se uma metodologia participativa na qual agentes voluntários do NUPDEC, previamente selecionados e capacitados, ajudaram no desenvolvimento de mapas com rotas de fuga apontando as particularidades de cada localidade".

### 3 O Desastre da Região Serrana Fluminense de 2011: Processo de Gestão de Riscos em Nova Friburgo pouco participativo

A implantação deste projeto foi uma das respostas a situações que ficaram evidentes durante e após o evento de 2011, entre as quais o pouco preparo do Estado e da sociedade brasileira para lidar com desastres e a dificuldade de diálogo entre as instituições responsáveis pela gestão dos riscos de desastres e as comunidades que vivem nas áreas de risco.

Entre os motivos apontados por Freitas e Coelho Netto (2016) para explicar esse despreparo e as dificuldades de diálogo estão a inexistência de uma cultura de gestão de riscos na sociedade e no Estado brasileiro e a falta de uma discussão ampla sobre riscos e desastres, inclusive em regiões onde os mesmos são frequentes, como a Região Serrana Fluminense.

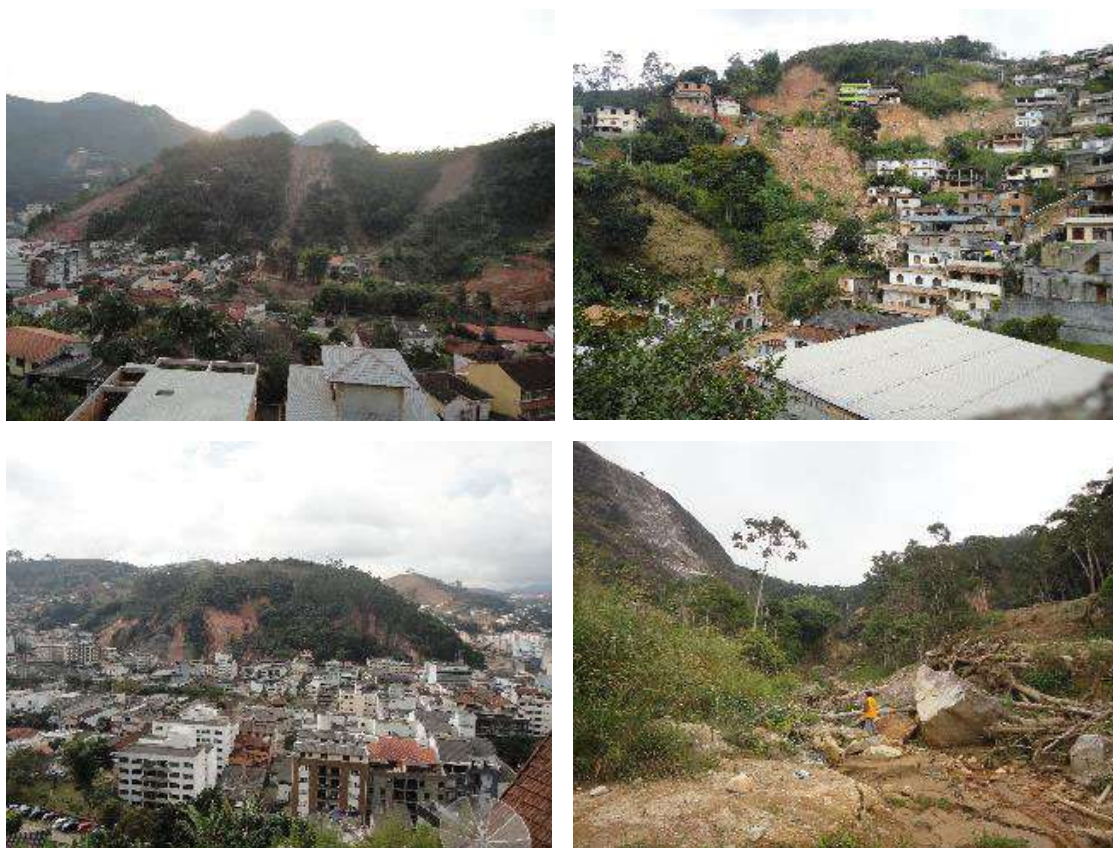
A tragédia de 2011 ressaltou esses problemas e marcou a discussão sobre gestão de riscos de desastres no Brasil, especialmente pelos impactos catastróficos gerados nos municípios fluminenses de Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Areal e Bom Jardim, com destaque para os três primeiros. A dimensão das perdas humanas foi uma das maiores da história das catástrofes no Brasil. Segundo estimativas oficiais, morreram 964 pessoas nessa tragédia e dezenas de pessoas foram classificadas como desaparecidas (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2014).

Dentre os municípios atingidos, Nova Friburgo foi o que mais sofreu, tendo quase que a totalidade de sua população afetada em alguma medida (Figura 3). Contabilizou 16.660 desalojados e desabrigados e 448 mortos (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2014).

A despeito de ter sido o evento mais grave já registrado na Região Serrana, a sua ocorrência não pode ser considerada uma novidade. Primeiro, porque eventos semelhantes já haviam ocorrido em outras áreas da própria Serra do Mar<sup>9</sup>, como a tragédia da Serra das Araras, ocorrida em 1967 no Estado do Rio de Janeiro, o desastre da Serra de Caraguatatuba, em São Paulo, também em 1967, ou o desastre de Timbé do Sul, em Santa Catarina, ocorrido em 1995. Só para ficar nos maiores já registrados.

Segundo, porque Nova Friburgo é um município onde os desastres associados à movimentos de massa e inundações são recorrentes desde sua fundação, no início do século

XIX. Antes do desastre de 2011, haviam ocorrido diversos eventos em períodos relativamente recentes (Tabela 1), incluindo o desastre de 1979, que levou à óbito 69 pessoas (VIDA, 2019).



**Figura 3.** Três áreas densamente ocupadas em Nova Friburgo que sofreram grandes deslizamentos em 2011, ocasionando muitas mortes. Na foto abaixo a esquerda, se observa a cicatriz de um grande deslizamento ocorrido à época na bacia do Córrego d'Antas.

**Tabela 1.** Histórico recente de desastres no município de Nova Friburgo.

Ano	Tipo de Evento	Nº de vítimas fatais	Total de desabrigados
1979	Inundações de grandes proporções com prejuízos materiais	69	Sem informação
1984	Inundações de média extensão com prejuízos significativos	Sem registro	Sem informação
1986	Inundações de média extensão com prejuízos significativos	Sem registro	Sem informação
1991	Inundações de média extensão com prejuízos significativos	Sem registro	Sem informação
1996	Duas inundações de grandes proporções e prejuízos vultuosos	04	26
2005	Duas inundações com prejuízos vultuosos	01	Sem informação
2007	Inundações e deslizamentos	11	1086
2011	Um dos maiores desastres da história do Brasil com registro de inundações bruscas e milhares de movimentos de massa	448	3.220

Adaptado de Vida (2019). Fonte das informações: Prefeitura Municipal de Nova Friburgo (FRIBURGO, 2017) e Coppetec (2014).

Mesmo estando em área de recorrência de movimentos de massa e enchentes, marcada por diversos episódios traumáticos que levaram muitas pessoas à morte, a população e as instituições de Nova Friburgo e dos demais municípios da região Serrana Fluminense não estavam preparadas, antes de 2011, para atuar em emergências relacionadas aos desastres socioambientais (FREITAS; COELHO NETTO, 2016).

A recorrência desses eventos é agravada pela a fragilidade de ações e políticas públicas voltadas para a gestão de riscos, que no Brasil, durante décadas, enfocou, principalmente, as etapas de resposta e recuperação, deixando de lado a prevenção e a preparação. Ainda assim, o fez de forma pouco eficaz em termos de proteção da população e otimização de recursos públicos. A carência de programas de prevenção ainda é, frequentemente, agravada por estímulos políticos à ocupação de áreas de risco e pela falta de integração das ações entre os órgãos do estado e, destes, com as ações de órgãos municipais.

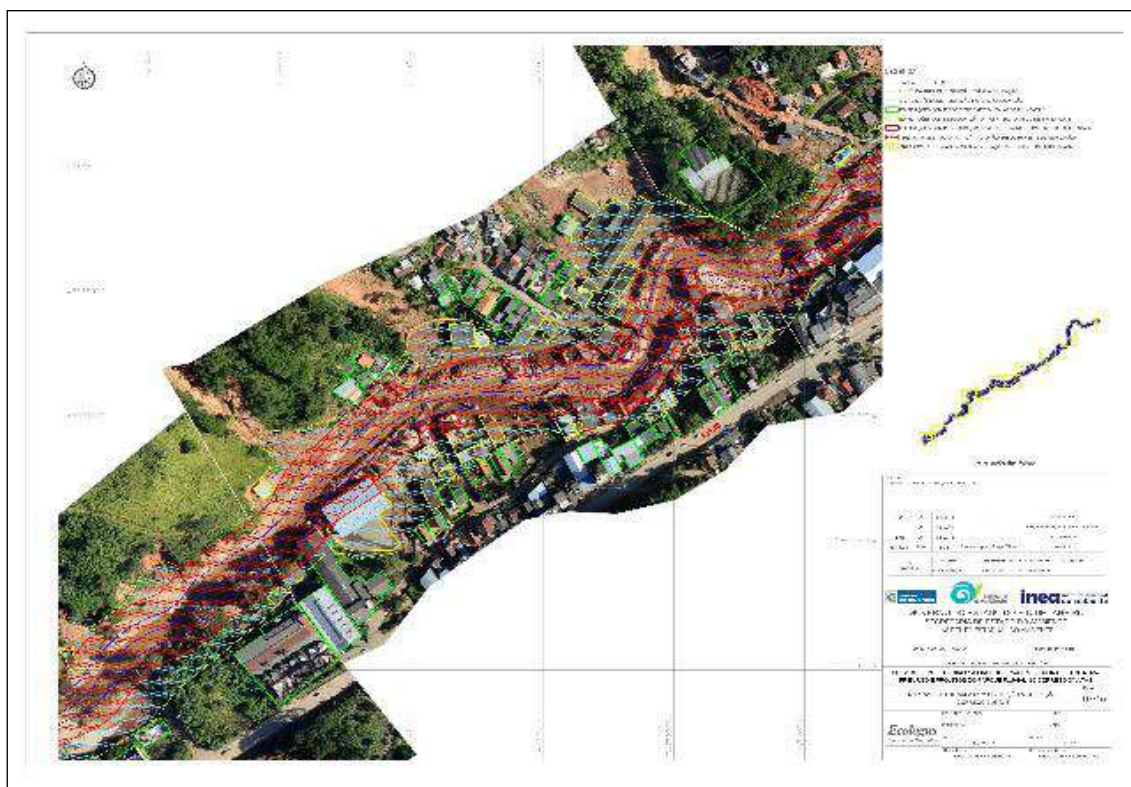
### **3.1 Remoção de População em Áreas de Risco em Nova Friburgo: Conflitos entre Poder Público e Comunidades Agravados por Políticas Autoritárias, Pouco Transparentes e com Bases Técnicas Frágeis**

Em Nova Friburgo, as políticas públicas implementadas antes do desastre de 2011 não contemplavam uma preocupação sistemática com a gestão de riscos de desastres, e, muito menos, com a construção de uma cultura de prevenção e de ação em caso de emergências. Um exemplo é o Plano Diretor municipal<sup>10</sup> em vigor à época da tragédia (e que ainda está em vigor), que não possuía um único capítulo sobre segurança ambiental ou desastres, mesmo sendo a Lei que define as áreas e mecanismos da expansão urbana e desenvolvimento municipal (FREITAS; FERNANDES; COELHO NETTO, 2020).

Após o desastre de janeiro de 2011, é possível identificar iniciativas públicas de ordenamento territorial em Nova Friburgo que passaram a considerar a questão dos desastres como algo relevante. Um exemplo é a proposta de revisão do Plano Diretor apresentada pelo Executivo Municipal à Câmara de Vereadores que coloca como central a questão dos riscos de desastres.

Outro exemplo é a política de delimitação de áreas de riscos de enchentes e deslizamentos com a finalidade de remoção da população que vivia ou trabalhava nessas áreas e a demolição das edificações aí situadas. Esta política marcou o município de Nova Friburgo (e outros municípios da Região Serrana) após a tragédia de 2011. Estabelecida pelo Instituto Estadual do Ambiente (Inea), vinculado ao Governo do Estado do Rio de Janeiro, foi implementada de forma pouco transparente e baseada em critérios técnicos obscuros, gerando conflitos, desconfiças e incertezas por parte da população (FREITAS; VICENTE; COELHO NETTO, 2017).

Um dos grandes problemas identificados nos alicerces técnicos dessa política foi o mapeamento utilizado para identificar as áreas de risco de enchentes e movimentos de massa. Estas áreas foram reveladas em forma de cartas semafóricas<sup>11</sup> (um exemplo de uma carta é apresentado na figura 4), utilizadas como guia para remoção de moradores, identificando áreas e edificações que não deveriam ser desocupadas e que deveriam ser demolidas. Para a elaboração desses mapas, foram utilizadas bases de dados geográficos inadequadas às escalas de análise<sup>12</sup>, além de séries de dados pluviométricos e fluviométricos não divulgadas. Ademais, estas cartas não foram acompanhadas de relatórios técnicos e seus critérios de definição não foram apresentados ou discutidos com os moradores e nem com a sociedade de forma geral.



**Figura 4.** Mapa elaborado pela Ecologus por contratação do Inea apresentando parte do Córrego d'Antas, Nova Friburgo. Em azul, está o leito deste córrego; em vermelho, as áreas de remoção de pessoas e demolição de construções. Em amarelo, as áreas onde as pessoas poderiam permanecer, desde que assinassem um termo de responsabilidade por sua segurança. Em verde, as áreas liberadas.

Este conjunto de procedimentos tornou questionável os mapeamentos realizados. Com o agravante que esses materiais foram utilizados como guias norteadores da dinâmica de reconstrução e expansão das cidades expostas a esses eventos, como Nova Friburgo, tendo se constituído em materiais determinantes na aplicação dessa política pública, gerando um problema grave na perspectiva de uma gestão de riscos de desastres competente, transparente e participativa.

#### 4 O Caso da Bacia do Córrego D'Antas, a Reger-CD e a construção de um SIG participativo para o apoio à gestão de riscos

Os conflitos relacionados à política de remoção e demolição foram muito acentuados na bacia hidrográfica do Córrego d'Antas (Figura 5), uma das áreas mais afetadas pelo desastre de 2011. Nessa bacia, houve a associação de elevado número de inundações e deslizamentos com alta densidade populacional na porção inferior, acarretando muitas mortes e grande destruição da infraestrutura e de edificações.

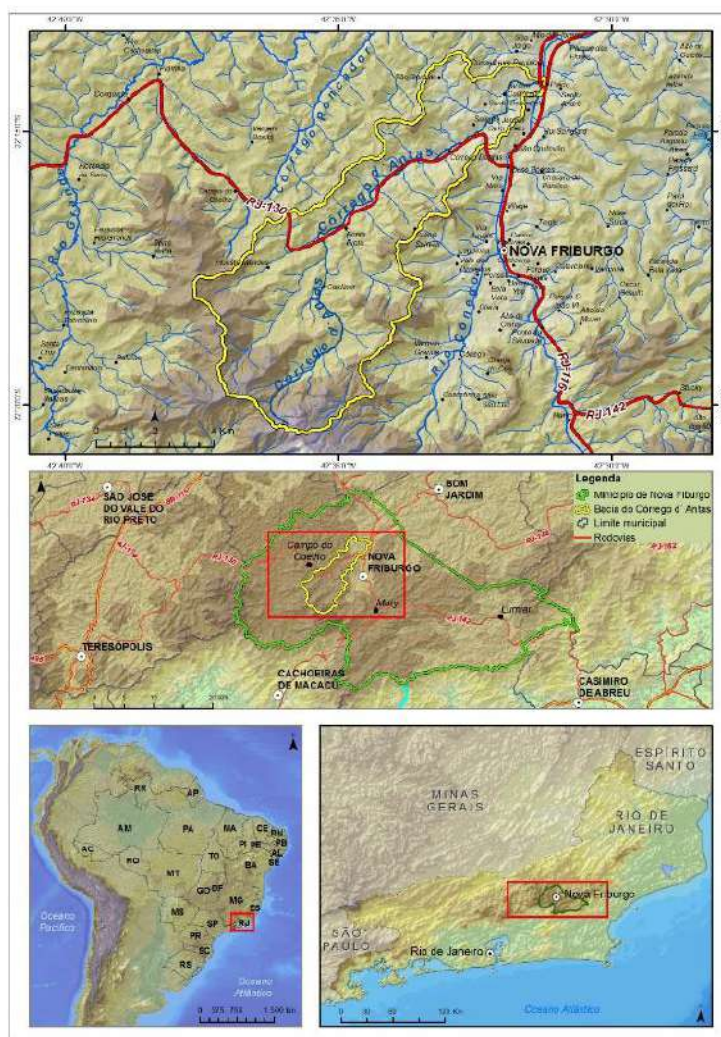
Em função deste elevado nível de impacto, a bacia do Córrego d'Antas foi uma das áreas onde o processo de remoção e demolição foi mais intenso. A partir do mapeamento semaforizado, foram condenadas 260 edificações (a maior parte casas, mas também comércios). A retirada dos moradores e proprietários dessas edificações gerou muitos conflitos e nunca foi completa, pois grande parte dos mesmos não aceitou os termos da negociação, permanecendo em suas propriedades. Como demonstrado por Freitas, Vicente e Coelho Netto (2017), 124 edificações situadas na área vermelha (supostamente de elevado risco às pessoas) ainda estavam ocupadas cinco anos após a tragédia, indicando a ineficiência e o grau de conflito associados à essa política pública.



Os relatos dos moradores que vivenciaram esse processo também demonstram o nível de conflito estabelecido entre Poder Público e comunidades a partir da implantação dessa política pública. Diversos desses moradores relataram diretamente aos autores deste capítulo que houve enorme pressão por parte de membros do Poder Público estadual para que os mesmos aceitassem valores irrisórios por suas casas, incluindo ameaças de denúncia ao Conselho Tutelar alegando que os pais e responsáveis eram negligentes por colocarem seus filhos em risco ao não aceitarem os termos da negociação e permanecerem em suas casas. Denúncias estas que poderiam, supostamente, acarretar na retirada da guarda dos filhos.

Este processo foi um importante indicativo de que é necessário trabalhar com transparência na implantação de políticas públicas, especialmente naquelas que envolvem processos de remoção de pessoas, e que é imprescindível trabalhar com bases técnicas muito consistentes para a definição dessas políticas. Sob pena das mesmas tornarem-se pouco eficientes e gerarem conflitos graves.

Indica ainda que havia uma necessidade de promover diálogo entre saberes acadêmicos (incluindo o saber os gestores do Poder Público, que tem caráter acadêmico) e saberes popular das comunidades que vivem em área de risco, com o intuito de centrar os processos de gestão de riscos de desastres capitaneados pelo Poder Público nessas comunidades, como preconizado pelos acordos internacionais, pela legislação nacional e por diversos estudos.



**Figura 5.** Localização da Bacia Hidrográfica de Córrego d'Antas, no município de Nova Friburgo. Fonte – Base de Dados Reger-CD (Organizado por Nunes, 2018)

## 4.1 Reger-CD: Diálogo entre saberes para a gestão de riscos de desastres

Buscando justamente reduzir a distância entre os conhecimentos acadêmicos e populares relacionados à gestão de riscos de desastres e reduzir conflitos na aplicação de políticas públicas, moradores da bacia hidrográfica do Córrego d'Antas, junto com instituições de ensino e/ou pesquisa, organizações não governamentais, poder público federal, estadual e municipal, além de pesquisadores e indivíduos interessados, criaram, no final de 2014, uma rede colaborativa multi-institucional.

Essa rede foi denominada de Rede para Gestão de Riscos da Bacia Hidrográfica do Córrego d'Antas (Reger-CD), e vem desenvolvendo e implementando uma nova cultura de gestão de riscos de desastres no contexto dessa bacia, com uma perspectiva de que suas ações e propostas venham a constituir um modelo inovador para a gestão participativa de riscos, o que se reflete na missão e nos objetivos definidos coletivamente no âmbito desta rede, conforme abaixo:

**Missão:** Promover a associação dos saberes de organismos públicos, privados e comunitários para a redução de riscos geo-hidrológicos.

### Objetivos:

1. Construir um modelo de gestão de riscos integrando os agentes públicos, privados e comunitários;
2. Promover o desenvolvimento de uma cultura de redução de riscos;
3. Estimular o intercâmbio dos conhecimentos entre os diferentes atores;
4. Desenvolver mecanismos de geração e difusão de informações e conhecimentos;
5. Promover mecanismos de gestão e governança territorializados

Além disso, foram definidas linhas de ação as ações de Diagnóstico e Monitoramento, Educação e Enfrentamento, conforme Tabela 2.

**Tabela 2.** Eixos e linhas de ação para a Rede definidas coletivamente.

Eixos	Linhas de Ação
1 - Diagnóstico e Monitoramento	Diagnóstico de suscetibilidade
	Diagnóstico de risco
	Diagnóstico socioambiental
	Mapeamento institucional
	Monitoramento pluviométrico
	Monitoramento geológico/geotécnico
	Monitoramento de erosão
	Monitoramento da qualidade de água
	Levantamento da percepção de risco
	Levantamento, monitoramento e análise da cobertura vegetal e uso do solo
	Produção de informação
	Sistema de geoinformação
	Estudos dos mecanismos detonadores dos movimentos de massa
Inventário de cicatrizes (histórico)	

continua

continuação

2 - Educação	Problematização na educação nos diversos níveis
	Estudos das experiências anteriores em educação
	Desenvolvimento da metodologia educacional
	Conceituação e orientação pedagógica
	Levantamento das instituições envolvidas nas atividades educativas
	Interação com as instituições de educação
	Desenvolvimento do material didático
	Capacitação e treinamento (simulação)
3 - Enfrentamento	Integração com os instrumentos
	Aprimoramento do sistema de alarme e alerta
	Incentivar medidas a serem realizadas pelos próprios moradores para redução de riscos
	Fortalecimento das instituições municipais
	Fortalecimento dos NUPDECs
	SIG online

Fonte: Retirado na íntegra de Freitas et al (2016)

## 4.2 Produção do SIG participativo da Reger-CD para apoiar a gestão de riscos de desastres

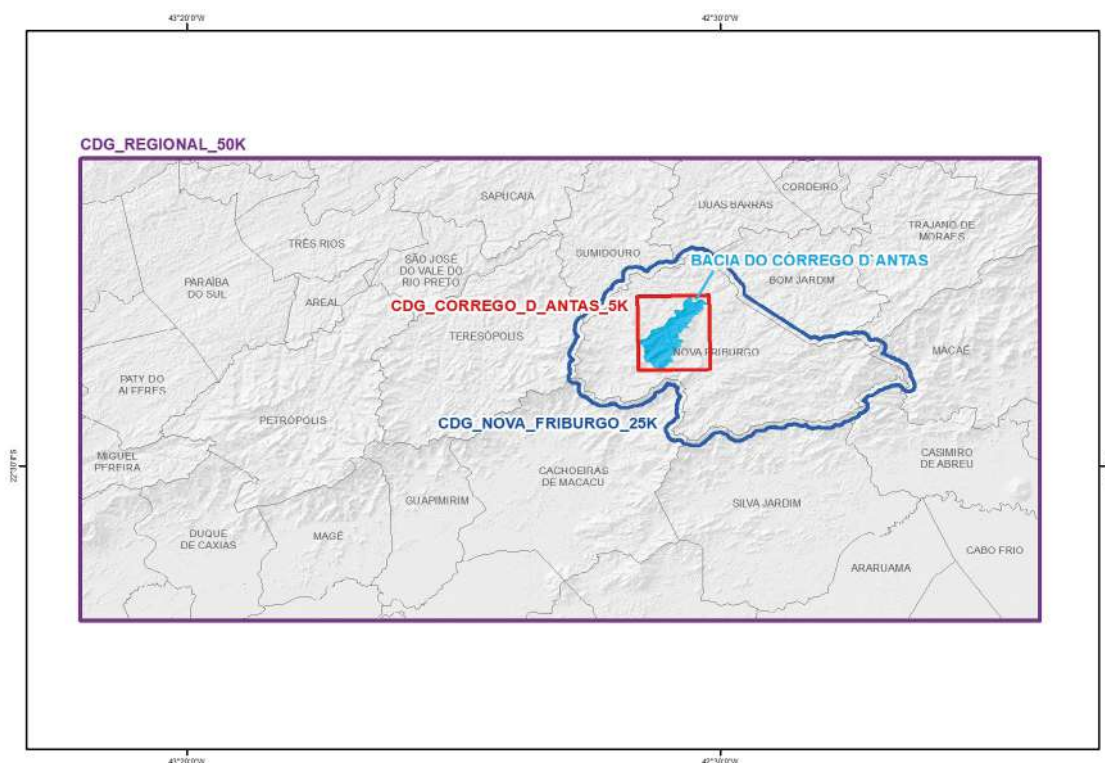
Considerando a missão da Reger-CD; os objetivos 2 e 4; as linhas de ação relacionadas à produção de informações, construção de SIGs e produção de materiais didáticos; e o entendimento que as políticas públicas e as ações comunitárias e institucionais careciam de informações básicas importantes; a Reger-CD definiu como uma de suas estratégias de ação a produção de informações voltadas para orientar os processos de ordenamento territorial, educacionais, de divulgação, etc. e a disponibilização dessas e outras informações pertinentes com o apoio de sistemas de geoinformação. Definiu, ainda, como estratégia de ação, a construção de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) em plataforma *online*, a partir de uma perspectiva “de baixo para cima” que incluía uma efetiva participação das comunidades.

A perspectiva da construção desse sistema foi que o mesmo contribuísse para o diálogo entre os diversos saberes que participam dessa Rede e permitisse o desenvolvimento de agendas voltadas aos interesses e ao território dessas comunidades e as próprias ações da Reger-CD. Este SIG tem sido de grande importância para apoiar atividades diversas, como por exemplo:

- Elaboração de um plano de contingência comunitário e técnico-científico
- Elaboração de um atlas de gestão de riscos de Nova Friburgo e da Bacia do Córrego d'Antas
- Elaboração de mapas temáticos sobre o território da bacia do Córrego d'Antas e outros recortes espaciais.
- Apoio para a realização de estudos e pesquisas básicas e aplicadas

### 4.2.1 Base de Dados Geoespaciais da Reger-CD

O SIG da Reger-CD está baseado na construção de uma Base de Dados Geográficos (BDG) robusta e flexível. A extensão geográfica dos dados e informações geoespaciais que compõem a BDG é composta por 3 recortes espaciais integrados (Figura 6): o Conjunto de Dados Geográficos (CDG) da escala de 1:50.000 agrega geodados relativos ao recorte espacial dos municípios de Teresópolis, Petrópolis e Nova Friburgo; já o CDG da escala 1:25.000 é composto por geodados do município de Nova Friburgo e entorno da bacia do Córrego d'Antas; e finalmente, o CDG da escala de 1:5.000 reúne dados e informações geográficas do interior da bacia hidrográfica do Córrego d'Antas.



**Figura 6.** Apresentação esquemática das áreas cobertas pela Base de Dados Geoespaciais Reger-CD – SIG áreas dos CDGs em escalas cartográficas articuladas.

Esta BDG é formada por duas categorias de informações: dados geográficos e dados documentais. A categoria de dados geográficos foi organizada em uma estrutura de diretórios de maneira hierárquica, subdividida segundo critérios de escala e projetos específicos em 6 Conjuntos de Dados Geoespaciais (CDGs). Cada CDG contém um número variado de subdiretórios distribuídos por Conjuntos Temáticos (CTs) que, por sua vez, agregam os arquivos geoespaciais diversos (vetoriais, matriciais e imagens) (Figura 7).



**Figura 7.** Apresentação esquemática da estrutura da Base de Dados Geoespaciais da Reger-CD segundo seus 6 Conjuntos de Dados Geográficos e um diretório de mapas e figuras.

A categoria de dados documentais da BDG é representada apenas por 1 diretório (06\_MXD\_MAPAS\_E\_FIGURAS) que agrega os arquivos de projetos de mapas do software Arcgis 10.4.1 e arquivos imagens de mapas e figuras produzidos com os dados da própria BDG.

Um importante CDG que compõe a BDG (04\_MAPEAMENTOS\_LOCAIS) é composto apenas por arquivos resultantes da organização e sistematização de informações mapeadas na bacia hidrográfica do Córrego d'Antas com o foco na gestão de riscos socioambientais. Esse CDG incorpora os dados e informações com escalas de maior riqueza de detalhe dentre os demais que compõem a BDG Reger-CD. Muitas dessas informações foram levantadas a partir do diálogo com as comunidades, especialmente a partir de mapeamentos participativos.

#### **4.2.2 Mapeamento participativo das oficinas comunitárias de elaboração do plano de contingência**

Para a elaboração de um Plano de Contingência Comunitário (que deve estar finalizado no primeiro semestre de 2020) foi realizado um amplo processo de mapeamento participativo junto às comunidades que vivem na bacia do córrego d'Antas. Este mapeamento foi realizado durante as oficinas de elaboração deste Plano de Contingência e teve como objetivo principal a identificação, pelos moradores participantes, de elementos espaciais que ofereçam entendimentos sobre as fragilidades e potencialidades das comunidades e a identificação de rotas de fugas e pontos de apoio frente a ocorrência de chuvas fortes no interior da bacia.

A metodologia do mapeamento participativo foi construída coletivamente com membros da Reger-CD, e seu aprimoramento ocorreu a partir de reflexões críticas sobre as próprias práticas aplicadas durante as Oficinas Comunitárias de elaboração do Plano. Ao todo foram realizadas onze reuniões de mapeamento participativo em quatro localidades: comunidades do Cardinot, Dois Esquilos, Venda das Pedras e bairro Córrego d'Antas.

Para a realização das atividades de mapeamento foram utilizados instrumentais muito simples e de baixo custo: um laptop com o software Google Earth<sup>13</sup> instalado e um projetor (Datashow). A escolha do Google Earth como principal ferramenta de mapeamento ocorreu por se tratar de um software gratuito, de fácil utilização tanto para apresentar e quanto mapear elementos espaciais, e que mantém similaridades visuais com outros softwares de geolocalização de usos mais populares (Google Maps e Iphone Maps, entre outros possíveis).

Para a utilização do Google Earth foi necessário a elaboração prévia de um conjunto de dados geográficos que pudessem ser utilizados nesse software e que oferecesse aos participantes das oficinas elementos espaciais característicos do território da bacia hidrográfica do Córrego d'Antas, fundamentais para auxiliar no mapeamento pretendido.

No momento de cada oficina, para ajudar na familiarização da representação do território da bacia pelo software Google Earth os participantes foram estimulados a localizarem suas próprias residências. Essa atividade também teve como objetivos aprofundar o conhecimento dos moradores sobre a localização e identificação de seus vizinhos, contribuir com a integração do grupo participante e, por fim, agregar à BDG Oficinas mais elementos espaciais da comunidade que auxiliassem o mapeamento das fragilidades, potencialidades, rotas de fuga e pontos de apoio em cada comunidade participante.

Após o mapeamento dos moradores, a atividade seguinte consistiu na eleição dos elementos espaciais que seriam entendidos como fragilidades e potencialidades locais a serem mapeadas. Para essa eleição foi adotada uma abordagem generalista e flexível,

deixando que os próprios participantes incluindo os membros da Reger-CD responsáveis pelo andamento dos trabalhos, apontassem elementos espaciais de acordo com suas próprias interpretações de fragilidades e potencialidades locais. Após a caracterização desses elementos espaciais, e ainda com auxílio do Google Earth projetado na parede, os participantes foram estimulados a localizar e classificar cada um deles, resultando em diversos arquivos kml que, posteriormente, foram organizados e sistematizados para que integrassem o CDG Oficinas a ser utilizado para a reunião seguinte.

O alvo do mapeamento seguinte consistiu na localização e identificação, pelos participantes, de potenciais rotas de fuga e pontos de apoio fuga pertinentes à gestão de riscos de chuvas fortes em suas comunidades. Da mesma forma que no mapeamento anterior, não foram apresentados de antemão o significado desses conceitos, deixando que os próprios participantes apontassem esses elementos espaciais segundo suas próprias interpretações sobre seus significados.

Com o apoio do CDG Oficinas atualizado com as informações levantadas pelo mapeamento anterior (rotas de fuga e pontos de apoio), o passo seguinte consistiu no levantamento junto aos participantes de elementos espaciais e estratégias que apoiassem as atividades de monitoramento das alterações nos níveis dos rios e nos volumes de chuvas em suas comunidades.

Para a realização desta atividade foi planejada uma apresentação com algumas estratégias e equipamentos utilizados pelas pesquisas científicas, como réguas fluviais e tipos de pluviômetros (eletrônicos e caseiros). Em seguida, os participantes foram estimulados a apresentarem suas próprias experiências e práticas relacionadas ao monitoramento dos níveis de rios e volumes de chuvas frente à ocorrência de chuvas fortes na bacia hidrográfica do Córrego d'Antas.

Finalizada esta última etapa de mapeamento, as informações levantadas foram alvo de sistematizações e inseridas na base de dados de apoio à realização das Oficinas Comunitárias para outras comunidades da bacia do Córrego d'Antas.

O resultado desse processo, após as 11 oficinas, foi a construção do CDG 04\_MAPEAMENTOS\_LOCAIS, que agrupa informações locais para representação cartográfica de geodados em escalas originais de obtenção da informação geográfica próximas à 1:500 ou maior, conforme apresentado na figura 8.

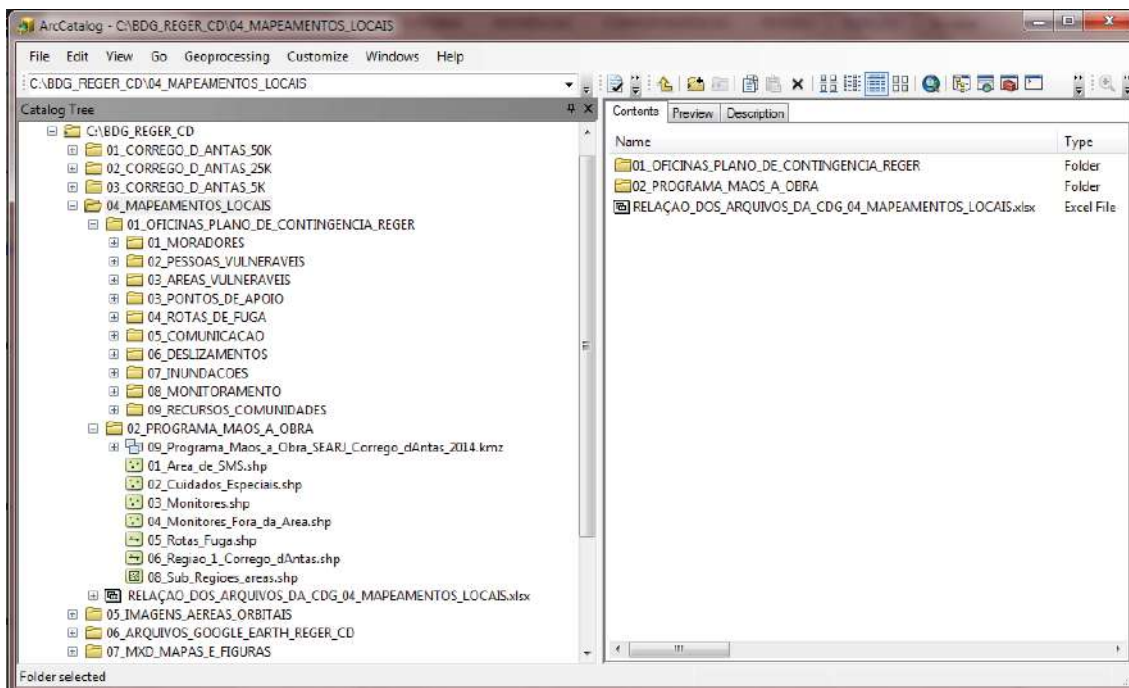
Particularmente, esse CGD integra à BDG Reger-CD os saberes comunitários sobre o território da bacia hidrográfica do Córrego d'Antas. Neste sentido, esse conjunto representa o resultado de investigações sobre as próprias percepções dos parceiros locais da Rede e de demais moradores da bacia frente à gestão de riscos.

Tendo em vista o caráter das informações sistematizadas nesse CDG, este é entendido como o conjunto mais flexível frente aos rigores cartográficos formais e, portanto, o mais aberto à inserção de informações espontâneas e de temáticas que fogem às categorizações utilizadas nos CDGs já apresentados.

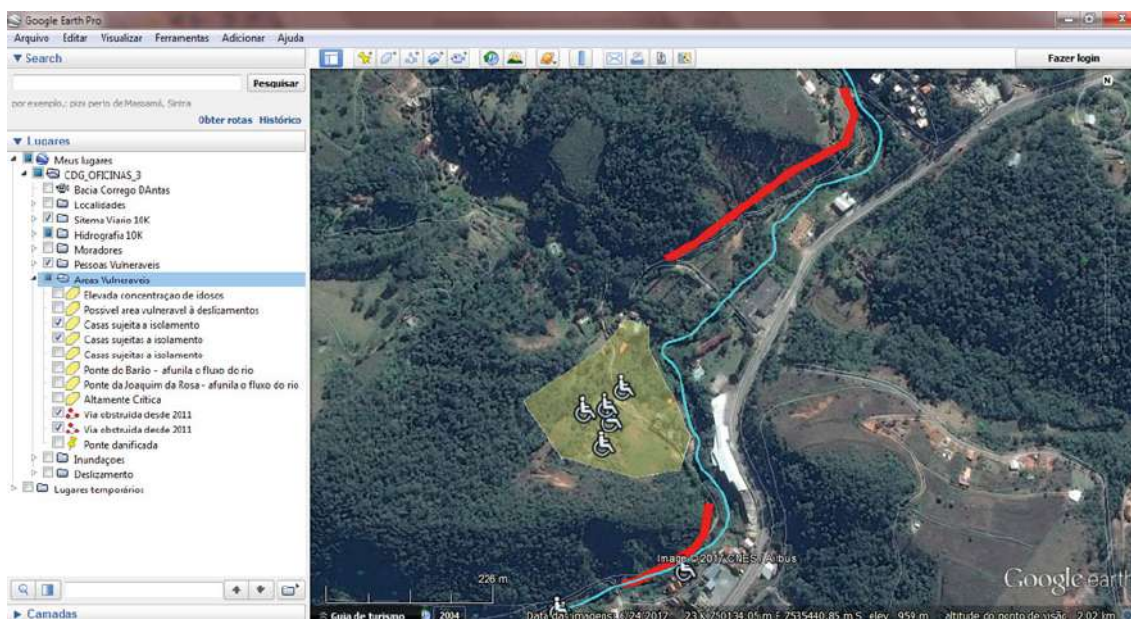
A partir desse CDG, o Plano de Contingência da bacia do córrego d'Antas teve um grande fortalecimento e trouxe informações essenciais para a gestão, qualificando os processos de prevenção, preparação e resposta aos riscos. Um exemplo bastante eloquente é apresentado na figura 9, que traz a localização de pessoas que possuem problemas de saúde que aumentam suas vulnerabilidades à desastres. Conhecer onde estão essas pessoas e quais seus problemas é essencial para que vizinhos e o Estado possam atuar adequadamente em momentos de preparo e de resposta à um desastre. Já a figura 10 mostra um mapa que consolida as informações levantadas nas oficinas realizadas em uma das comunidades, apresentando o conjunto de elementos levantados a partir dos saberes da população local que são úteis à gestão de riscos de desastres.

Um grande desafio relacionado à este CDG é a alimentação contínua de informações nesse CDG. Isso é essencial, pois são informações com caráter dinâmico e

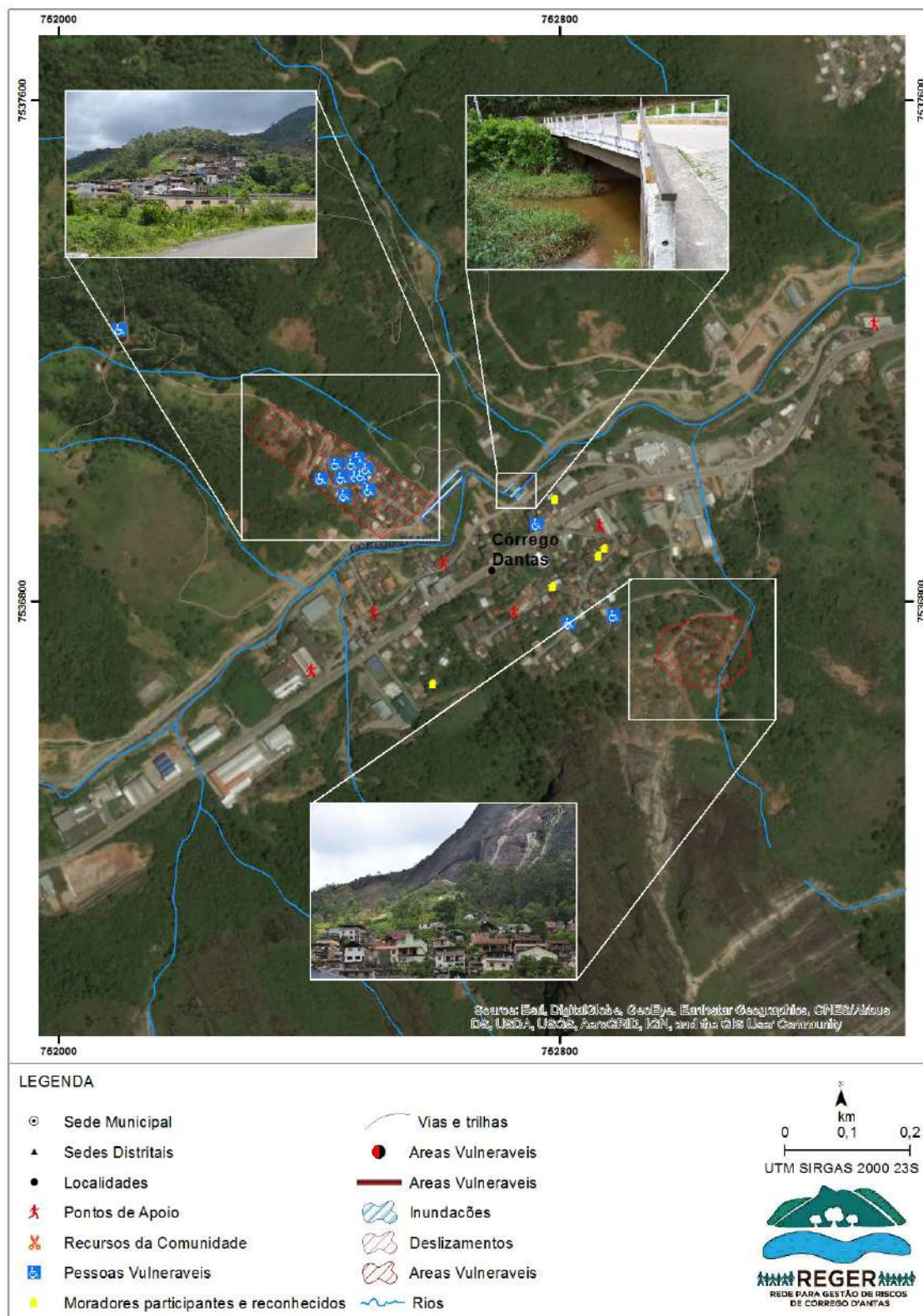
apenas a partir de um processo contínuo de atualização será possível oferecer à gestão de riscos no âmbito da Rede uma ferramenta de empoderamento do conhecimento local fundamental para enriquecer uma gestão participativa e com maior cognição local.



**Figura 8.** Conjunto de Dados Geográficos dos mapeamentos locais (04\_MAPEAMENTOS\_LOCAIS), com seus respectivos Subconjuntos de Dados Geográficos (01 OFICINAS PLANO DE CONTINGÊNCIA REGER e 02 PROGRAMA MÃOS A OBRA).



**Figura 9.** Detalhe da representação gráfica de elementos espaciais mapeados relacionados às áreas e pessoas vulneráveis.



**Figura 10.** Mapa de consolidação dos elementos espaciais mapeados durante o encontro realizado na localidade de Córrego d'Antas.

### Considerações finais

A construção de uma rede institucional e comunitária é uma alternativa que possui potencial para apoiar processos consistentes de redução de riscos de



desastres. Especialmente por fortalecer uma cultura de gestão de riscos de desastres participativa, mantendo a temática em contínua discussão, e por fortalecer o diálogo entre os diversos atores envolvidos com essa temática.

Na prática, porém, esse processo é difícil e conflituoso, pois os saberes técnico-científicos possuem uma legitimidade social para discutir a gestão que os saberes populares não têm. Portanto, a construção de uma rede institucional e comunitária que busque um diálogo horizontal entre saberes requer, essencialmente, uma atitude de humildade dos pesquisadores e gestores públicos frente aos moradores locais. Atitude essa que não é parte da cultura das instituições acadêmicas e de gestão.

Além disso, requer um empoderamento dos moradores locais para que expressem seus conhecimentos e, a partir destes, participem ativamente das discussões e atividades relacionadas à gestão de riscos de desastres.

A construção participativa de um SIG é uma ferramenta com grande potencial para apoiar esse diálogo entre saberes, pois necessita dos saberes técnico-científicos e locais para que seja capaz de qualificar a gestão de riscos.

A construção do SIG da Reger-CD mostrou-se capaz de apoiar decisivamente esse diálogo, mesmo em um contexto no qual havia conflitos importantes entre poder público e moradores locais.

Além desse papel, este SIG tem se mostrado uma ferramenta para apoiar o conjunto de processos relacionados à gestão de riscos de desastres, conforme discutidos por Narváez Lavell e Perez (2009).

Para o processo de geração de conhecimento, o SIG é fundamental, pois ao disponibilizar as informações existentes, possibilita entender quais informações ainda precisam ser produzidas.

Para a redução de riscos atuais e futuros, as informações contidas no SIG são essenciais, na medida que possibilitam, por exemplo, que todos conheçam as áreas suscetíveis aos desastres e as populações vulneráveis, apoiando processos de redução das vulnerabilidades.

Na preparação de respostas aos desastres e emergências em saúde, são muitas as utilidades do SIG. Conhecer as pessoas vulneráveis e as capacidades de resposta das comunidades e do poder público e poder relacionar ambas, por exemplo, é essencial. Permite planejar as ações emergenciais priorizando populações vulneráveis e otimizando a capacidade de resposta, fundamental para reduzir mortes e agravos<sup>8</sup>.

No que tange à resposta e reabilitação e a recuperação e reconstrução, conhecer as áreas mais suscetíveis a alagamentos e movimentos de massa possibilita um planejamento territorial mais adequado e que reduza os riscos futuros.

Portanto, o SIG da Reger-CD tem potencial para atuar de diversas formas apoiando o conjunto de processos relacionados à gestão de riscos de desastres participativa na bacia do córrego d'Antas.

Todavia, dificuldades têm sido encontradas para o desenvolvimento deste sistema, especialmente no que concerne à sua disponibilização como uma ferramenta de uso amplo. Especialmente por questões técnicas, relacionadas ao armazenamento da BDG construída no âmbito desse sistema. Afinal, a Reger-CD não possui recursos financeiros suficientes para construir um sistema robusto, disponível *online*, que possa ser facilmente acessado. Vencer esse desafio é fundamental para tornar essa base uma ferramenta de uso público capaz de apoiar todos os processos de gestão de riscos de desastres na bacia.

Outro desafio, está no processo de atualização constante do SIG, necessário para que o mesmo não fique desatualizado e torne-se pouco útil. Construir mecanismos colaborativos de atualização dos dados e informações contidos na BDG é essencial.

## Notas

3 Segundo à ONU, a Agenda 2030 “é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Ela também busca fortalecer a paz universal com mais liberdade. Reconhecemos que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável. Todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, implementarão este plano” (ONU, 2015, pg 1. Disponível em <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acessado em 14/03/2020).

4 O Marco de Sendai é um compromisso assumido pelos países integrantes da ONU “para a redução do risco de desastres (e) foi adotado na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada de 14-18 março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão, representando uma oportunidade única para que os países pudessem: (a) Adotar um marco pós-2015 para a redução do risco de desastres, conciso, focado e orientado para o futuro e para a ação (...)” (ONU, 2016, pg 3. Disponível em [http://www1.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/1398/traduzido\\_unisdr\\_novo\\_sendai\\_framework\\_for\\_disaster\\_risk\\_reduction\\_2015\\_2030\\_portugues\\_versao\\_31mai2015.pdf](http://www1.udesc.br/arquivos/id_submenu/1398/traduzido_unisdr_novo_sendai_framework_for_disaster_risk_reduction_2015_2030_portugues_versao_31mai2015.pdf). Acessado em 14/03/2020).

5 Resiliência, como utilizado nesse texto, é a capacidade de resistir, absorver ou se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre, seja ele qual for.

6 Herlihy e Knapp (2003) ressaltam que existe diversas abordagens de pesquisa participativa (a exemplo da pesquisa colaborativa), entretanto, nem toda participação na pesquisa significa que esta é participativa na sua essência. Nesse sentido, vale observar os princípios da ecologia de saberes de Boaventura Santos, quanto à necessidade de uma horizontalidade na relação entre os diferentes saberes.

7 O mapeamento participativo não é necessariamente considerado como Cartografia Social, tendo em vista que para este último conceito é fundamental que haja o protagonismo do(s) grupo(s) social(ais), geralmente povos tradicionais em todo o processo cartográfico. E, portanto, compreendem “(...) iniciativas de automapeamento territorial por sujeitos coletivos organizados que usam a produção autônoma de mapas para reivindicar direitos territoriais específicos” (ACELRAD *et. al*, 2008, p. 5).

8 O Mapa mental é um tipo de mapa cognitivo com representação de cunho cartográfico, que não necessite de escala e nem de referência formal (coordenadas geográficas), e que depende da percepção que seu elaborador tem do meio que o circunda, por isto não possui rigores científicos para sua concepção (DA SILVA; VERBICARO, 2016).

9 A Serra do Mar é a cadeia montanhosa que se estende ao longo do litoral leste/sul do Brasil na qual a Região Serrana Fluminense está localizada. A Serra do Mar possui nomes locais para as suas diferentes porções. A Região Serrana está situada na porção denominada Serra dos Órgãos. A Serra das Araras é outra parte da Serra do Mar, assim como a Serra de Caraguatatuba e a Serra de Timbé do Sul.

10 Segundo o Estatuto das Cidades (Lei Federal 10.257/2001) “O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. (...) é parte integrante do processo de planejamento municipal (...)”

11 Que incluiu faixas vermelhas, amarelas e verdes, descontínuas e de espessuras variáveis ao longo dos rios principais, como o próprio Córrego d`Antas (FREITAS; COELHO NETTO, 2016).

12 Escala de representação cartográfica 1:25.000 no recorte municipal e, para o recorte territorial urbano, a escala de 1:5.000. (FREITAS; COELHO NETTO, 2016).

13 Cabe ressaltar, que esse software oferece imagens de satélite que permitem ou, pelo menos facilitam, a distribuição espacial dos elementos no território, pelos comunitários.

## Referências

- ACSELRAD, Henri *et al.* **Cartografias sociais e território**. Rio de Janeiro: Ippur/UFRJ, 2008. Disponível em: [http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/raul/cartografia\\_tematica/leitura%204/Cartografias%20Sociais%20e%20Territ%F3rio.pdf](http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/raul/cartografia_tematica/leitura%204/Cartografias%20Sociais%20e%20Territ%F3rio.pdf). Acesso em: 12 jul. 2019.
- AVILA, M. R. R.; MATTEDI, M. A. Desastre e território: a produção da vulnerabilidade de desastres na cidade de Blumenau/SC. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 2, p. 187-202, 2017.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**: Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Brasília, 2012.
- BODART, M. **Programa mãos à obra**: proteção e defesa civil comunitária no enfrentamento de desastres socioambientais. 2016. Dissertação (Mestrado em Profissional e Defesa e Seguridade Civil) - Universidade Federal Fluminense, 2016.
- BUGS, G. T. Tecnologias da informação e comunicação, sistemas de informação geográfica e a participação pública no planejamento urbano. 2014.
- CINDERBY, S. **Participatory Geographic Information Systems (GIS): the future of environmental GIS**, 1999. Disponível em: [http://www.iapad.org/publications/ppgis/ppgis\\_the\\_future\\_of\\_environmental\\_gis.pdf](http://www.iapad.org/publications/ppgis/ppgis_the_future_of_environmental_gis.pdf). Acesso em: 16 dez. 2014.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. 1996. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/livros/anatomia.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2014.
- CARDONA, O. D. **Midiendo lo inmedible. Indicadores de vulnerabilidad y Riego. La Red – Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina**. 2007. 5 p. Disponível em: [http://www.desenredando.org/public/articulos/2007/articulos\\_omar/Midiendo\\_lo\\_inmedible\\_ODC\\_La\\_Red.pdf](http://www.desenredando.org/public/articulos/2007/articulos_omar/Midiendo_lo_inmedible_ODC_La_Red.pdf). Acesso em: 14 abr. 2014.
- CINDERBY, S. **Participatory Geographic Information Systems (GIS): the future of environmental GIS?** 1999. Disponível em: [http://www.iapad.org/publications/ppgis/ppgis\\_the\\_future\\_of\\_environmental\\_gis.pdf](http://www.iapad.org/publications/ppgis/ppgis_the_future_of_environmental_gis.pdf). Acessado em: 16 dez. 2014.
- COMFORT, L. K. Risk, security, and disaster management. **Annual Review of Political Science**, v. 8, p. 335-356, 2005.
- CORBETT, J. *et al.* Cartografia para mudança: o aparecimento de uma prática nova. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS E DE COMUNICAÇÃO PARTICIPATIVA, 2005, Nairobi, Quênia. **Aprendizagem e Ação Participativas**, n. 54, p. 13-20, 2006.
- DA SILVA, C. N.; VERBICARO, C. O mapeamento participativo como metodologia de análise do território. **Scientia Plena**, v. 12, n. 6, p. 1-16, 2016.
- FREITAS, L. E.; COELHO NETTO, A. L. Reger Córrego Dantas: uma ação coletiva para enfrentamento de ameaças naturais e redução de desastres socioambientais. **Ciência & Trópico**, Rio de Janeiro: Massangana, v. 40, p. 165-190, 2016.
- FREITAS, L. E.; COELHO NETTO, A. L. Gestão de riscos de desastres e participação popular: lições aprendidas e a relevância da educação para a consolidação da Rede de Gestão de Riscos da Bacia Hidrográfica do Córrego d'Antas (Reger-CD), Nova Friburgo/RJ. Giramundo. **Revista de Geografia do Colégio Pedro II**. 2019. No prelo.
- FREITAS, L. E.; FERNANDES, R.; COELHO NETTO, A. L. Post-catastrophic disaster induced laws for climatic change adaptation: a case study in SE-Brazil. *In*: LEAL FILHO, W.; NAGY, G.; BORGA, M.; CHÁVEZ MUÑOZ, P. D.; MAGNUSZEWSKI, A. (Eds) **Climate Change, Natural Hazards and Adaptation Option**: Hsndling the impacts of a changing climate. Springer, Cham, 2020. No prelo.
- FREITAS, L.E.; SATO, A. M.; SCHOTTZ, S.; LACERDA, N.; COELHO NETTO, A. L. Community,

University and Government Interactions for Disaster Reduction in the Mountainous Region of Rio de Janeiro, Southeast of Brazil. In: LEAL FILHO, W.; AZEITEIRO, U.; ALVES, F. (Org.). **Climate Change and Health: Improving Resilience and Reducing Risks**. Nova York: Springer International Publishing, 2016. p. 313-328.

FREITAS, L. E.; VICENTE, A.; COELHO NETTO, A. L. Conflicts after the tragedy in the mountains of the state of Rio de Janeiro in 2011: the relationship between residents of Córrego d'Antas and the Zoning of Evacuation Areas for an adaptation to climate change. In: LEAL FILHO, W.; FREITAS, L. E. de (org.). **Climate Change Adaptation in Latinamerican: Managing Vulnerability, Fostering and Resilience**. Nova York: Springer Publishing Services, 2017, v. 1, p. 225-241.

FUNDAÇÃO COPPETEC; LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA E ESTUDOS DE MEIO AMBIENTE. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro: R3-A: temas técnicos estratégicos, RT-03: vulnerabilidade a eventos críticos, v. 2: ocorrências de desastres naturais entre 2000 e 2012 por Região Hidrográfica**. Rio de Janeiro, 2014. 120 p. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zweu/mdyy/~edisp/inea0062130.pdf>. Acesso em: 26 set. 2019.

MACEDO, E. S. Gestão de riscos no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS. 2013; Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2013.

MARCELINO, E. V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. **Cadernos Didáticos**. Santa Maria: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, 2008. n. 1. 38 p.

HERLIHY, P. H.; KNAPP, G. Maps of, by, and for the People of Latin America Human Organization. **Journal of the Society for Applied Anthropology**, v. 62, n. 4, p. 303-314. 2003. Disponível em: <http://proquest.umi.com.ezproxy.library.arizona.edu/pqdweb?did=521705671&sid=1&Fmt=3&clientId=43922&RQT=309&VName=PQD>. Acesso em: 26 set. 2019.

MARCHEZINI, V.; IWAMA, A.; ANDRADE, M. R. M.; TRAJBER, R.; ROCHA, I.; OLIVATO, D. Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, p. 107-128, 2017.

NARVÁEZ, L.; LAVELL, A.; PÉREZ, G. **La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos**. San Isidro, Perú: Secretaría General de la Comunidad Andina, 2009.

NOGUEIRA, F. R.; OLIVEIRA, V. E. de; CANIL, K. Políticas públicas regionais para gestão de riscos: o processo de implementação no ABC, SP. **Ambiente e Sociedade**. v. 17, n. 4, p. 177-194, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1100V1742014>. Acesso em: 26 set. 2019.

NOVA FRIBURGO (Cidade). Prefeitura Municipal. **Plano de gestão de riscos em desastres**. Nova Friburgo: SMSNF, 2017.

NUNES, F. S. B. **Base de dados geoespaciais no apoio à gestão participativa de riscos de desastres: o caso da bacia hidrográfica do Córrego d'Antas - Nova Friburgo/RJ**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Práticas de Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018. 162 p.

RAPAPORT, C.; HORNIK-LURIE, T.; COHEN, O.; LAHAD, M.; LEYKINF, D.; AHARONSON-DANIE, L. The relationship between community type and community resilience. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 31, p. 470–477, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/08941920903305674>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08941920903305674>. Acesso em: 26 set. 2019.

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Universidades Federais de Uberlândia, Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento, 2013.

SAITO, S. M. Vulnerabilidades no contexto de sistemas de alerta de risco de desastres. **Rev. Gest. Sust. Ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. esp., p. 618-630, jun. 2018. DOI:

10.19177/rgsa.v7e02018618-630. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6563/0](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6563/0). Acesso em: 26 set. 2019.

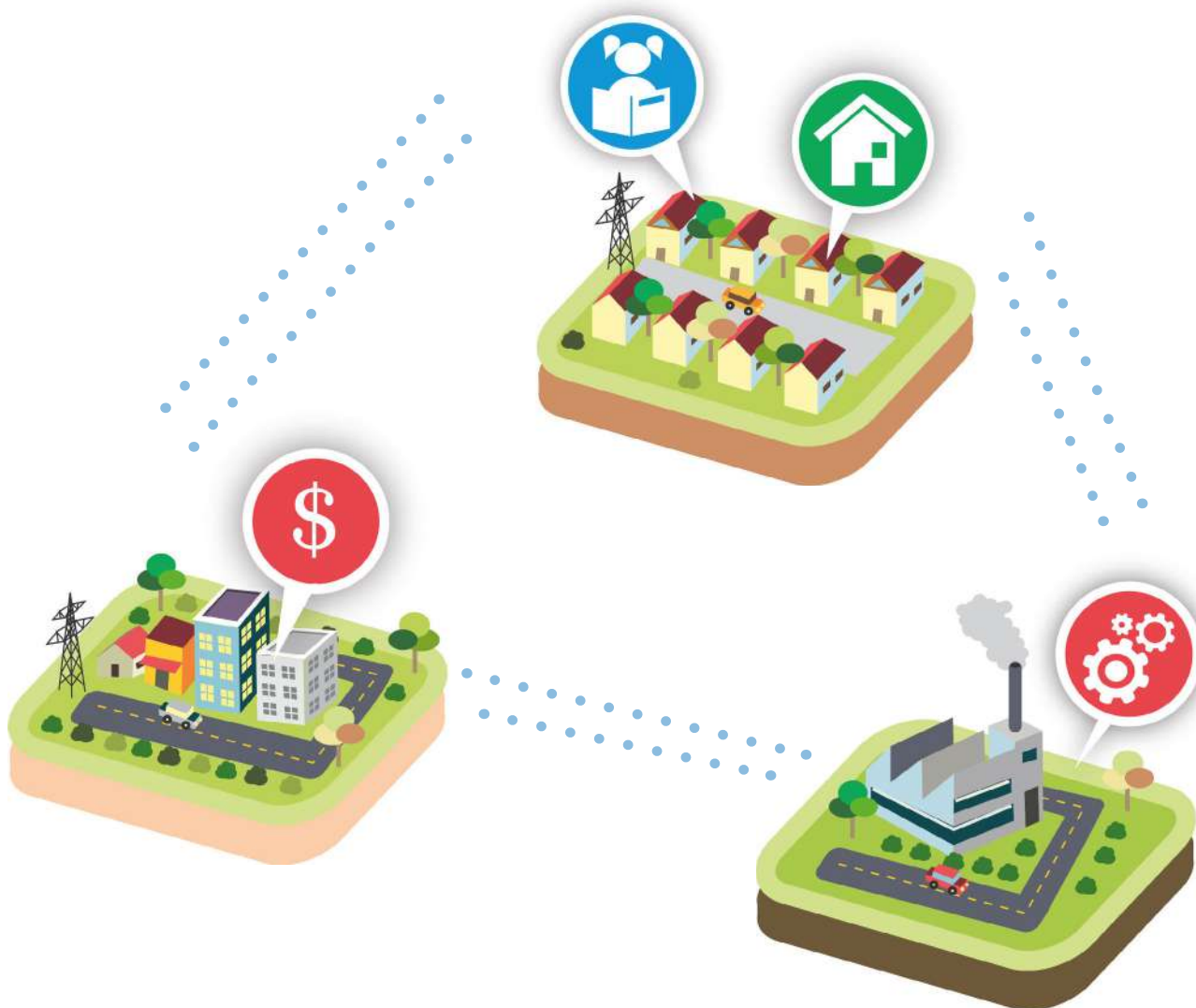
SANTOS, A. M. F. dos. Mapas temáticos como fundamentos para a gestão ambiental da planície costeira de Icapuí, extremo leste do Ceará. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 3, n. 6, p. 102-114, 2012.

SLETTO, B.; BRYAN, J.; TORRADO, M.; HALE, C.; BARRY, D. Territorialidad, mapeo participativo y política sobre los recursos naturales: la experiencia de América Latina. **Cuadernos de Geografía**. Bogotá, v. 22, n. 2, p. 193-209, dez. 2013.

UNISDR/ONU. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. 2016. Disponível em: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_sendaiframeworkfordren.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordren.pdf). Acesso em: 18 jul. 2019.

VIANA, V. J. **Gestão de riscos de desastres no Brasil: leitura das estratégias locais de redução de risco de inundação em Nova Friburgo, RJ**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2016.

VIDA, I. M. **Vulnerabilidade institucional do setor saúde a desastres no município de Nova Friburgo**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2019. 149 p.



# EFEITOS DO AMBIENTE TÉRMICO NO CONFORTO E DESEMPENHO: UM ESTUDO EMPÍRICO NUMA ESCOLA SECUNDÁRIA

Mário Talaia<sup>1</sup>

## 1 Introdução

Para alguns observadores da sociedade, de diferentes países, tem-se tornado interessante conhecer o alinhamento de uma determinada escola em termos de desempenho num perfil nacional ou regional, como tem sido o caso das avaliações independentes e conduzidas por entidades idóneas, como a OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development OECD). Em Portugal, o Ministério da Educação está atento a esta problemática e tem vindo a disponibilizar indicadores de avaliação. De acordo com a DGEEC (Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência, Decreto Regulamentar n.º 13/2012, de 20 de janeiro) foram disponibilizados indicadores gerais da educação, divididos por nível de ensino e ciclos de estudo, que permitem obter uma ideia geral da organização e dimensão do sistema educativo português.

No entanto é de sublinhar que os indicadores podem não mostrar rigorosamente o que se passa em cada escola, como por exemplo a inclusão de estudantes com necessidades especiais, a pobreza ou falta das mesmas oportunidades e uma educação humanista em que os estudantes desenvolvem atitudes para servir altruistamente a construção de uma sociedade alicerçada também em valores morais. Pode-se acrescentar que desenvolver projetos de cidadania, serviço social, trabalho cooperativo, formação artística, desporto e respeito pelo corpo e saúde física pode não ser suficiente. O Serviço de Acção Social Escolar (SASE) apoia estudantes com subsídios de estudo em diferentes aplicações, nomeadamente, apoio alimentar, aquisição de livros, aquisição de materiais escolares e atribuição de bolsas.

Roberto Carneiro, ex-Ministro da Educação do XI Governo Constitucional de Portugal de 1987 a 1991, afirmou que apesar de reconhecer a utilidade dos rankings alertou para o risco de juízos falaciosos que podem resultar das avaliações. Disse que uma escola não é um mero competidor para ocupar um lugar de relevo em campeonatos nacionais ou internacionais e que as melhores escolas são aquelas que gozam de lideranças de serviço capazes de entusiasmar os professores, de inflamar os estudantes e famílias fazendo com que se sintam aliados efetivos da aventura escolar, e de criar ou proporcionar contextos educativos “amigos” da inovação e da vivência de uma autêntica confiança entre os parceiros do processo educacional. Acrescentou que uma escola mergulhada num contexto sociocultural e económico desfavorável tem uma

---

<sup>1</sup> Departamento de Física – Universidade de Aveiro: 3810-193 - Aveiro, Portugal. E-mail: mart@ua.pt.

maior dificuldade em ocupar lugares cimeiros nos rankings. O Ministério da Educação com um manancial de informação estatística manifestamente superior ao de qualquer outra entidade pode e deve definir a política educativa.

Um olhar sobre as escolas que se mantêm esquecido é fazer-se tábua rasa ao ambiente térmico que se regista no interior de uma sala de aula, local onde são praticados o ensino e a aprendizagem. Nesses espaços os estudantes são condicionados a um ambiente térmico frio, neutro e quente e é com base nas condições termohigrométricas registadas que se constrói conhecimento científico e desenvolvem-se competências. É neste contexto que este trabalho se desenvolve numa perspetiva de contribuir para a valorização do tipo de ambiente térmico que afeta diretamente o tipo de vestuário usado e os resultados de avaliações dos estudantes. Estes deverão ser indicadores acrescidos a serem valorizados, em futuras avaliações de ranking de escolas. Para a construção do algoritmo global com as percentagens de contribuição de cada item sugere-se que seja da responsabilidade de uma comissão aprovada pelo Ministério da Educação, com inclusão de especialistas com experiência comprovada e demonstrada em cada item.

Neste contexto, apresentam-se alguns aspetos que determinam o tipo de ambiente térmico e a importância do seu estudo na vida de um ser humano. A problemática de ambiente térmico permite conhecer se um indivíduo (um estudante) se encontra em conforto térmico num espaço, como por exemplo no interior de um compartimento de uma casa, nos locais de trabalho, numa sala de aula numa escola ou no exterior de um edifício. A American Society of Heating Refrigeration and Air Conditions (ASHRAE) define o conforto térmico como o estado de espírito em que o indivíduo expressa satisfação em relação ao ambiente térmico (ISO 7730, 2005; ASHRAE 55, 2004). Esta definição implica um certo grau de subjetividade e pressupõe a análise de dois aspetos: aspetos físicos inerentes ao ambiente térmico e aspetos subjetivos inerentes ao estado de espírito do indivíduo. Num ambiente térmico a satisfação de todos os indivíduos é uma tarefa “quase” impossível, pois um ambiente termicamente confortável para um indivíduo pode ser desconfortável para outro. Assim, um ambiente térmico deve satisfazer o maior número de indivíduos, no mesmo local.

O conforto térmico é obtido quando um indivíduo está numa condição de equilíbrio energético com o ambiente térmico que o rodeia. Por exemplo, Costa *et al.* (2011) mostraram em condições de extremo desconforto térmico que indivíduos podem revelar diversos efeitos físicos e psicológicos, tais como fadiga e diminuição da capacidade mental. A International Organization for Standardization (ISO) desenvolveu várias normas com índices específicos para diferentes ambientes térmicos (frios, confortáveis e quentes). Para ambientes térmicos quente, quando altas temperaturas estão associadas a alta humidade relativa do ar, podem suscitar stress térmico para o organismo de um ser humano, podendo originar no mesmo, perturbações de ordem física, de natureza subjetiva e de natureza fisiológica, até atingir o limite físico de tolerância do ser humano. Os ambientes considerados frios são aqueles caracterizados por condições ambientais que levam à condição de stress térmico por frio (HOLMÉR; GRANBERG; DAHLSTROM, 1999). O stress por frio pode estar presente de várias maneiras diferentes, afetando o equilíbrio térmico de todo o corpo, assim como o equilíbrio térmico local das extremidades do corpo, da pele e dos pulmões. A hipotermia, que constitui a patologia geral devida ao frio, por falência da termorregulação, traduz-se, no início, por um arrepio generalizado, uma temperatura interna que diminui e uma pressão arterial que aumenta. Os movimentos finos dos dedos e das mãos podem também sofrer uma deterioração apreciável, mesmo com níveis moderados de exposição (HOLMÉR, 2000).

É aceite que a concentração intelectual e a produtividade de um indivíduo são fortemente condicionadas pelo tipo de ambiente térmico. O desconforto térmico é um indicador importante para a saúde, porque é o primeiro sintoma que alerta para as condições ambientais não serem adequadas (MORGADO; TALAIA; TEIXEIRA, 2015).

Com o desenvolvimento de pesquisas em torno da Ergonomia surgiu a necessidade de avaliar o efeito do “clima” no local de trabalho (intelectual ou produtivo) e no ser humano (KRUGER; DUMKE; MICHALOSKI, 2001). O estudo do conforto térmico tem uma forte importância económica. O controlo das variáveis termohigrométricas permite a otimização do ambiente térmico e consequentemente permite um incremento nos níveis intelectual ou produtivo. Várias pesquisas realizadas em campo têm sido desenvolvidas de forma a demonstrar a relação entre o conforto térmico e o desempenho do trabalhador e/ou estudante (WYON, 2010; MORGADO; TALAIA; TEIXEIRA, 2015). Embora os resultados destas atividades experimentais não tenham conduzido a conclusões definitivas, mostraram claramente a tendência do desconforto, proporcionado por ambientes quentes ou frios, reduzir o desempenho intelectual ou produtivo.

No entanto, é necessário enfatizar o carácter social, económico e político do estudo desta temática. O conforto térmico deve ser considerado um problema de saúde pública. Talaia e Pina (2016) mostraram de que modo as condições termohigrométricas, os tipos de circulação da atmosfera afetam doenças de índole respiratória (DPOC – Doenças Pulmonares Obstrutivas Crónicas).

Krüger *et al.* (2001) mostraram que estudos realizados em laboratório e em campo demonstraram uma relação entre o conforto térmico e o desempenho de um indivíduo. Embora alguns resultados não conduzirem a conclusões definitivas, mostraram claramente a tendência de o desconforto reduzir o desempenho quer em ambientes quentes ou frios. O isolamento térmico do vestuário representa a resistência à transferência de energia sob a forma de calor entre a superfície da pele e da roupa (TALAIA; RODRIGUES, 2008). O valor do isolamento térmico das peças de roupa é em função das propriedades e características dos materiais empregados na confecção dos tecidos (LAZZAROTTO, 2007). A ISO 7730 (2005) indica para algumas peças de roupa valores típicos aceites para o isolamento térmico do vestuário (ITV) em unidades de clo.

Atualmente, quando se fala do desenvolvimento cognitivo e dos processos de ensino e aprendizagem devem-se considerar aspetos importantes relacionados com a motivação, os estímulos do meio (ambiente envolvente do indivíduo), as relações sociais e a educação recebida, entre outros (COLL; PALACIOS; MARCHESI, 1995). Separando o fenómeno da educação como algo de natureza essencialmente social e destacando-se as práticas educativas encontradas na educação formal pode-se perceber uma preocupação constante com elementos, novos e antigos, que interferem direta e indiretamente nesse fenómeno. Um desses fatores diz respeito ao ambiente de ensino, à sua organização e às variáveis que podem influenciar positiva e negativamente a aprendizagem.

Normalmente, a maioria das edificações escolares apresenta partidos arquitetónicos e sistemas construtivos mais ou menos padronizados, moldados da mesma forma, sendo a mesma ideia de projeto construída, muitas vezes, em vários locais de uma vasta região, sem ter em conta as características do tipo de clima da região. Todos estes fatores aliados sugerem que uma grande parte das edificações escolares públicas pode não satisfazer as necessidades básicas de conforto térmico. Certamente estas condições interferem negativamente na motivação, concentração e avaliação dos estudantes. Desta forma, é necessário que numa arquitetura escolar se tenha em conta as necessidades de conforto térmico, de forma a proporcionar um ambiente agradável e que favoreça o ensino e a aprendizagem (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2003).

Santos, Coutinho e Araújo (2002) referem que um ambiente térmico de ensino se deva adequar ao conforto térmico dos estudantes, para que estes possam manter um certo equilíbrio, quer físico quer psíquico, sem necessidade de esforço de adaptação. Frota e Schiffer (1995) mostraram como um ambiente térmico desconfortável influencia a prestação produtiva e intelectual de um indivíduo e afirmaram que o conforto ou desconforto térmico influencia o processo de ensino de professores e aprendizagem de estudantes.



Rebello, Santos Batista e Diogo (2008) mostraram que o ambiente térmico em salas de aula é um dos fatores que condiciona o processo de aprendizagem em qualquer dos níveis de ensino. Os autores mostraram a forte influência da radiação solar ao longo do dia nas condições de conforto nas salas de aula. Wyon (2010) relacionou o conforto térmico com o ensino e a aprendizagem de estudantes e apresentou dados registados em salas de aula de duas escolas na Dinamarca, envolvendo cerca de 300 estudantes. Os resultados obtidos mostraram uma diminuição da avaliação de 3,5% dos estudantes por cada °C de aumento de temperatura interior da sala de aula. Adicionalmente, Talaia e Silva (2016) mostraram que o tipo de ambiente térmico de uma sala de aula influencia os resultados de avaliação de um estudante com uma diminuição do resultado de avaliação de cerca de 3,9% por cada °C referente à soma da temperatura do ar com a temperatura do termómetro húmido.

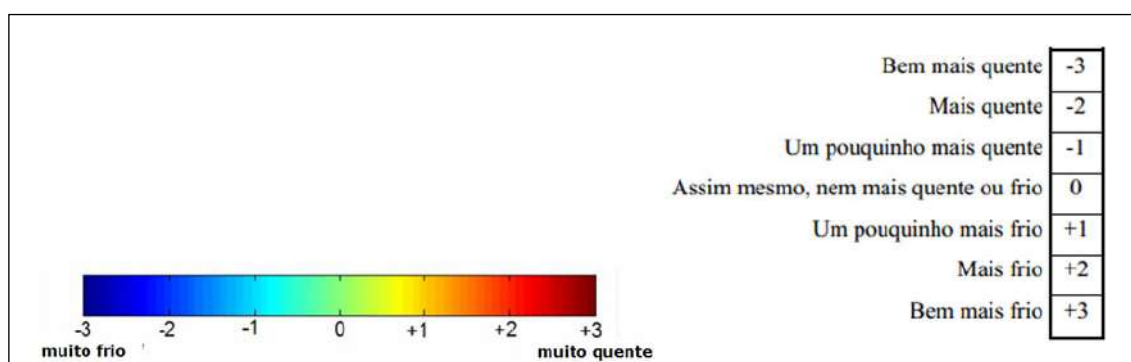
Este trabalho pretende mostrar que o tipo de ambiente térmico condiciona os resultados obtidos por estudantes durante a sua avaliação e/ou desempenho, assim como o tipo de isolamento de vestuário usado e a sensação térmica registada. As condições do tempo atmosférico local, onde a escola está situada, são determinantes na afetação e determinação do tipo de ambiente térmico de uma sala de aula. Mostra-se que é possível prever a sensação térmica registada pelos estudantes e o isolamento térmico do vestuário a usar. O autor partilha da opinião e está convicto, como mostra, de que o tipo de ambiente térmico influencia a aprendizagem e o resultado obtido pelos estudantes quando os parâmetros termohigrométricos de uma sala de aula são valorizados.

## 2 Materiais e métodos

O estudo, realizado em sala de aula, utilizou a metodologia de ensino denominada de investigação-ação, de carácter empírico, recorrendo a uma metodologia mista, onde foram utilizados métodos quantitativos e métodos qualitativos de recolha de dados. A atividade física foi considerada sedentária por ser em sala de aula na escola.

O registo de dados decorreu num ambiente de sala de aula durante um período de tempo considerado de frio, tendo participado 41 estudantes, de duas turmas do 8º ano de escolaridade de uma escola de Ensino Básico da região centro de Portugal (em Portugal há 12 níveis de ensino antes do ingresso no ensino superior). Os estudantes, 18 do sexo feminino e 23 do sexo masculino, em que 39 tinham 13 anos e 2 tinham 14 anos de idade. Os estudantes foram identificados por  $A_i$  com  $i=1$  a 41.

Foram propostas aos estudantes diferentes atividades, através da aplicação de questões problema. Estas questões eram sobre conteúdos que estavam a ser leccionados e permitiram avaliar o desenvolvimento de competências relativo à construção do conhecimento dos conteúdos leccionados nessa aula. A questão problema era aplicada sempre que se considerava oportuno e os estudantes nunca tiveram conhecimento prévio da sua aplicação. Na sala de aula cada estudante numa escala térmica de cores registava a sua sensação térmica, seleccionando a posição na cor correspondente à sua sensação de conforto térmico que consideravam sentir (TALAIÁ; RODRIGUES, 2008) como se mostra na Figura 1.



**Figura 1.** Escala de sensação térmica [Talaia e Rodrigues (2008); ISO 7730 (2005)].

Os registos de dados termohigrométricos, usando o instrumento de medida Center 317 – temperature humidity meter, permitiram aplicar o índice térmico EsConTer (TALAIA; SIMÕES, 2009) para prever a sensação térmica de um espaço.

O índice EsConTer, desenvolvido por Talaia e Simões (2009) e confirmado em diferentes aplicações por Morgado, Talaia e Teixeira (2015) determina um valor da escala sétima de sensação térmica na gama de -3 (ambiente térmico muito frio) a +3 (ambiente térmico muito quente) e é calculado através da expressão

$$\text{EsConTer} = -3,75 + 0,103(T + T_w) \quad (1)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e  $T_w$  a temperatura do termómetro húmido (°C).

O índice ITV (isolamento térmico do vestuário), em unidades de clo, desenvolvido por Talaia (2018) e para uma atividade sedentária (por exemplo, sala de aula de uma escola) com um metabolismo de  $70\text{W.m}^{-2}$  ou 1,2met, é determinado através da expressão

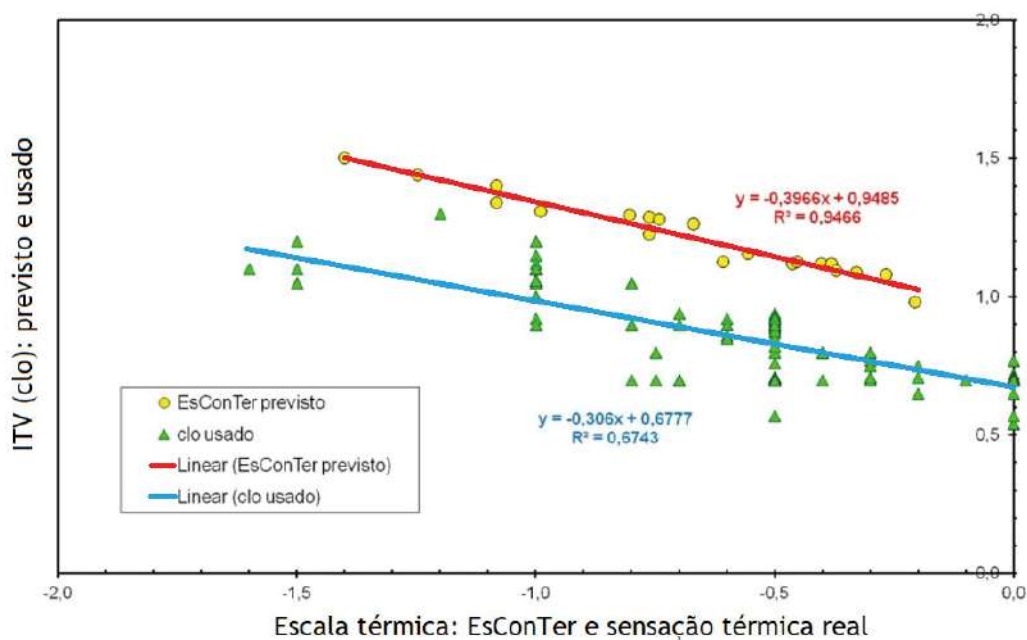
$$\text{ITV} = -0,7418\text{EsConTer} - 0,3250 + 0,0764T_w \quad (2)$$

### 3. Resultados e discussão

O ser humano é um ser vivente racional de sangue quente que, para sobreviver, necessita de manter a temperatura interna do corpo. Neste contexto, o ser humano obriga-se a procurar constantemente o seu equilíbrio térmico com o meio envolvente.

Apresentam-se os resultados obtidos para um ambiente térmico confortável e frio, em sala de aula.

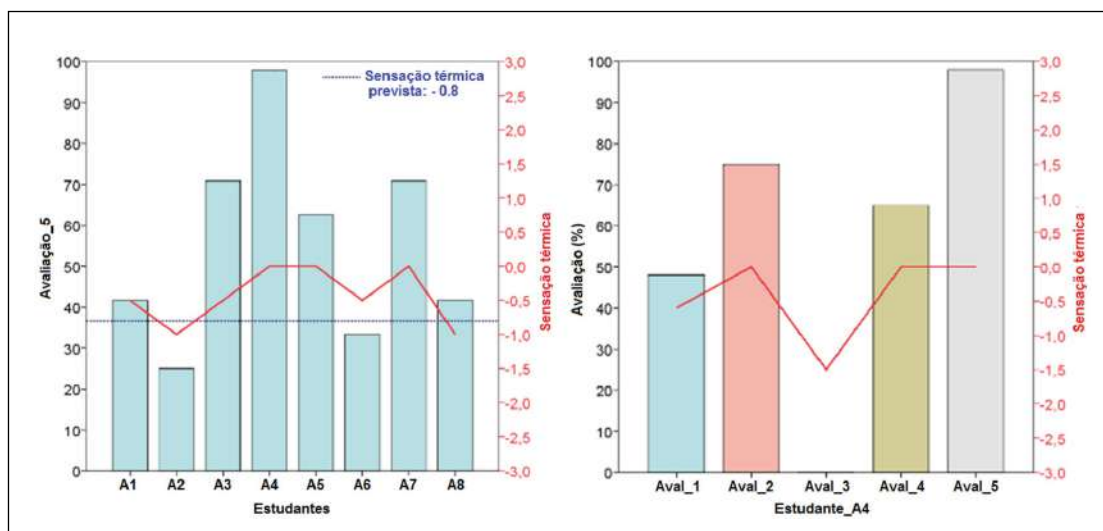
Na Figura 2 os círculos a amarelo representam os valores previstos para a sensação térmica e para o isolamento térmico de vestuário nas condições termohigrométricas registadas no interior da sala de aula. Os modelos de previsão usados, EsConTer [equação (1)] e ITV [equação (2)], mostram que os dados seguem uma linha de ajuste por aplicação do método dos mínimos quadrados com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,9730. Na figura os triângulos de cor verde representam pontos definidos com a sensação térmica registada pelos estudantes e o isolamento térmico de vestuário usado pelos estudantes. O declive da linha de ajuste com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,8212 mostra haver uma excelente concordância com o declive da linha de ajuste para os dados previstos.



**Figura 2.** Dados previstos e reais de sensação térmica e isolamento térmico do vestuário.

A observação da Figura 2 mostra que a medida que a sensação térmica sentida pelos estudantes é de frio há um aumento do isolamento térmico do vestuário que não é suficiente para o estudante sentir conforto térmico. Os resultados obtidos estão em concordância com a linha prevista de conforto térmico que mostra valores superiores aos reais o que irá influenciar os resultados de avaliação dos estudantes.

A Figura 3 mostra um exemplo de resultados obtidos para alguns estudantes para uma avaliação e/ou desempenho com base nas respostas para diferentes questões problemas, ou seja, para 5 avaliações.



**Figura 3.** Resultados obtidos por estudantes.

A observação da Figura 3 na sua imagem do lado esquerdo mostra os resultados obtidos representados por colunas em % para 8 estudantes e para a avaliação\_5. Os estudantes indicados são designados por Ai, com i a identificar o estudante. Na figura a linha reta pontuada indica a sensação térmica prevista na sala de aula para as condições termohigrométricas registadas quando se aplica o índice EsConTer. A linha

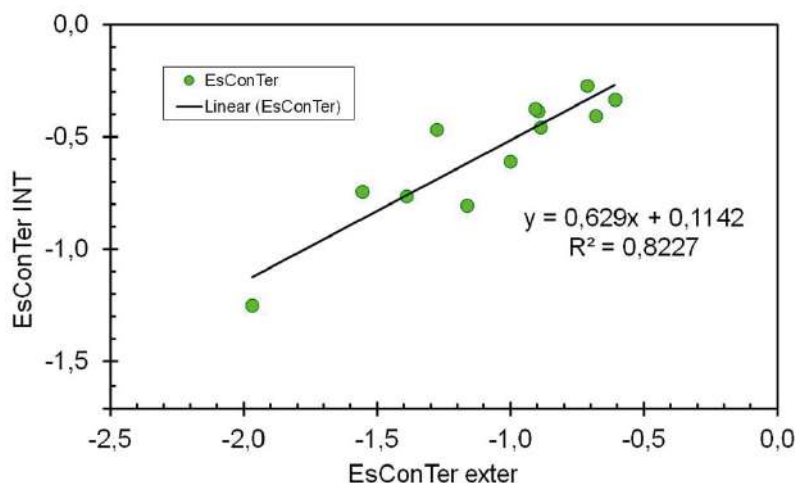
quebrada a cor vermelha indica o valor da sensação térmica real de cada estudante e mostra que os estudantes têm diferentes sensações térmicas, como seria esperado. Os resultados mostram que para uma sensação térmica sentida por um estudante inferior a -0,5 (limite considerado para conforto térmico) tendem a ser negativos. Os valores da sensação térmica registados pelos estudantes estão em concordância com a sensação térmica prevista quando se usa o índice de sensação térmica EsConTer. A roupa dos estudantes é um fator a considerar através do isolamento do vestuário usado. A imagem do lado direito mostra os resultados obtidos para o estudante A4 para cinco avaliações. Os resultados obtidos parecem ser influenciados pela sensação térmica registada pelo estudante. Para valores superiores a -0,5 e na gama de conforto térmico [-0,5;+0,5] os resultados tendem a ser positivos, muito acima da linha de 50%.

Pode-se concluir que, quando os valores da sensação térmica registados pelos estudantes se situam na gama de conforto térmico, os resultados obtidos pelas avaliações das questões problema tendem a ser positivos, se a sensação térmica registar valores inferiores a -0,5 os resultados da avaliação tendem a ser inferiores a 50%. Nestas circunstâncias a sensação térmica do ambiente influencia o resultado obtido pela avaliação e pela construção do conhecimento do estudante.

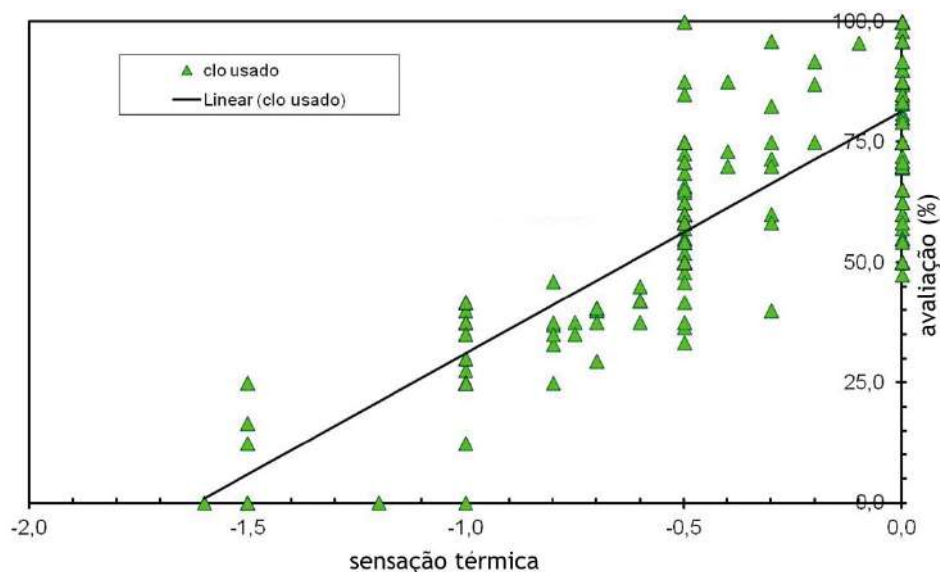
Na Figura 4 estão indicados os valores para a sensação térmica prevista por aplicação do índice EsConTer para o ambiente térmico interior da sala de aula (EsConTer\_int) e para a atmosfera – ambiente térmico exterior a sala de aula (EsConTer\_ext).

A observação da Figura 4 mostra círculos de cor verde que representam as condições térmicas para a sala de aula e para a atmosfera e a linha a cheio a tendência registada com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,9070. Pode-se afirmar inequivocamente que as condições termohigrométricas do exterior condicionam a sensação térmica de uma sala de aula ou de um espaço interior. Como seria esperado, a linha reta de ajuste mostra que a medida que as condições exteriores se aproximam da zona de conforto térmico as condições da sala de aula também tendem. De notar que a inclinação da linha de ajuste depende dos materiais de construção usados (para o edifício da escola) assim como do isolamento térmico que apresentam na sua condutividade.

A Figura 5 mostra como a sensação térmica registada pelos estudantes influencia os resultados da avaliação. Os triângulos de cor verde representam os dados registados e a linha de ajuste com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,8087 sugere a tendência esperada, ou seja, quando o ambiente térmico da sala de aula se aproxima de sensação térmica de frio os resultados da avaliação tendem para zero.



**Figura 4.** Influência do tempo atmosférico no bem-estar de uma sala de aula.

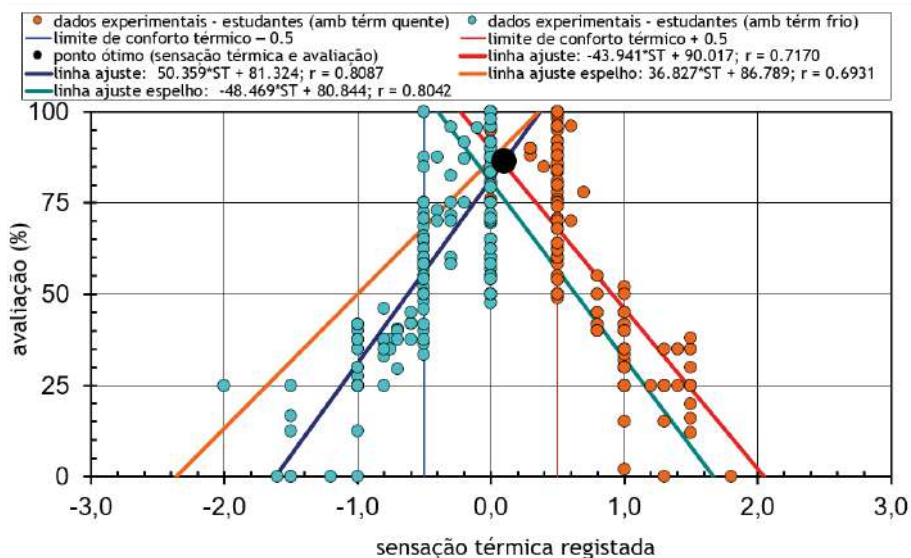


**Figura 5.** Influência da sensação térmica dos estudantes na avaliação.

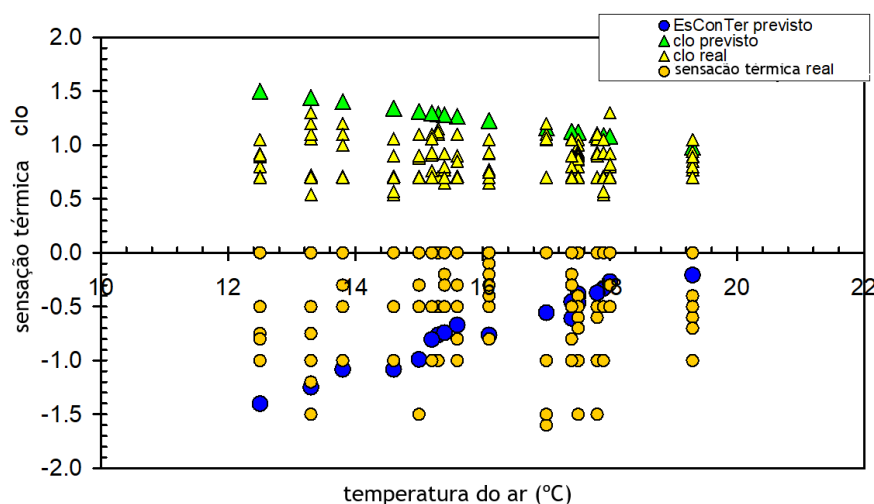
Para uma coleção de dados para a sala de aula durante ambiente térmico quente e frio a Figura 6 mostra as linhas de tendência para os resultados da avaliação face à sensação térmica registada na sala de aula.

É interessante que os declives das retas de ajuste seguem a mesma tendência como se um espelho se tratasse. O círculo a negro sugere o ponto ótimo para a sensação térmica e avaliação do estudante, ou seja, para uma sensação térmica próxima de +0,1 a avaliação regista cerca de 90%.

A Figura 7 mostra como a sensação térmica e o isolamento térmico do vestuário, registados e previstos, são influenciados pela temperatura do ar da sala de aula. Na figura, os triângulos de cor verde representam o isolamento térmico do vestuário previsto por aplicação do índice ITV (equação 2) e os triângulos de cor amarela o isolamento térmico do vestuário usado para as temperaturas registadas na sala de aula. Os círculos de cor azul representam a sensação térmica prevista, por aplicação do índice EsConTer e os círculos de cor amarelo-torrado a sensação térmica registada pelos estudantes na escala térmica de cor.



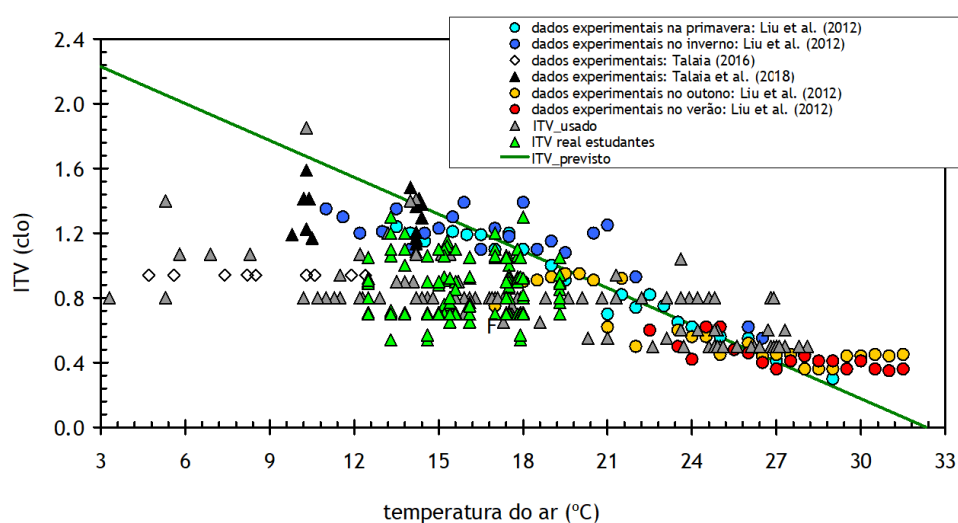
**Figura 6.** Sensação térmica e avaliação dos estudantes em ambiente térmico.



**Figura 7.** Temperatura do ar, sensação térmica e isolamento térmico do vestuário dos estudantes.

A observação a Figura 7 mostra inequivocamente que os estudantes usaram um isolamento térmico de vestuário, no geral, inferior ao previsto. Esta particularidade pode ser justificada devido ao ambiente térmico ser considerado de frio e o vestuário usado pelos estudantes não ser adequado para o critério de insuficiência de isolamento térmico da sala de aula face a influência das condições atmosféricas exteriores ao edifício. Por outro lado, a figura mostra que os estudantes registaram na escala térmica de cor uma sensação térmica com muita variabilidade o que confirma a subjectividade de um ambiente térmico face a sensação térmica que cada indivíduo regista. Por outro lado, pode-se afirmar que quando o ambiente térmico se aproxima de confortável o isolamento térmico do vestuário diminui, sugerindo um vestuário “mais leve”.

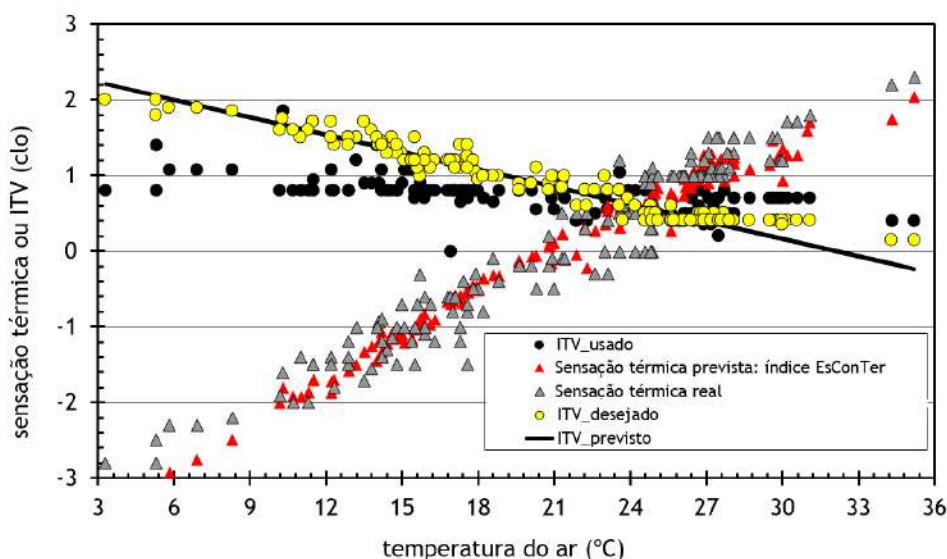
Na Figura 8 os círculos de cor azul céu representam dados experimentais registados na primavera, os de cor azul no inverno, os de cor amarelo-torrado no outono e os de cor vermelha no verão (LIU *et al.*, 2012), os losangos cegos representam dados registados durante a passagem de uma frente fria (TALAIA, 2016), os triângulos a negro representam dados experimentais numa industria de peixe congelado (TALAIA; TEIXEIRA; TAVARES, 2018), os triângulos de cor cinza representam dados experimentais de um ambiente frio a quente, entre cerca de 3°C a 28°C (TALAIA, 2018), os triângulos cor verde representam dados deste trabalho registados por estudantes em sala de aula e a linha a cheio de cor verde o modelo ITV (Isolamento Térmico do Vestuário) previsto, de acordo com a equação (2).



**Figura 8.** Influência da temperatura do ar no isolamento térmico do vestuário.

A observação da Figura 8 sugere que para ambientes térmicos considerados de frios a roupa que é usada apresenta um isolamento térmico inferior ao valor previsto o que suscita ao indivíduo uma sensação térmica de ligeiro frio, a frio e a muito frio. Os triângulos cor verde representam os dados deste trabalho e para estudantes em sala de aula. A grande maioria dos estudantes, para o ambiente térmico registado, revela que usam roupa insuficiente ou que apresentam um isolamento térmico inferior ao necessário para terem condições de conforto térmico. Esta situação revelou que estudantes registaram uma sensação térmica inferior a -0.5 o que influenciou os resultados da avaliação das questões problemas aplicados. Como mostraram Talaia e Silva (2016) num ambiente térmico de desconforto térmico regista-se uma diminuição de resultados de avaliação dos estudantes em sala de aula de cerca de 3,9% por cada °C de variação da soma da temperatura do ar e da temperatura do termómetro húmido.

A Figura 9 é o resultado de um conjunto alargado de dados em diferentes cenários (onda de frio, onda de calor, industria vidreira, industria congelação de peixe, metalomecânica em geral, ginásio de AeroStep, naves de vacaria de leite, escola, casa).



**Figura 9.** Influência da temperatura do ar no isolamento térmico do vestuário.

Inequivocadamente pode-se afirmar que os dados registados e os modelos usados estão em concordância para uma gama de temperaturas de cerca de 3°C a 36°C. A sensação térmica real está em concordância com o índice EsConTer (equação 1) e o valor do ITV usado e desejado está em concordância com o modelo de previsão ITV (equação 2).

### Considerações finais

Este estudo mostrou que é possível conhecer as sensações térmicas de conforto e desconforto de estudantes em sala de aula e a forma como aquelas condicionam a aprendizagem.

A análise dos resultados mostrou, inequivocamente, que os métodos usados neste trabalho são uma ferramenta importante para avaliar como situações de desconforto térmico podem condicionar o processo de aprendizagem num ambiente térmico considerado frio.

Concluiu-se ainda, que o processo de aprendizagem é afetado pelas condições termohigrométricas do ambiente que rodeia os estudantes. É importante salientar que a análise de resultados mostrou que quando o valor da sensação térmica registada pelos estudantes é inferior a -0,5 da escala sétima de cores, os resultados obtidos da avaliação de conhecimentos tendem a ser inferiores a 50%.

Espera-se, assim, que este estudo possa contribuir para serem tomadas medidas de estratégia para a melhoria de ambientes térmicos de salas de aula, por se ter demonstrado, inequivocamente, que os resultados de estudantes são influenciados pelo ambiente térmico da sala de aula onde ocorre o processo ensino e aprendizagem.

Na problemática atual de alterações climáticas, em que o aquecimento global é aceite, estudos desta natureza são importantes de modo a ser avaliado o conforto térmico como uma implicação no processo de ensino e de aprendizagem.

Nestes termos, como consideração final, a discussão de ideias face à Globalização deve fomentar que a escola prepare estudantes face ao novo paradigma, pois espera-se problemas num desfasamento temporal inferior a uma década. Os estudantes deverão ser preparados em três bases fundamentais, a *coragem*, a *inovação* e a *comunicação*.

Só um formador ou professor com estas três bases fundamentais bem enraizadas e com uma base poderosa de conhecimento científico poderá incutir no coração do formando a nova visão de cidadania, ou seja, o ser humano, não deverá permitir ser robotizado pelo sistema envolvente.

## Referências

- ASHRAE 55. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta: Ashrae, 2004.
- COLL, C. PALACIOS, J.; MARCHESI, A. **Desenvolvimento psicológico e educação: necessidades educativas especiais e aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- COSTA, E.R.Q.; BAPTISTA, J.S.; DIOGO, M.T.; MAGALHÃES, A.B. **Hot Thermal Environment and its impact in productivity and accidents**. Artigo apresentado em International Symposium on Occupational Safety and Hygiene – SHO, 2011.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1995.
- ISO 7730. **Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization, 2005.
- HOLMÉR, I. Cold stress: Part II, The scientific basis (knowledge base) for the guide. **Elsevier Ergonomics Book Series**, n. 1, p. 357-365, 2000.
- HOLMÉR, I.; GRANBERG, P. E.; DAHLSTROM, G. Ambientes fríos y trabajo con frío. **Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo-OIT**. 1999, Cap., 42, p. 32-60.
- KRÜGER, E.; DUMKE, E.; MICHALOSKI, A. Sensação de conforto térmico: respostas dos moradores da Vila Tecnológica de Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENAC, 6., 2001, São Pedro/SP. **Anais [...]**. São Pedro – São Paulo, Brasil: UNICAMP/UESCar/Associação Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, 2001, v. 1, p. 1-7.
- KRÜGER, E.L.; DUMKE, E.M. Avaliação integrada da vila tecnológica de Curitiba. **Tuiuti Ciência e Cultura**, v. 25, n. 3, p. 63-82, 2001.
- LAZZAROTTO, N. **Adequação do modelo PMV na avaliação do conforto térmico de crianças do Ensino Fundamental de Ijuí-RS**. 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- LIU, J.; YAO, R.; WANG, J.; LI, B. Occupants behavioural adaptation in workplaces with non-central heating and cooling systems. **Applied Thermal Engineering**, n. 35, p. 40-54, 2012.
- MORGADO, M.; TALAIA, M.; TEIXEIRA, L. A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. **International Journal of Industrial Ergonomics**, p. 1-11, 2015.



NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam. **Revista Electrónica em Educação Ambiental**, n. 10, p. 104-108, 2003.

REBELO, A.; SANTOS BAPTISTA, J.; DIOGO, M. T. Caracterização das Condições de Conforto Térmico na FEUP. In: GOEMS, J. F. S. et al. PROCEEDINGS CLME, 2., 2008, Porto; CONGRESSO LUSO-MOÇAMBICANO DE ENGENHARIA, 5., 2008, Porto; CONGRESSO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE: MAPUTO, 2., 2008, Porto. **Anais [...]**. Porto: Edições INEGI, 2008.

SANTOS, F. M.; COUTINHO, A. S.; ARAÚJO, B. T. Um estudo sobre a influência do forro de PVC no Conforto Térmico em Habitações Populares. In: ABERGO, 2002, Recife. **Anais [...]**. Recife: Abergó, 2002.

TALAIA, M. Riscos para a saúde num ambiente térmico frio: o vestuário e uma onda de frio. **Territorium**, n. 23, p. 43-50, 2016.

TALAIA, M. Como prever o isolamento térmico do vestuário para um ambiente térmico. In: LOURENÇO, L.; CASTRO, F. V. De (Coord.). **Pluralidade na diversidade de riscos**. Coimbra: Riscos, 2018. (Estudos Cindínicos). p. 117-132.

TALAIA, M. E SIMÕES, H. (2009). EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 5., 2009, Somet-Cuba. **Anais [...]**. Somet-Cuba, Sociedad de Meteorología de Cuba, 2009. p. 1612-1626.

TALAIA, M. E RODRIGUES, F. Conforto e stress térmico: uma avaliação em ambiente laboral. In: GOMES, J.F.S. et al. PROCEEDINGS CLME, 2., 2008, Porto; CONGRESSO LUSO-MOÇAMBICANO DE ENGENHARIA, 5., 2008, Porto; CONGRESSO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE: MAPUTO, 2., 2008, Porto. **Anais [...]**. Porto: Edições INEGI, 2008.

TALAIA, M.; SILVA, M. O ambiente térmico de uma sala de aula influencia os resultados de avaliação de um estudante. **Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria**, v. 9, n. 2, p. 67-76, 2016.

TALAIA, M.; TEIXEIRA, L.; TAVARES, I. Risco de fadiga em ambiente térmico frio: caso de uma industria de peixe. **Territorium**, n. 25 (I), p. 103-112, 2018.

TALAIA, M. E PINA, D. Tipo de circulação atmosférica que suscita risco de agudização de asma. **Territorium**, n. 23, p. 191-197, 2016.

WYON, D. (2010). **Thermal and air quality effects on the performance of schoolwork by children**. Disponível em: [http://web1.swegon.com/upload/AirAcademy/Seminars/Documentation\\_2010/Vilnius/David\\_Wyon.pdf](http://web1.swegon.com/upload/AirAcademy/Seminars/Documentation_2010/Vilnius/David_Wyon.pdf). Acesso em: 13 jun. 2013.



## O MODO DE PRODUÇÃO DA SOCIEDADE ATUAL E A QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

José Misael Ferreira do Vale<sup>1</sup>

Os resíduos sólidos têm, no espaço social contemporâneo, abrangência geral, acontecendo tanto no meio rural, como urbano. O acúmulo de material usado e descartado no mundo atual é impressionante e se constitui, sem dúvida alguma, em problema social, ambiental, econômico e sanitário capaz de efetivamente constituir-se em perigo para as populações, principalmente as mais carentes, que habitam, em todo o mundo, os lugares mais precários e insalubres da terra.

Sempre houve lixo sobre a face da terra, pois o ser humano jamais sobreviveria sem a dialética dos carecimentos humanos essenciais de um lado e sua relação direta com a natureza doadora de recursos para a alimentação das pessoas de outro lado a viver numa situação dialética, entre o mundo da natureza e o mundo do ser humano quando este, por **necessidade**, ao longo da temporalidade, descobriu o fato de a agricultura e a pecuária serem meios racionais de subsistência. A caça sempre produziu carcaças e, de início, graças aos abutres livramo-nos de muitas delas. O cultivo de cereais sempre produziu resíduos sólidos sob a forma de casca, folha e rejeitos abandonados ao longo das paisagens sujeitos ao efeito destrutivo do tempo. Em eras imemoriáveis, com a população humana ainda apoucada, os rejeitos sólidos eram abandonados na natureza que, ao longo do tempo, reciclava o resíduo seguindo o princípio, mais tarde enunciado por Lavoisier (1743-1794), químico francês, de que na natureza “nada se perde, tudo se transforma”. A afirmação do cientista, verdadeira quando se pensa mais efetivamente nos produtos naturais que antigamente eram consumidos pelos humanos, hoje, em parte, ainda verdadeira, tem a enfrentar dois problemas sérios: a gigantesca e crescente população viva no mundo e a emergência do consumo de mercadorias resultantes de manufatura em grandes complexos industriais que criaram novo modo de produção da existência humana.

Através da ciência e da tecnologia, o mundo atual se constituiu na era do plástico e do metal com base na industrialização irreversível do mundo contemporâneo. O modo de produção capitalista dominante gerou **mercadorias** não propriamente naturais em sua origem, mas como resultado de conhecimento novo gerado por investigação científica de laboratório e de transformação em setores de manufaturas e siderurgia. Lembro-

---

<sup>1</sup> Professor Doutor aposentado de Filosofia da Educação. Formado em Filosofia pela USP, mestrado pela FEUSP e doutorado pela PUS/SP. Professor primário, secundário, supervisor de Equipe Técnica da SEE/SP, Diretor da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru, no período de 1997-2001. Professor de Pós-Graduação em Marília e Bauru. Colaborador da Revista Ciência Geográfica, da AGB/Seção de Bauru (SP). Professor de Graduação e criador, quando diretor da unidade universitária, dos cursos de Pedagogia e Química da FC/Bauru. E-mail: [jmisaelvale@yahoo.com.br](mailto:jmisaelvale@yahoo.com.br).

me de como, na década de 1940, ainda criança, fiquei deslumbrado com o presente de um pequeno avião de celuloide, material que não conhecia até então. A Química gradativamente mudou o mundo e o plástico invadiu a terra por inteiro, morada tanto do rico como do pobre, a viverem ambos em seguida “num mar de rejeitos”. A indústria capitalista geradora de inúmeros produtos, inclusive de guerra, desenvolveu-se em quantidade e qualidade de **mercadorias** com o grave expediente, pois, após o uso, o objeto era abandonado ou se tornava imprestável e descartável. Lembro-me de como fiquei impressionado ao saber e ver através de filme como a sociedade japonesa, após a segunda guerra mundial, gerou a sociedade de objetos descartáveis. E o capitalismo se reforçou em termos de produção e circulação de mercadorias com a reposição sistêmica de produtos no âmago do modo de produção burguês. Esse fato colocou o produtor e o consumidor de bens e produtos diante da responsabilidade com o **futuro sustentável** do planeta somente possível quando se pensa numa economia criativa circular que, no limite, exige, sim, de toda população, **a consciência da necessidade** de pensar que a produção e o consumo, geradores de resíduos sólidos e não-sólidos, deverão ter destino previamente definido, sob pena de transformarmos o mundo num grande “lixão” com a descarga inadequada dos rejeitos poluindo as cidades, os rios, o campo.

A geladeira, o automóvel, o fogão, as roupas, os calçados, os brinquedos etc. foram fabricados para uso e descarte, segundo a lógica capitalista de que a televisão estragada não deveria ser consertada porque todo conserto ficaria, conforme o grau da avaria, tão caro a ponto de ser mais lucrativo adquirir novo aparelho ao invés de consertá-lo. A cena do morador japonês ao deixar, na calçada, à frente de sua casa, em Tóquio, enorme quantidade de material em desuso ou avariado me impressionou, anos atrás, quando ainda estava a frequentar curso na Universidade de São Paulo.

A crescente complexidade da produção contemporânea, simplesmente, tende a acentuar o desafio colocado pelo descarte de resíduos sólidos de todo tipo. Na América do Norte, considerada “o país do automóvel”, a produção de veículo automotor, ligado diretamente à mobilidade pessoal, sempre foi acompanhado de “a necessidade de inovar” o modelo de carro do ano anterior, em seu estilo e qualidade do motor. A necessidade cultural de adquirir “o modelo do ano”, signo de posição social, foi tão forte que impregnou a mentalidade de todas as classes sociais. O valor estético ligou-se ao valor mecânico do veículo, como máquina de estilo impressionante e mecânica de qualidade necessária à mobilidade rápida e, muitas vezes, objeto de ostentação do americano do norte, fato que se estendeu a quase todo ocidente.

A partir de 1950 o consumidor norte americano se rendeu às montadoras e passou a exigir carros grandes, confortáveis e potentes. Os famosos “carrões” (que por volta de 1950-1960 eram chamados de “banheiras” motorizadas) passaram a dominar o espaço social de então, à exceção do período da crise do petróleo (1970) que alterou o preço do combustível em muitos países com a valorização relativa de modelos de automóveis menores e mais econômicos.

Com o natural desgaste do veículo automotor, o descarte do carro passou a ser considerado fato normal que, a rigor, fomentou o processo contínuo de venda do veículo segundo a renovada e periódica modelagem e aperfeiçoamento mecânico do “objeto do sonho” de boa parte dos mortais, acolhida pelo modo de produção capitalista em desenvolvimento.

A produção de milhões de unidades de automóveis ao longo do tempo e o envelhecimento e fadiga natural do material viário fez surgir, em consequência, o inevitável processo de abandono dos veículos. A sociedade norte-americana, muito prática e tecnologicamente preparada, após a Segunda Grande Guerra, em sua prática social, reagiu tecnologicamente e criou o processo de esmagamento de veículos reduzindo-os a cubos de ferro de carro prensado, amassado a alimentar as indústrias de reciclagem de metal e indústrias siderúrgicas de reaproveitamento do resíduo

metálico. Hoje, como se sabe, o reaproveitamento de plástico, papel, papelão, vidro, cobre, alumínio etc. é atividade corriqueira em muitos países do mundo. O Brasil é, por exemplo, grande reciclador de latas de refrigerante e cerveja. Todavia, o mundo continua afogado em lixo produzido pelo eficiente modo de produção capitalista onde se vive. O consumo é grande e a quantidade de lixo aumenta em escala quase geométrica. E, esse fato primordial, leva-me a outras considerações que julgo oportunas.

Na maioria das sociedades contemporâneas o fabricante que produz a mercadoria para consumo da população não se responsabiliza, a rigor, pelos rejeitos de sua lucrativa prática social. A lâmpada queimada, a garrafa de refrigerante, a lata de cerveja, o jornal diário, o pote de manteiga ou margarina, o litro de óleo, o litro de vinho, a pilha usada, o frasco de detergente, a lata de cera, os copos descartáveis, os canudinhos para tomar sucos, as caixas de leite integral, as caixas de sorvete, a televisão estragada, o vaso partido, o pneu “careca”, o sofá rasgado, o móvel inutilizado e muitos outros objetos de uso cotidiano geram resíduos sólidos que podem ser reaproveitados em benefício das pessoas e da sociedade. A TV e as Escolas têm a respeito a oportunidade de evidenciar a importância social da reciclagem de resíduos sólidos.

Algumas prefeituras municipais recolhem rejeitos sólidos com certa regularidade, mas o hábito de separar os rejeitos secos dos rejeitos molhados ainda não faz parte da maioria dos lares no planeta. A prática de separação dos resíduos sólidos é **marca de cidadania** e deve fazer parte da **educação escolar** como ato e hábito de sustentabilidade a favor da natureza. Desde a educação infantil a prática de selecionar o lixo parece-me ação de valorização do ambiente e da natureza como um todo. Um ato de respeito ao ambiente que, de certa forma, nos abriga e nos solidariza com o próximo. A chamada “pegada ecológica” significa produzir com menos impacto no meio ambiente e com menos emissão de carbono. Isso exige **responsabilidade social** da população e do governo em relação ao meio ambiente da nação.

A população de certa maneira espera que os órgãos públicos resolvam os problemas ambientais. Quando não assistida pela coleta do lixo, o descarte dos rejeitos acontece em qualquer lugar. Os terrenos baldios, os córregos, os rios, o mar, a estrada e os caminhos são locais de desova de tudo que incomoda o morador desassistido pelo poder público através de falta de caminhões de coleta. Não raras vezes vê-se um sofá a boiar nas águas de rios importantes do Estado de São Paulo. Temos apenas dois ou três rios do Estado livres da poluição fluvial. O lixo, de fato, incomoda e a vontade de se ver longe dele leva a pessoa a cometer atos reprováveis em relação ao meio ambiente. Lembro-me que o Brasil descobriu certa feita que estrangeiros se livravam, no Atlântico, perto de nosso litoral, “contêineres” repleto de lixo. A existência dos “lixões”, a céu aberto, não deixa de ser uma prática, até certo ponto urgente, de resolver um problema urgente. Em março de 2009, uma relatora do Supremo Tribunal Federal votava contra a importação de pneus usados da Europa afirmando que “a autorização seria geradora de mais danos do que benefícios”, pois o objeto se transformaria, com o tempo, em produto danoso à saúde e ao meio ambiente. A notícia de *O Estado de São Paulo* informava que, em 2005, o país importara 10 milhões de pneus usados da Europa.

O volume de descarte era e é tão grande no mundo que a natureza não tem condições de reciclar os rejeitos de toda espécie gerados pelos humanos. Daí, a importância da **Educação Ambiental** como meio de formar comportamentos na mocidade estudiosa focados no respeito à limpeza das cidades e dos campos, com valorização de nossas florestas, rios e quedas de água que fazem do Brasil um dos países mais bonitos do planeta. Mas, diga-se a verdade: encontramos no interior do país rios com águas cristalinas que nos encantam e possibilitam a emergência do turismo rural de qualidade.

Quando se questiona o morador de algum nível de instrução sobre poluição a resposta é dizer da falta de costume e do hábito frequente de descarte adequado do material residual. E, quando se cobra dos produtores de mercadoria a obrigação de ajudar na manutenção do meio ambiente a resposta é direta: “já pago imposto para retirada do lixo”. O que tenho em mente é que não basta pagar imposto, mas ir além e perceber que a responsabilidade de manter o mundo limpo é tarefa de todos que entendem que o planeta é a nossa casa comum. Há mais. Penso que aqueles que se beneficiam da produção material no mundo atual devem ser inventivos e aplicar recursos no processo de aplicação de novos procedimentos na feitura de mercadorias a tentar que o rejeito sólido não seja abandonado por toda terra, nossa morada comum. É o caso da agronomia de qualidade que sugere o plantio direto, é o caso da indústria que aproveita aparas de papel e coleta de papelão conhecidos desde longa data. É a indústria que aproveita os resíduos sólidos nos fornos da usina. Os exemplos de reaproveitamento de resíduos sólidos são muitos e fortalecem a emergência de uma **“economia circular”** centrada numa “pegada ecológica” a exigir responsabilidade ambiental de todos.

Fiquei impressionado com as imagens de televisão sobre o mar repleto de embalagens plásticas a boiar por sobre a linha da água salgada. Fiquei triste ao saber, por meio de biólogos marinhos, que muitos animais que habitam os mares comem plástico e morrem com o passar do tempo. É o caso, por exemplo, de tartarugas, fato de nosso conhecimento. Isso quer dizer que os animais que vivem conosco neste mundo perecem devido à incúria dos próprios humanos que criam um mundo insalubre. Na verdade, emporcalhamos o mundo e tornamos a vida de todos os habitantes do planeta terra tão difícil como enfrentar os desastres naturais sobre os quais não temos muito o quê fazer, porque imprevisíveis e destruidores na sua essência. Um vulcão não pede licença para cobrir o mais verde vale de lavas e cinzas. Mas, o lixo humano cresce continuamente sem interrupção afogando a vida humana. Como é triste ver pela televisão milhares de pessoas em área de risco com as águas ribeirinhas repletas de lixo. Haveria necessidade de Educação Ambiental para as pessoas através de iniciativas visíveis de ações governamentais por meio de **mutirões de limpeza** feitas nos locais poluídos, criando nas populações a consciência de respeito pelo local de moradia. Coisa que alguns municípios do Estado de São Paulo fazem muito bem. É preciso agir e demonstrar que a população é parte da solução junto com o poder constituído. Sem a ação questionadora da sociedade civil a sociedade política permanece tranquila a usufruir das benesses do poder. É questão de evidenciar a **valoração positiva** diante de fatos negativos.

Qual é a saída para revertermos os males dos problemas ambientais. O principal, no começo da ação é tomar **consciência do problema ambiental** que afeta os humanos, os animais e vegetais. Devemos incluir os vegetais, também seres vivos, a compartilhar conosco o espaço comum de vida no planeta. A seguir, será preciso definir **as prioridades**. Estabelecidos **“os programas de ação”** exequíveis, há de se definir, também, **os fins e valores** (objetivos qualitativos) e as metas (alvos quantitativos) do programa escolhido, para fins de avaliação de resultados. Em prosseguimento, o problema é **definir o pessoal** e as **fontes de recursos financeiros**, bem como as agências e instituições públicas e privadas, parceiras comuns, interessadas na efetivação do programa.

Mas, não basta conhecimento, ação e parcerias. Definir as responsabilidades na *assistência* e *execução* do programa é fundamental tanto quanto o apoio político da sociedade, município, estado e nação. Penso, entretanto, que a ação consequente em relação aos rejeitos sólidos, deve residir no município, sede de domicílio da população e ponto crucial para o **financiamento social**. Todos ou quase todos os financiamentos e recursos devem ser encaminhados às cidades, o ponto que aglutina a população mercê da oferta dos bens sociais como educação, saúde, eletricidade, moradias,

emprego, abastecimento, lazer, igreja, hospitais públicos, postos de saúde pública, escolas públicas, entretenimentos variados etc. A falta de saneamento básico nas cidades empana o brilho das localidades. A falta de água potável é imperdoável, em muitos pontos, num país de recursos hídricos notáveis.

A título de sugestão ousou sugerir alguns “programas de ação”, de caráter social, que gostaria ver iniciados e concluídos. A estratégia do “programa de ação” é seguir, em relação aos **resíduos sólidos**, a ideia de aproveitar o próprio resíduo na elaboração de outra mercadoria para uso das pessoas e gerar um mundo melhor para todos, sem distinção de raça, cor, religião, sexo num mundo **menos desigual e mais civilizado**. Objetivo audacioso de cidadania, a desafiar a inteligência e a vontade humana.

Em relação ao plástico que invade o mundo, a indústria já possui tecnologia capaz de transformar o plástico flexível em plástico rígido para construção de muito objetos, inclusive moradia projetada para os deserdados do mundo. Quanta gente vive ao léu, sem casa. A pobreza tem origem social e é pela via do social que podemos diminuí-la. O ser humano é o único ser que ao “nascer numa dada circunstância é capaz de mudar as circunstâncias negativas em positivas, a seu favor”. A capacidade de transformação não é apenas da natureza, mas também do ser humano impulsionado pela vontade e pela inteligência.

Acredito que com vontade política, indústria, conhecimento e tecnologia reunindo pesquisa científica, ação política e instituições, ciência dos materiais, tecnologia de construção, engenharia, arquitetura, estudo ambientais e muito mais, seria possível tornar realidade o sonho de muitos pobres. Já se sabe que há maquinaria apropriada para o aproveitamento dos resíduos sólidos de construção. Há, também, máquinas formidáveis para transformar rejeitos vegetais como troncos, galhos e folhas em composto próprio para adubagem mista de canteiros e covas para plantio de essências vegetais tão importantes no processo de reflorestamento de áreas degradadas. Tecnologia inteligente não falta. Acredito, também, que conhecimento e vontade política mudam o mundo para melhor. Mas, como no modo de produção capitalista tudo custa dinheiro, tem valor de uso, mas, também, gasto a influenciar o valor de troca, somente o poder público (federal, estadual e municipal) poderá financiar projetos realmente sociais que aglutinem economistas com visão social em relação à pobreza, arquitetos, engenheiros, paisagistas, construtores, políticos (presidente, governadores, prefeitos, senadores, deputados federais e estaduais, vereadores), partidos políticos, clubes de serviço, servidores dos três poderes, estaduais e municipais, universidades, escolas públicas e privadas etc. num **mutirão para limpar a nação** e construí-la sob o signo da solidariedade humana. A “síntese do diverso” (sociedade política e sociedade civil) realizada com inteligência e vontade poderá mudar o Brasil e torná-lo exemplo vivo de cidadania comprometida com uma sociedade **menos desigual, mais solidária e fraterna**, menos suja, mais limpa em todos os sentidos.

Muitos dirão que tudo o que se disse não passa de fantasia de intelectual, de falta de percepção das dificuldades e coisas piores que não gostaria de enunciar, próprias de pessimistas de plantão e opositores de sempre da **cidadania responsável**. Acredito que o ser humano é capaz de barbaridades, mas também é capaz de atitudes nobres. Mas, nenhuma proposta de cidadania está livre de oposição ferrenha por todos que veem afrontas em propostas de valor que beneficiam o mundo pobre. É bom saber que nenhuma proposta positiva de cidadania escapa à cizânia daqueles que apostam num mundo de privilégios, desigualdades e autoritarismo. As forças do mal são forças reais de poder devastador. Vejam e sintam os malefícios das guerras e a quantidade de escombros que deixam num mundo devastado. Ainda bem que o ser humano é capaz, com inteligência e arte, reconstruir o que se destruiu em decorrência de desatino, orgulho, poder insano e desrespeito à natureza, esta a morada do ser

humano. Quanta matéria humana foi degradada, humilhada, perseguida, arruinada, morta num desperdício de mente e matéria. Quanto não se gastou para reerguer a Europa após a Segunda Grande Guerra e quantos não ganharam em dinheiro e poder com a vitória dos Aliados. Em termos de sofrimento humano a História está repleta de narrativa veraz, num mundo frio e injusto.

Triste a história da África, invadida, ameaçada, roubada, escravizada pela Europa, fazedora de guerras, detentora da ciência, filosofia, arte, música, religião e tecnologia no fim do século XIX e início do século XX, considerado pelo poder político de então como “o centro civilizatório do mundo” com direito, quase divino, de ocupar os lugares pobres e incultos.

Após tanta desumanidade parece que o mundo chamado civilizado, arrependido, de tanta insensatez, descobriu que o caminho a trilhar, agora, é a dominação pela **apropriação da tecnologia** em todas as atividades humanas. Dominar hoje, é dominar a tecnologia, seja material ou informacional. O espaço social atual é o espaço gerado pela ação de empreendedores, inventores, donos do dinheiro acumulado e da invasão cultural do mundo à iniciativa de “pioneiros”. É a minoria detentora do conhecimento e tecnologia a ditar os rumos da Humanidade através do modo de produção capitalista, abaixo da orientação do princípio da globalização da economia ditada pelos países na vanguarda no desenvolvimento. É sempre muito instrutivo informar que o modo de produção capitalista produziu numa escala nunca vista no mundo. Nenhum modo de produção de outrora chegou aos pés do modo burguês de produção, mas a produção fantástica de hoje veio acompanhada da miséria de milhões e milhões de marginalizados, desempregados, pobres e apartados de uma vida simples, mas digna e respeitosa. É desalentador ver que o capitalismo que criou maravilhas está sendo incompetente para resolver o problema da miséria no mundo sob sua governança.

O pior que às nações dependentes resta serem, apenas, caudatárias de decisões tomadas pelo Estado todo poderoso, síntese de parlamento, justiça, ministérios e órgãos burocráticos de governo além de instituições prisionais. Como nação organizada de cima para baixo, de modo prussiano, o Estado, como sociedade política, articula-se dialeticamente à sociedade civil, instância de inúmeras instituições (igrejas, clubes de serviço, associações, escolas, sindicatos, partidos políticos etc.) com poder de influenciar as camadas populares. Agora, mais do que nunca, a **informação e a comunicação** efetivas têm o dever de esclarecer as massas populares. Agora, as Agências de Comunicação, através do jornalismo de responsabilidade, propiciar às camadas populares o **esclarecimento devido** às massas. Essa tarefa além de necessária, constitui-se em prática política de todos que vivem no contexto do neoliberalismo dominante de nossos dias e não se deixam abalar pelas falsas notícias cujo motivo básico é a manutenção do poder nas mãos de pessoas sem vínculos com a maioria trabalhadora pobre.

O que se registrou, mais ao alto, não significa lamúria de deserdados, mas a **consciência da necessidade** de transformar radicalmente as práticas sociais no sentido de tornar realidade de fato, o **juízo de valor** enunciado no princípio de que “antes da mercadoria vem a pessoa” que num contexto, muitas vezes deteriorado socialmente, mesmo assim, colabora com seu trabalho diário para a produção, circulação e venda dos recursos materiais a gerar dividendos reais ao capital. A necessidade de salário para a sobrevivência mínima mantém o trabalhador amarrado às peias do poder.

Essa população numerosa de trabalhadores merece a atenção dos poderosos deste mundo para a construção de um mundo limpo de rejeitos sólidos, livre de rios poluídos, sem matas devastadas, terras empobrecidas, moradias deterioradas, empregos subtraídos, domicílios sem água potável encanada e saneamento básico para todos. Tudo isso passa pela adoção de uma **política de estado**, antes de qualquer *política de governo* cuja tarefa básica será “tornar realidade o sonho de muitos.” Ética e Política Social não se excluem quando se pensa numa nação de pessoas responsáveis.

Daqui a alguns anos seremos no planeta perto de 10 bilhões de pessoas num espaço planetário dimensionado *a priori*. Urge planejar o futuro, já que somos “seres energíveros”, isto é, consumidores vorazes de energia o tempo todo de nossa rápida passagem terrena. Somos, certamente, a primeira geração do século XX, a viver, de fato, uma crise ambiental, com a maioria da população vivendo em cidades populosas no mundo. O desafio futuro é acomodar todas as pessoas em habitações dignas e dar-lhes comida a preço razoável. A casa, a morada de todos é, com o trabalho bem remunerado, a causa maior de partidos honestos numa democracia liberal. É urgente pensar em casas adequadas para enfrentar situações críticas diante de possíveis mudanças climáticas. Penso que a moradia do futuro, financiada socialmente, em parte pela **economia social** gerada por recursos naturais (do petróleo, por exemplo) possa ser aplicada honestamente pelo **estado social**, em casas urbanas e rurais com alguns requisitos já existentes para os mais abonados financeiramente. Assim, gradativamente toda habitação financiada pelo **estado social**, dirigido às massas trabalhadoras populares, deveria ter:

- a) Painéis solares para geração própria de energia elétrica, hoje realidade efetiva para alguns e recurso caro para a população pobre que não tem condições de pagar a cara energia elétrica;
- b) Painéis para uso de água quente bastante requerida nas casas residenciais, atualmente realidade para apenas alguns mais abastados;
- c) Calhas apropriadas para coleta de água pluvial para uso doméstico geral, inclusive para sanitários;
- d) Biodigestor familiar e comunitário para geração de gás a partir de rejeitos de esgoto domiciliar de espaços sociais amplos, caso não haja rede de esgoto ;
- e) Saneamento básico para 100% das residências, dentro da filosofia de manter a natureza limpa e, ao mesmo tempo, oferecer água potável para todos.

Por último, devo dizer que um programa-de-ação **eminentemente social** é tarefa para muitos governos dentro do Estado Republicano de Direito, ao longo de várias décadas, em parceria com a iniciativa privada especializada, a seguir um código moderno de **construções sociais**, aprovado pelo Congresso democrático do país, capaz de repensar a economia ligada, atualmente, ao modo de produção capitalista. Cabe lembrar, também, que a luta por moradia adequada não exime a população das cidades e do campo da luta por manter as matas e rios despoluídos para resguardar a diversidade da fauna e flora. Sempre pensar que nós humanos somos intrusos na natureza. Antes de nós os animais já estavam neste mundo. O desafio é, certamente, político, ambiental, educativo, social e técnico. Vale apostar num mundo melhor através de **ação social** destinado a transformar o mundo pela raiz.





# AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA MUNICIPAL NOS SETORES DA SAÚDE E EDUCAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE AUXÍLIO PARA REDUÇÃO DE RISCOS E DESASTRES

Lidiane dos Santos Lima<sup>1</sup>

Isadora Vida de Mefano e Silva<sup>2</sup>

## 1 Introdução

Desde o século passado inúmeros cientistas, em diversas áreas de atuação, vêm se reunindo em conferências mundiais com o objetivo de propor soluções intra, inter e multisetoriais para as mudanças climáticas urgentes e potencialmente irreversíveis para as sociedades humanas. Um dos marcos globais mais importantes sobre o tema foi homologado em dezembro de 2015, na Conferência das Partes - Acordo de Paris, sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Nele foram adotados: a resolução “Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” na qual destaca-se o objetivo 13 - Ação contra a mudança global do clima; e o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres (ONU, 2015).

Os impactos relacionados às mudanças climáticas, como por exemplo, eventos extremos deflagradores de inundações e deslizamentos, são esperados com frequências cada vez maiores em áreas urbanas e rurais, afetando diversos setores, como recursos hídricos, produção de alimentos, zonas costeiras e saúde humana, em todas as esferas governamentais – nacional, estadual e municipal (MARTINS, 2010). Pensando na problemática desses impactos, a gestão de risco é necessária para que sejam realizadas análises que levem em consideração não só os extremos climáticos, mas também fatores humanos e meio ambiente, com a finalidade de reduzir os impactos dos desastres, propiciando sua gestão e estratégias de adaptação (CDKN, 2012).

Realizando um recorte em esfera municipal dessa problemática, torna-se cada vez mais necessária a implantação de medidas que auxiliem gestores e tomadores de decisão na redução de suas vulnerabilidades municipais. Para que essa redução aconteça na cidade, é fundamental que haja uma Gestão de Risco de Desastre (GRD) multisetorial, que propicie a operacionalização do processo em todas as suas etapas, ou seja, prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (GARCIAS; FERENTZ;

---

1 Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Maricá – RJ e Centro Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – RJ. E-mail: lidianelima.ocn@gmail.com.

2 Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). E-mail: isadoramefano@gmail.com.

### Agradecimentos

As autoras gostariam de agradecer as seguintes instituições que direta e indiretamente propiciaram suporte a pesquisa: Centro Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN-RJ), Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Maricá (SEPDEC), Secretaria de Educação de Maricá, em especial, Sheila Nascimento Elizeu - Chefe de Gabinete da Secretaria de Educação, Henrique Lombardo Martins - Assessor de Infraestrutura da Secretaria de Educação e Adriana Luiza da Costa - Secretária Municipal de Educação de Maricá, e Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

PINHEIRO, 2019). Dessa forma, a gestão municipal é um ator importante em todo o processo da Redução de Riscos e Desastres (RRD) pois é nesse nível onde ocorre a interlocução entre a população e os setores governamentais.

A criação e implementação de metas que levem em consideração, além de medidas que atendam a resposta durante um desastre, medidas voltadas também para todas as etapas do processo de Gestão de Risco de Desastre é necessária pois, considerar medidas que permitam o planejamento com antecedência para prevenção de riscos e reconstrução das cidades é fundamental e prioritariamente deve ser desenvolvido tanto pelas áreas setoriais, quanto pela sociedade civil, como recomendado pela ONU (2010). Com a finalidade de viabilizar e aprimorar a GRD da escala global à local, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs um conjunto de estratégias que atualmente está sendo regida pelo Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres (período 2015-2030), que foi antecedido pelos marcos internacionais: Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (década de 1990) e Marco de Ações de Hyogo (período de 2005 a 2015).

Como uma contribuição à Campanha Global 2010-2015, a ONU (2012) publicou - Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia para Gestores Públicos Locais. Nele foram descritos os 10 passos essenciais para a construção de cidades mais resilientes a desastres, sendo eles: Passo 1: Quadro Institucional e Administrativo; Passo 2: Recursos e Financiamentos; Passo 3: Avaliações de Risco e Ameaças Múltiplas – Conheça seu Risco; Passo 4: Proteção, Melhoria e Resiliência de Infraestrutura; Passo 5: Proteção de Serviços Essenciais: Educação e Saúde; Passo 6: Construção de Regulamentos e Planos de Uso e Ocupação do Solo; Passo 7: Treinamento, Educação e Sensibilização Pública; Passo 8: Proteção Ambiental e Fortalecimento dos Ecossistemas; Passo 9: Preparação, Sistemas de Alerta e Alarme, e Respostas Efetivos; e Passo 10: Recuperação e Reconstrução de Comunidades.

Nesse contexto, a resiliência e RRD devem fazer parte da GRD e das estratégias de desenvolvimento sustentável de uma cidade, evidenciando fortes alianças e grande participação popular. Aplicando os passos descritos acima, a ONU (2012) almeja que a utilização das informações geradas possa colaborar com as cidades e que levem os governos locais a compartilharem seus aprendizados, desenvolvendo indicadores e medidas de desempenho para acompanhamento de seus processos de GRD.

Tendo essa recomendação em mente, a presente pesquisa propõe um cruzamento de dados quantitativos do Setor Saúde e Educação do município de Maricá (RJ) que, de forma integrada, podem fornecer um retrato de como os conceitos de ameaça, exposição e vulnerabilidade (institucional) se conformam no território, podendo resultar num cenário de risco e na sua potencial transformação para uma situação de emergência por desastre em nível local. Cabe destacar que, uma das formas de vulnerabilidade institucional pode ser expressa no território através de equipamentos públicos em áreas de risco, pois, uma vez atingidos em situações de desastres, esses equipamentos se tornam um recurso a menos para as populações do seu entorno, justamente no momento em que se fazem mais necessários.

Pensando em estabelecimentos de saúde e educação, ambos possuem funções específicas, tanto no momento da emergência, quanto no pós-evento e nas etapas de reconstrução e recuperação do processo de GRD, como descrito no Passo – 5 de ONU (2012). Dessa forma, o objetivo geral do estudo foi avaliar a resiliência municipal de Maricá nos setores da saúde e educação, produzindo informações e conhecimentos que possam servir de instrumentos que auxiliem a RRD na GRD através da proposição de ações e estratégias que visem a mitigação dos impactos negativos advindos de eventos hidrológicos e geológicos, deflagradores de inundação e deslizamento, respectivamente.

O cumprimento do objetivo aqui descrito contribuirá, através de informações que possam subsidiar os gestores locais, na elaboração de políticas públicas voltadas para a RRD. Ressaltando que as referidas políticas apresentam vantagens e benefícios

governamentais como: um legado de liderança - fortalecimento da confiança e da legitimidade nas estruturas e autoridades políticas locais; vantagens sociais e humanas - vidas e propriedades salvas em situações de desastres ou emergências, com uma drástica redução de fatalidades e de sérios danos; crescimento econômico e geração de emprego - segurança para investidores na antecipação de pequenas perdas por desastres, levando ao aumento do investimento privado em residências, prédios e outras propriedades que passam a cumprir com os padrões de segurança; comunidades mais habitáveis - melhores condições de educação em escolas seguras e melhoria da saúde e bem estar; e articulação das cidades com especialistas e recursos nacionais e internacionais - acesso a uma rede em expansão de cidades e parceiros comprometidos com a resiliência aos desastres, para compartilhar boas práticas, ferramentas e conhecimentos técnicos e específicos.

## 2 Marcos globais para redução de riscos e desastres

No decorrer das últimas décadas foi registrado um aumento significativo de perdas danos, humanos, materiais e ambientais, associados a ocorrência de desastres naturais. Devido a isto a Organização das Nações Unidas (ONU) vem promovendo debates nesse eixo temático com o objetivo de intensificar esforços para promover a Redução do Risco de Desastres (VIANA; JOHNSON, 2017). Na Figura 1 é possível observar a evolução histórica dos marcos globais sobre a Redução do Risco de Desastres. O início se deu quando a ONU declarou a década de 1990 como a “Década Internacional para Redução dos Desastres Naturais”. Desde então diversas iniciativas vêm sendo realizadas com o objetivo de criar e fortalecer a cultura da redução de risco, preparação e prevenção em escala global.

A partir de 2015, contemporâneos ao Marco de Sendai – mais recente marco de referência para RRD, foram lançados mais dois grandes acordos globais, que formam uma agenda pós-2015, sendo eles: os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS e o Acordo Climático de Paris. Eles articulam um conjunto de metas e objetivos que, se alcançados, criarão um futuro onde progressos significativos serão concretizados para RRD, desenvolvimento sustentável e adaptação climática (ONU, 2016).

Mediante os marcos supracitados, fica evidente a urgência de ações voltadas para a criação da resiliência e adaptação climática, reconhecendo a influência da alteração climática no aumento em frequência e magnitude dos eventos extremos deflagradores de desastres. Um dos ODS, o décimo terceiro, trata justamente sobre as ações de combate à mudança global do clima, e tem a finalidade de reduzir seus impactos negativos, reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima (ONU, 2016). Não existe um ODS específico sobre desastres, mas existem metas que estão diretamente relacionadas com a agenda de RRD, assim como, sua associação com as agendas de Adaptação as Mudanças Climáticas, saúde e educação.



**Figura 1.** Linha do tempo que ilustra a evolução histórica dos principais Marcos Globais para Redução de Risco de Desastre (RRD).

Em 2012, o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC), que produz dados, metodologias e relatórios relevantes para tomadores de decisão do UNFCCC, lançou o Relatório Especial sobre Gerenciamento de Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Promover Adaptação à Mudança do Clima (SREX). Esse relatório foi realizado em resposta a uma reconhecida necessidade de fornecer conselhos específicos sobre mudança do clima, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos (extremos climáticos). De acordo com este relatório, as mudanças em vulnerabilidade e em exposição, e as mudanças nas condições meteorológicas e eventos climáticos extremos podem contribuir e se combinar para aumentar o risco de desastres. Desta forma, ressalta a necessidade tanto de gestão de risco de desastres, quanto de adaptação às mudanças climáticas dentro dos processos de desenvolvimento (CDKN, 2012).

## 2.1 Marco de Sendai

No ano de 2015, diversos especialistas e líderes mundiais se reuniram em Sendai, Miyagi – Japão, na 3ª Conferência Mundial sobre RRD, com o objetivo de avaliar as lições e as lacunas identificadas durante os 10 anos de implementação do Marco de Ação de Hyogo (2005). Avaliando as dificuldades enfrentadas na Gestão de Risco de Desastres (GRD), o marco destacou a importância da revisão de alguns aspectos estruturais, como: arranjos institucionais fracos; políticas não baseadas em informações; e a falta de regulamentação e incentivos para o investimento privado na RRD. Após análise foram propostas adoções iniciativas que abordassem a GRD de maneira mais ampla e focada nas pessoas, através de práticas multiriscos, inclusivas e acessíveis, considerando as vertentes intra e inter setoriais (VIANA; JOHNSON, 2017).

O "Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030" também considera as mudanças climáticas como um dos fatores que geram risco de desastres, e nos alerta para uma frequência e intensidade cada vez maior nos eventos, o que impede significativamente o progresso para o desenvolvimento sustentável (UNISDR, 2015). O mesmo marco reconheceu a saúde como uma contribuinte chave e beneficiário para o processo de redução do risco de desastres. Desta forma, aumentar a ação de saúde nesses dois amplos paradigmas de gestão, que são a Redução do

Risco de Desastres (RRD), e a Adaptação às Mudanças Climáticas (AMC), sob o guarda-chuva do desenvolvimento sustentável, tem um papel significativo a desempenhar neste processo (BANWELL *et al.*, 2018).

Conforme descrito por UNISDR (2015), o marco em questão tem como objetivo fortalecer a resiliência, a fim de alcançar o resultado esperado de redução de riscos e perdas por desastres. Para isso, faz-se necessário prevenir novos riscos e reduzir os existentes através da implementação de medidas econômicas, estruturais, jurídicas, sociais, de saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais integradas e inclusivas, que previnam e reduzam a exposição às ameaças e a vulnerabilidade a desastres, aumentar a preparação para resposta e recuperação, e, assim, aumentar a resiliência, uma de suas metas e indicadores globais.

A ênfase na ação antecipada para a construção da resiliência reflete uma mudança mais ampla na comunidade potencialmente afetada por desastres, afastando a ideia de gerenciar desastres e caminhando em direção à ideia da GRD. Dessa forma, o resultado esperado para os próximos 15 anos desde a adoção do marco, ou seja, 2030, é a redução substancial dos riscos de desastre e perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como de ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países (PETERS *et al.*, 2016).

Conforme descrito por Viana e Johnsson (2017) as quatro áreas prioritárias do “Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030” são: 1. **Compreensão do risco** de desastres; 2. **Fortalecimento da governança** do risco de desastres para a GRD; 3. **Investimento na redução do risco** de desastres para a resiliência; e 4. **Melhoria da preparação** para desastres visando a melhoria da resposta, de uma melhor reconstrução nas etapas de recuperação, reabilitação e reconstrução.

## 2.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Agenda pós – 2015

Em setembro de 2015, na 70ª Assembleia Geral das Nações Unidas, foram estabelecidos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em substituição aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Os ODS são a renovação e ampliação de compromissos assumidos e não concluídos nos ODM com uma nova roupagem e intitulado Agenda 2030. Esta nova agenda apresenta uma visão voltada para o futuro, especificamente nos próximos 15 anos a contar da adoção do marco (ONU, 2016).

A agenda 2030 começou a ser desenvolvida na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, Rio+20, realizada no Rio de Janeiro, Brasil em 2012. Nela foi anunciada a criação de um painel intergovernamental que teve como objetivo definir estratégias e ações no pós-2015 que culminariam nos ODS (OKADO; QUINELLI, 2016). O documento final da Rio+20 foi intitulado “Os 13 futuros que queremos” no qual um dos pontos abordados foi a RRD. O referido documento teve como objetivo, dentre outros, integrar em todos os níveis, práticas de resiliência a desastres. Nos ODS, a resiliência aparece em dois objetivos e oito metas, ligadas à pobreza, infraestrutura construída e assentamentos humanos, produção agrícola e vulnerabilidade a extremos e desastres climáticos. Contudo, faz-se necessário que seja estabelecido um vínculo explícito entre RRD e AMC com a finalidade de viabilizar a aceitação e utilização por governos nacionais (AIDMI, 2016).

De acordo com Gallo e Setti (2014), a formulação da Agenda do Desenvolvimento pós-2015 pode ser considerada com um avanço em relação à Agenda do Milênio. Tal avanço dar-se-á, pois, sua implementação é contextualizada em possibilidades de definição de uma agenda com uma nova visão, onde a produção e organização social é estabelecida de forma mais cooperativa e solidária. Esta visão inovadora viabiliza a promoção de justiça socioambiental mesmo que esteja condicionado a processos históricos de disputa

hegemônica. Sendo assim, há necessidade de articulações dos diversos atores e redes sociais que contribuam para implementação dos ODS e mecanismos de governança capazes de tornar real essa implementação territorialmente de maneira intersetorial e interescalar.

Uma das principais condicionantes da promoção integral de todos os ODS é a megatendência mundial ambiental que questiona o modelo de crescimento atual sem levar em consideração alternativas de desenvolvimento sustentável. Não havendo uma mudança no formato atual de crescimento é provável que não seja concretizado os dezessete ODS. O Acordo de Paris (ONU, 2015) é um exemplo dos esforços das Conferências das Partes (COPs) para promover um grande acordo climático que fosse capaz de reduzir as emissões de gases estufas e contivesse os efeitos do aquecimento global. Esse esforço é importante para a concretização do Objetivo 13, que visa tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. Contudo, é necessário destacar que, conforme concluído por Okado e Quinelli (2016), há duas lacunas principais na Agenda pós – 2015 da ONU que são: a ausência de parâmetros minimamente comuns e específicos para um modelo de desenvolvimento sustentável, e a falta de tratamento da problemática da governança global.

### 2.3 Acordo de Paris

No ano de 2015, ocorreu a 21ª Conferência das Partes da Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, COP-21, em *Le Bourget*, França. A referida conferência teve como objetivo estabelecer limites ao aquecimento global até o ano de 2100 através de um Acordo que substituísse o Protocolo de Quioto. Dessa forma, o Acordo de Paris estabelece um novo regime climático de alcance global e que institui responsabilidades a todas as Partes através de uma metodologia de “prometer e rever” (*pledge and review*). Esta metodologia prevê que cada Estado, além de apresentar objetivos, se compromete com suas metas de maneira realista e submetendo seus objetivos a revisão cada vez mais ambiciosa (KÄSSMAYER; FRAXE NETO, 2016).

Para estabelecer uma contextualização é necessário definir que o aquecimento global tem sua origem nas ações antrópicas, como, por exemplo, no consumo de combustíveis fósseis e desmatamento. Essa temática tornou-se foco do debate internacional ambiental, assim como destaque na tomada de decisões da agenda legislativa, econômica e de políticas públicas nacionais.

O Acordo de Paris, oficialmente entrou em vigor em novembro de 2016, e foi caracterizado como uma primeira etapa de um longo percurso que tem como objetivo geral de longo prazo, manter o aquecimento global significativamente abaixo de 2°C quando comparado com os níveis pré-industriais. Com o cumprimento desse objetivo espera-se que sejam evitados os efeitos climáticos de difícil reversão, como, por exemplo, elevação do nível dos mares, predominância de eventos climáticos extremos e impactos negativos sobre a segurança alimentar. Conforme destacado por Kässmayer e Fraxe Neto (2016) o presente Acordo concomitante estabeleceu que em um ciclo de cinco anos sejam revistos seus dispositivos. Essa revisão tem com finalidade o monitoramento do cumprimento da meta de elevação de temperatura, assim como, promover transparência às ações propostas por cada país.

O Acordo de Paris passa a representar o início de um novo paradigma climático e de sustentabilidade, que visa harmonizar política climática com desenvolvimento sustentável em todos os setores. Dessa forma, é reconhecido expressamente “a importância do compromisso em todos os níveis do governo, bem como outros atores diferentes, de acordo com as respectivas legislações nacionais das Partes, na luta contra a mudança climática” (ONU, 2015). A resiliência no referido Acordo é caracterizada como um componente integrante da adaptação às mudanças climáticas, vinculada a conceitos de construção de capacidade adaptativa e redução da vulnerabilidade às mudanças climáticas.

### 3 Resiliência municipal, um instrumento na gestão de riscos e desastres

O processo que reúne o planejamento, a coordenação e a execução das ações de respostas e de recuperação resultante de desastres conceitua **Gestão de Riscos Desastres (GRD)**. A GRD é reconhecida internacionalmente como uma estratégia decisiva para uma rápida e efetiva resposta ao desastre, que deve ser o resultado de ações voltadas para a prevenção e preparação, bem como na valorização de ações específicas voltadas para a recuperação e reconstrução (BRASIL, 2017). Para se pensar em GRD é necessário que se pense em cinco etapas principais, sendo elas a prevenção, mitigação e preparação – gestão de riscos – e, a resposta e reconstrução – gestão de desastres (EIRD, 2005).

Na gestão de riscos: a **prevenção** consiste na identificação de riscos, bem como os meios necessários pelos quais reduzi-los ou até mesmo impedi-los; na **mitigação** reduz-se os efeitos adversos identificados no que diz respeito a ameaças de degradação natural, tecnológica e ambiental; e **preparação** é a fase onde as atividades e medidas são tomadas com o intuito de propiciar meios a fim de que indivíduos e instituições minimizem perdas e danos durante os eventos. Na gestão de desastres: a **resposta** está associada as ações estratégicas, direções e mobilizações que serão realizadas rapidamente com a finalidade de reduzir os danos que os desastres podem causar, especialmente no que diz respeito às perdas humanas; e a **recuperação/reconstrução** ocorre quando são tomadas decisões e ações após o desastre que propiciem a melhora e recuperação das condições da comunidade afetada, além de propiciar a inclusão de novas medidas que auxiliem na RRD locais (EIRD, 2005). A recuperação/reconstrução deve ser a fase em que os principais fatores de risco sejam eliminados, dando oportunidade a comunidade afetada de condições melhores que as anteriores ao desastre para que futuramente esteja melhor preparada para o seu enfrentamento. E isso envolve também a reconstrução das estruturas através da operacionalização dos conceitos de resiliência e adaptação no contexto das agendas de Redução do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas (SILVA, 2019).

No contexto do presente estudo, resiliência é a capacidade da sociedade de resistir e adaptar-se mediante desastres naturais, tecnológicos e/ou ambientais. Dessa forma, os gestores e as comunidades resilientes tornar-se-ão ágeis na recuperação referente aos impactos advindos de desastres e assim conseguirão retomar as atividades cotidianas municipais em um curto espaço de tempo (GARCÍAS; FERENTZ; PINHEIRO, 2019). Com o intuito de colaborar com os gestores no que diz respeito a efetividade na GRD, é necessário a inclusão da resiliência no processo. Isso dar-se-á devido a resiliência objetivar a integração de todos os setores governamentais e sociais, onde a comunidade e o governo se tornem resilientes em todas as etapas da GRD. Devido a isso, a gestão municipal apresenta um papel preponderante nesse processo. Lembrando que os representantes locais são os primeiros que realizam as antecipações, gerenciamento e RRD na GRD (ONU, 2012).

Mediante ao exposto é possível afirmar que a resiliência permeia os três principais Marcos globais para RRD – Marco de Sendai, ODS e Acordo de Paris. Cada um deles articula a importância da resiliência na obtenção de mudanças globais em diversos setores, contextos e escalas. Os acordos firmados pós-2015 orientam ações definidas em escala global e que, no fim, serão concretizadas, ou não, em escala local. Esta última, portanto, é uma escala privilegiada para entender os principais impactos dos desastres e a capacidade de resposta dos diferentes setores para lidar com desastres.

De acordo com ONU (2012), o passo 5 – Proteção de Serviços Essenciais: Educação e Saúde, está contido entre os 10 passos essenciais para construção de cidades resilientes a desastres. Por instalações escolares e de saúde prestarem serviços sociais essenciais, é preponderante que esforços sejam realizados a fim de garantir a continuidade dessas instalações em momentos de maior necessidade. No decorrer e após um desastre, as

instalações escolares e de saúde apresentam funções essenciais como locais de cuidado, desenvolvimento, bem-estar e abrigo de sobreviventes. A resiliência municipal também é percebida no retorno das rotinas normais da educação de crianças, assim que possível, com a finalidade de evitar maiores repercussões sociais e psicológicas.

Segundo o Relatório de Avaliação Global sobre Redução do Risco de Desastres, realizado em 2011 pelas Nações Unidas (UNISDR, 2011), envolvendo 21 países e estados, nos últimos 20 anos houve um aumento exponencial no número de áreas locais que relataram perdas, número de casas danificadas, número de pessoas afetadas e danos às instalações de saúde e educação associadas a desastres. O aumento do risco está intimamente relacionado aos desafios que os países de baixa e média renda enfrentam ao lidar com os fatores subjacentes e reduzir a vulnerabilidade. Pensando em termos da vulnerabilidade institucional, essas escolas e estabelecimentos de saúde afetados se tornam um recurso a menos para a população, justamente quando mais precisam deles.

## 4 Metodologia

Nesse capítulo é descrita a metodologia aplicada ao presente estudo através da contextualização da área de estudo, estruturação metodológica e organização dos dados. Utilizar indicadores como ferramentas que auxiliem na RRD e por consequência na GRD é uma boa estratégia. Isso porque, eles permitem que as ameaças sejam identificadas e monitoradas, viabilizando a emissão de alertas, aos interessados, possibilitando assim antecipar e mitigar possíveis reveses na resiliência local.

### 4.1 Área de estudo

Maricá é um município da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (Figura 2). O referido município foi dividido em quatro distritos, sendo eles: Maricá (Sede), Ponta Negra, Inoã e Itaipuaçu; e em cinquenta bairros (Maricá 2010). Para acessar o município existem as opções via: Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106) – Niterói à Região dos Lagos; RJ-114 – Maricá à Itaboraí; RJ-104 (Niterói – Manilha); RJ-102 (Avenida Central Litorânea); RJ-118 (Distrito de Ponta Negra); e BR-101.

A população estimada do município para 2019, segundo IBGE (2020), é de cerca de 161.207 habitantes e a densidade demográfica registrada no Censo 2010 (IBGE, 2010) foi de 351,55 hab./km<sup>2</sup>. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) no mesmo Censo foi de 0,765 e o PIB *per capita* para 2017, R\$ 74.760,02.

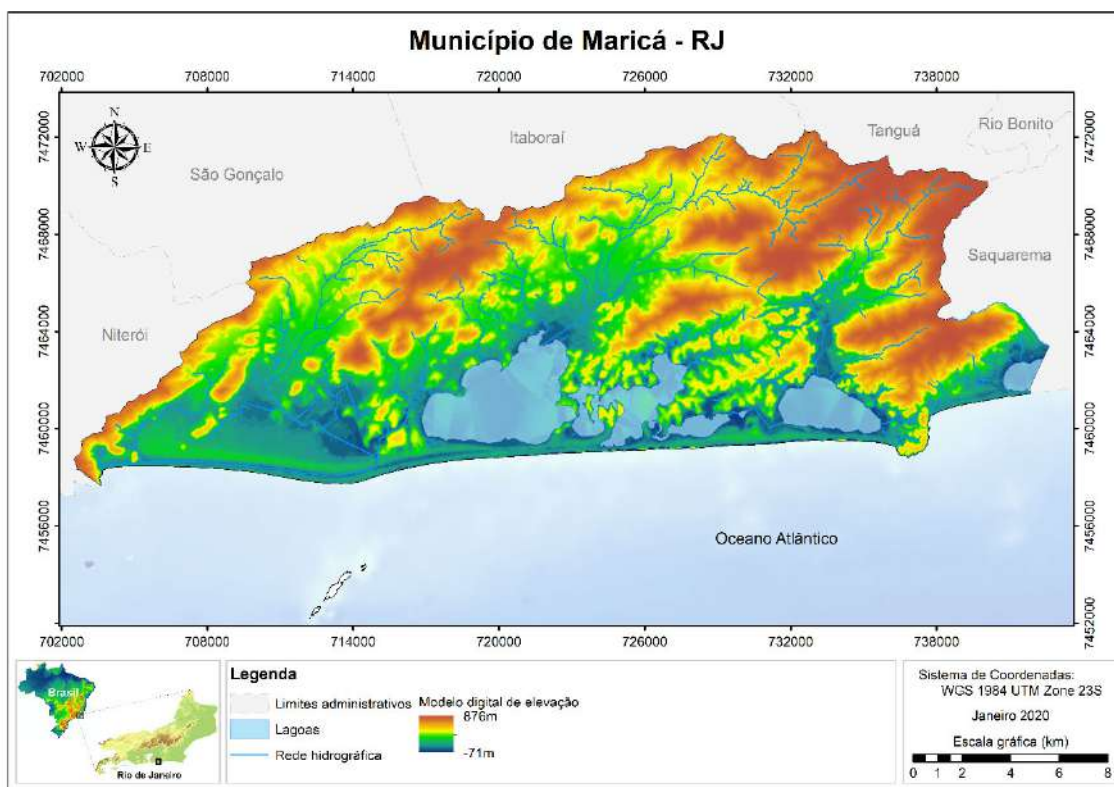
No Setor da Educação, em 2010, Maricá registrou a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de 96,4%. Para 2017 o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) para anos iniciais e finais do ensino fundamental na rede pública foi de 5,5 e 4,2, respectivamente. E em 2018 o IBGE registrou no referido setor 21.524 matrículas no ensino fundamental, 4.705 no ensino médio, 1.354 docentes no ensino fundamental, 440 docentes no ensino médio, 81 escolas de ensino fundamental e 21 escolas de ensino médio (IBGE, 2020).

No Setor da Saúde, em 2017, segundo IBGE (2020), Maricá registrou taxa de mortalidade infantil média de 13,84 óbitos por mil nascidos vivos. Esta taxa coloca o município na 32ª posição entre os 92 municípios existentes no Estado do Rio de Janeiro (ERJ). No cenário nacional sua posição passa a ser 2.176ª dentre os 5.570 municípios do Brasil. Em 2009 foram catalogados 26 estabelecimentos do Sistema Único de Saúde (SUS).

Segundo INEA (2020) em Maricá é possível encontrar diversas feições geomorfológicas, sendo elas: planícies fluviais e fluviomarinhas de 0 a 20m; colinas de 20 a 100m; morros de 100 a 200m; Serras isoladas e locais de 200 a 400m; Serras escarpadas acima de 400m; cordões arenosos; dunas; e restingas. O mesmo autor



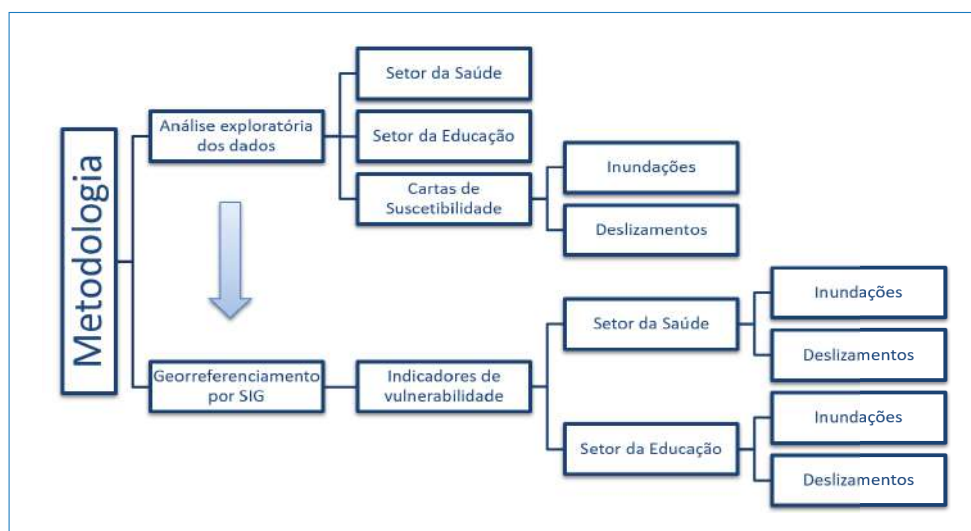
apresenta isoietas que variam de 1.112 a 1.412mm e isotermas de verão e inverno na faixa de 22 a 26°C e 17 a 20°C, respectivamente. Um fato que merece destaque é que o sistema Lagunar de Maricá, integrado pelas Lagoas de Guarapina, Padre, Barra, Maricá e Brava e pelos canais de São Bento, Cordeirinho e Ponta Negra, foi declarado Área de Proteção Ambiental (APA) conforme determinação contida no Art.1º e Art. 2º em Rio de Janeiro (1984), juntamente com sua faixa marginal.



**Figura 2.** Localização do município de Maricá – RJ, com sua rede hidrográfica principal e seu respectivo modelo digital de elevação (m).

## 4.2 Estrutura metodológica

Com o objetivo de avaliar a segurança de todas as escolas e estabelecimentos de saúde municipais existentes em Maricá diante a ocorrência de desastres de inundação e deslizamentos, a metodologia adotada foi realizada em duas etapas (Figura 3). A primeira correspondeu a análise exploratória dos dados e a segunda ao georreferenciamento realizado através de ferramenta de Sistema de Informações Geográficas (SIG). A análise exploratória dos dados foi dividida na aquisição dos dados relacionados aos setores municipais de saúde e educação, assim como as cartas municipais de suscetibilidade a desastres de inundações e deslizamentos. Mediante a conclusão da primeira etapa as informações foram compiladas e integradas através da ferramenta SIG, o que viabilizou a construção de indicadores de vulnerabilidade para os setores municipais da saúde e educação a desastres de inundações e deslizamentos.



**Figura 3.** Estrutura metodológica utilizada na pesquisa.

### 4.3 Organização dos dados

Para suscitar as discussões desta seção, propusemos a análise dos dados geoespaciais dos estabelecimentos dos setores municipais de saúde e educação de Maricá, juntamente com as Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações para o referido município (CPRM, 2017). A integração dos dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) permitiu transformar dados em informações relevantes que a *posteriori*, com a consolidação do conhecimento, poderá subsidiar tomadas de decisão no tocante da gestão do risco de desastres em escala local.

Os dados geoespaciais referentes aos estabelecimentos de saúde foram coletados junto ao Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES)<sup>3</sup>, que é o cadastro oficial do Ministério da Saúde (MS). A projeção cartográfica dos dados é a Universal Transversa de Mercator (UTM) e *Datum* WGS84. O arquivo disponível no CNES é um compilado de todo o país, do qual foram extraídos apenas os estabelecimentos públicos de saúde do município de Maricá. A coluna utilizada para selecionar os estabelecimentos é referente ao tipo de estabelecimento. Desta forma, foram selecionados estabelecimentos dos tipos: Pronto atendimento, Centro de atenção psicossocial, Unidade móvel de nível pré-hospitalar na área de urgência, Centro de saúde/unidade básica, Central de regulação do acesso, Unidade de vigilância em saúde, Central de gestão em saúde, Unidade móvel terrestre, Posto de saúde, Centro de saúde/unidade básica, Hospital geral e Pronto socorro geral.

Os dados do setor da educação foram cedidos gentilmente pela Secretaria de educação do município de Maricá. Neles estão contidos o georreferenciamento de todos os estabelecimentos municipais de educação para o ano de 2019. A projeção cartográfica dos dados é a Universal Transversa de Mercator (UTM) e *Datum* WGS84.

As Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações (CPRM, 2017) foram produzidas em atenção as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), conforme preconizado na Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012). As referidas Cartas indicam áreas suscetíveis à fenômenos e processos do meio físico cuja dinâmica pode gerar desastres naturais de origem hidrológica – inundações, e geológica – movimentos gravitacionais de massa. A escala é de 1:70.000 na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e *Datum* SIRGAS2000.

Utilizando o programa *ArcGIS*, versão 10.4, os arquivos de pontos referentes aos estabelecimentos de saúde e educação foram correlacionados com o arquivo de polígonos

das cartas de suscetibilidade a deslizamentos e inundações. O resultado nos permitiu construir indicadores de vulnerabilidade institucional, utilizando os dados de estabelecimentos de saúde e escolas em áreas de risco. Cabe ressaltar que, a partir do momento em que se identifica um equipamento público, como os estabelecimentos de saúde e escolas, em áreas classificadas como suscetíveis, passamos a chamá-las de áreas de risco, pois entende-se que já existe o potencial de perdas e danos, o que se configura como risco de desastre.

A construção dos indicadores de vulnerabilidade institucional foi feita utilizando informações do número total de estabelecimentos de saúde e escolas no município, e do número desses mesmos equipamentos que se encontravam em áreas identificadas como suscetíveis, e por classe de suscetibilidade. O cálculo do indicador está sistematizado nas equações abaixo:

$$ES\% \text{ em área de risco} = \left( \frac{\text{nº ES por classe de suscetibilidade}}{\text{nº total ES}} \right) * 100$$

Onde: ES – Estabelecimentos de Saúde

$$EE\% \text{ em área de risco} = \left( \frac{\text{nº EE por classe de suscetibilidade}}{\text{nº total EE}} \right) * 100$$

Onde: EE – Estabelecimentos de Educação

A análise de cada estabelecimento por setor, no que diz respeito a suscetibilidade combinada entre os desastres de inundação e deslizamento, foi realizada através de uma matriz de análise na qual foram atribuídos pesos para cada tipo de suscetibilidade de desastre e sua respectiva classe de acordo com a localização georreferenciada do respectivo estabelecimento (Tabela 1).

**Tabela 1.** Matriz de análise entre as suscetibilidades a inundações e deslizamentos, em suas respectivas classes, de acordo com as localizações georreferenciadas dos estabelecimentos de saúde e educação do município de Maricá (RJ).

Matriz de Análise		Inundação Alta	Inundação Média	Inundação Baixa
			3	2
Deslizamento Alta	3	6	5	4
Deslizamento Média	2	5	4	3
Deslizamento Baixa	1	4	3	2 e 1

## 5 Resultados e discussão

Em Maricá, como na maior parte do Brasil, historicamente, desastres costumam ser tratados pela ótica da resposta e normalmente no campo da defesa civil. No entanto, como incentivado em cenário internacional, pelos Marcos de Sendai, ODS e Acordo de Paris (ONU, 2015; UNISDR, 2015; ONU, 2016), essa temática precisa ser tratada com uma abordagem holística, multi, inter e transdisciplinar. Com a finalidade de que os riscos e desastres sejam incluídos de maneira eficiente nas políticas públicas que são impactadas e as impactam, é necessário que haja uma mudança, onde a construção do conhecimento seja subsídio para a operacionalização da RRD.

## 5.1 Vulnerabilidade municipal

Para reduzir o risco de desastres é preciso agir nas alterações das condições que estabelecem os elementos que compõem um cenário de risco, os chamados fatores de risco. Um cenário de risco é composto pela combinação de um evento que se constitua como uma ameaça, populações e infraestruturas expostas, em condições de vulnerabilidade, e com insuficiente capacidade de resposta. Nesta pesquisa, estamos considerando vulnerabilidade conforme definido por EIRD (2005), onde fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, sob determinadas condições, aumentam a exposição de pessoas, comunidades, bens ou sistemas em resposta aos efeitos das ameaças.

Conforme estabelecido por Maricá (2010), o município em questão apresenta área total de 363,90km<sup>2</sup>, onde a área territorial corresponde a 326,95km<sup>2</sup>, o espelho d'água a 36,54km<sup>2</sup> e Ilhas 0,41km<sup>2</sup>. Nesse contexto CPRM (2017), através das Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações classificou o território em três classes para esses desastres, sendo elas: baixa, média e alta.

Analisando as referidas cartas foi possível observar que, para o desastre hidrológico de inundação, a suscetibilidade do município ficou distribuída aproximadamente em 12% para baixa, 14% para média e alta suscetibilidades. Destacando que aproximadamente 60% do território maricaense não é suscetível a inundações (Figura 4 e Figura 6). No que diz respeito ao desastre geológico de deslizamento, a análise das referidas cartas nos leva a distribuição espacial de 53% classificada como baixa suscetibilidade, 26% média e 21% alta (Figura 5 e Figura 7). A seguir serão apresentadas as vulnerabilidades no setor saúde e educação do município de Maricá para os desastres de inundação e deslizamento.

### 5.1.1 Vulnerabilidade no Setor Saúde

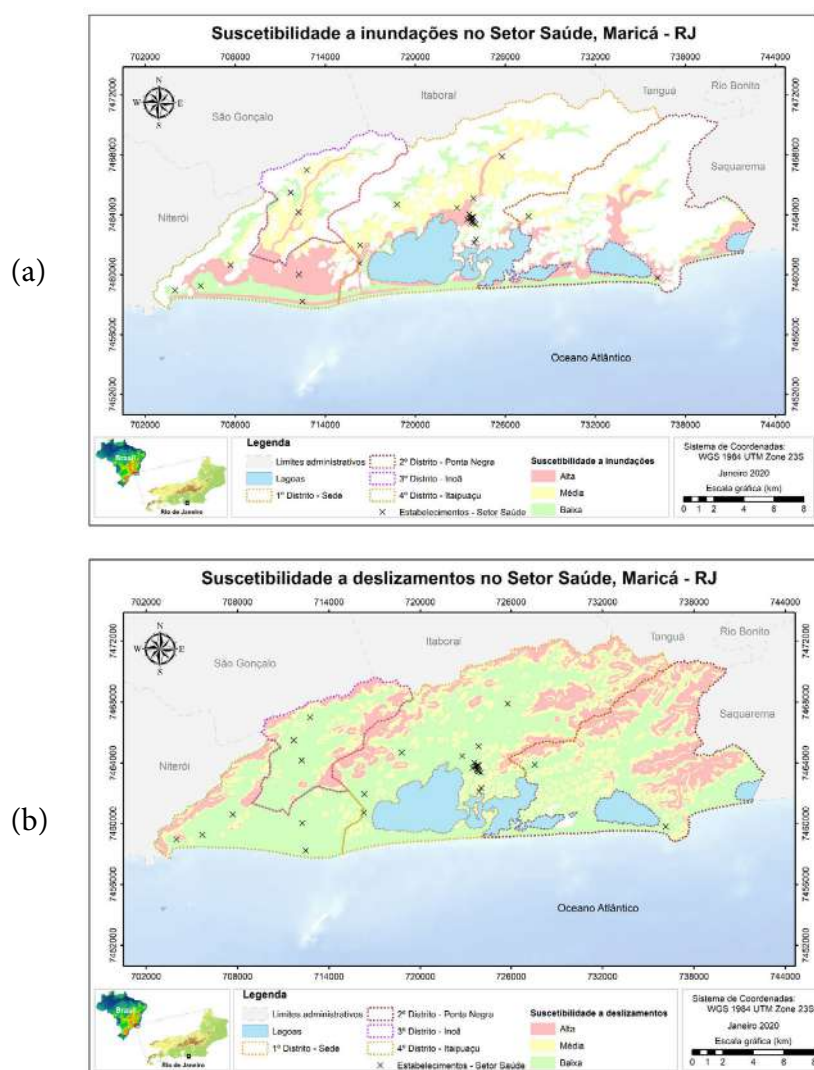
Após a análise dos dados como descrito no Capítulo 4 e esquematizado como na Figura 3 foi possível observar que, dos 45 estabelecimentos públicos registrados para o desastre hidrológico de inundação, 89% (40) estão localizados em alguma área suscetível (Figura 4a). Sendo assim, apenas 5 estabelecimentos públicos do Setor Saúde não estão suscetíveis a inundações no município. Quando passamos a olhar para a classificação da vulnerabilidade por classes, o indicador nos mostra que 33% estão classificadas como alta, 49% como média e 7% como baixa, correspondendo respectivamente a 15, 22 e 3 estabelecimentos (Tabela 2). Para o desastre geológico de deslizamento, todos os estabelecimentos estão localizados em alguma área de suscetibilidade (Figura 4b). Contudo, a análise dos dados nos mostra que nenhum dos estabelecimentos estão localizados em área de alto risco, e o maior número dos mesmos estão localizados em áreas de baixo risco, 43, o que corresponde a 96% do total de instalações. Somente 4% das unidades públicas de saúde maricaense estão logradas em áreas de média suscetibilidade a deslizamentos (Tabela 2).

Com o objetivo de correlacionar as suscetibilidades dos desastres de inundações e deslizamentos, foi elaborada uma matriz de análise que nos mostrou que 49% (22) dos estabelecimentos analisados estão localizados em áreas que combinam um grau médio com baixo de suscetibilidade (grau 3) seja de inundação ou deslizamento. O maior grau de vulnerabilidade encontrado foi o grau 4, que corresponde as combinações de desastres de inundação e deslizamento de classes: alta e baixa ou média e média. Para esse grau foram identificados 15 estabelecimentos, ou seja, 33%. Cabe ressaltar que não foram identificados estabelecimentos nos graus mais vulneráveis, 5 e 6, para a combinação dos desastres considerados na presente pesquisa. Na Tabela 3 é possível verificar o grau de vulnerabilidade a desastres de inundações e deslizamentos de cada estabelecimento público do Setor Saúde do município de Maricá (RJ).

**Tabela 2.** Indicadores de vulnerabilidade institucional dos estabelecimentos do Setor Saúde, Maricá (RJ).

Tipos de suscetibilidade	Total Estabelecimentos - Setor Saúde	Classes	Total Estabelecimentos por classe	Indicador por classe (%)
Inundações	45	Alta	15	33
		Média	22	49
		Baixa	3	7
		<b>Total*</b>	<b>40</b>	<b>89</b>
Deslizamentos	45	Alta	0	0
		Média	2	4
		Baixa	43	96
		<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

\*Total de Estabelecimentos – Setor Saúde em área suscetível a inundações.



**Figura 4.** Distribuição espacial dos 45 estabelecimentos públicos do setor da saúde municipal em relação a suscetibilidade a inundações (a) e deslizamentos (b) (adaptado de CPRM, 2017), Maricá (RJ).

**Tabela 3.** Grau de vulnerabilidade a desastres de inundações e deslizamentos de cada Estabelecimento público do Setor Saúde como resultado da matriz de análise.

Estabelecimento - Setor Saúde	Tipo	Matriz de Análise
Secretaria Municipal de Saúde de Maricá	CGS	3
Central de Regulação Municipal de Maricá	CRA	3
Centro de Atenção Psicossocial de Maricá	CAP	4
Centro de Atenção Psicossocial Álcool e Drogas Caps Ad	CAP	2
Centro de Atenção Psicossocial Infante Juvenil de Maricá	CAP	4
PSF Inoã 2	CS/UB	2
PSF São José 2	CS/UB	3
Consultório na Rua Maricá	CS/UB	3
PSF Corderinho	CS/UB	4
PSF Carlos Mirighella	CS/UB	4
PSF Carlos Alberto Soares de Freitas	CS/UB	4
PSF São José	CS/UB	3
PSF Chácara de Inoã	CS/UB	3
Núcleo de Apoio a Saúde da Família Distrital	CS/UB	3
PSF do espraído	CS/UB	4
PSF Barra	CS/UB	4
PSF Jardim Atlântico	CS/UB	4
Posto de Saúde Santa Rita	CS/UB	4
PSF Ponta Grossa	CS/UB	4
PSF Recanto	CS/UB	2
PSF Bambuí	CS/UB	4
Posto de Saúde Central	CS/UB	3
PSF Bairro da Amizade	CS/UB	1
PSF Inoã	CS/UB	3
PSF Retiro	CS/UB	3
PSF Mumbuca	CS/UB	3
PSF Santa Paula	CS/UB	1
PSF Ubatiba	CS/UB	1
PSF Guaratiba	CS/UB	4
Hospital Municipal Conde Modesto Leal	HG	3
Posto de Saúde Itaipuaçu	PS	2
Posto de Saúde São José	PS	3
Posto de Saúde Ponta Negra	PS	4
Posto de Saúde Inoã	PS	2
Posto de Saúde Caju	PS	3
UPA Maricá 24h	PA	3
Casa de Saúde São Vicente Ltda	PA	3
Clínica Médica Maricá	PSG	3
Vigilância em Saúde de Maricá	UVS	3
Vigilância Sanitária	UVS	3
SAMU 192 Base Maricá HMCML Motolância 07	UMU	3
SAMU 192 Base Maricá HMCML USB 10	UMU	4
SAMU 192 Base Maricá HMCML USA 07	UMU	4
Unidade Móvel Luiz Fernando Caetano	UMT	3
Unidade Móvel 2	UMT	3

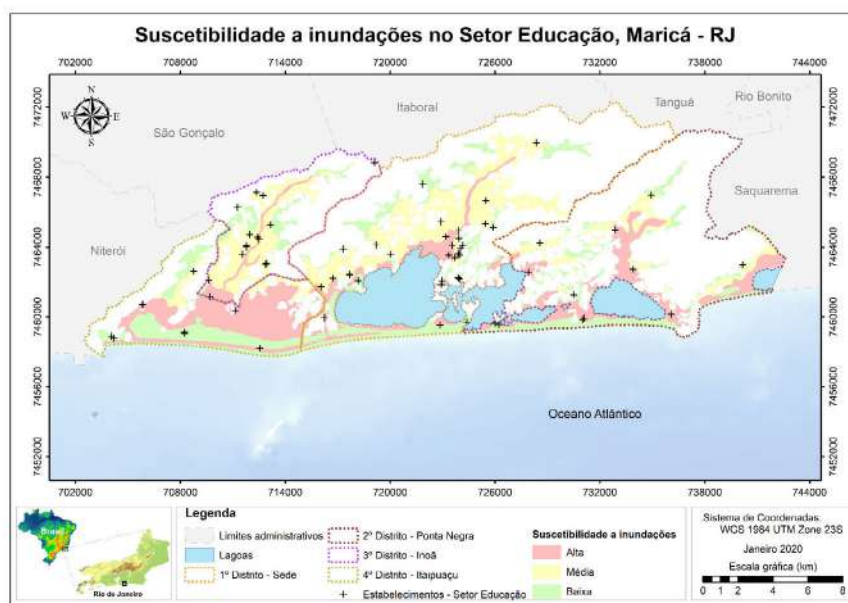
\*CGS - Central de Gestão em Saúde; CRA - Central de Regulação do Acesso; CAP - Centro de Atenção Psicossocial; CS/UB - Centro de Saúde/Unidade Básica; HG - Hospital Geral; PS - Posto de Saúde; PA - Pronto Atendimento; PSG - Pronto Socorro Geral; UVS - Unidade de Vigilância em Saúde; UMU - Unidade Móvel de Nível Pré-Hospitalar na Área de Urgência; e UMT - Unidade Móvel Terrestre.

### 5.1.2 Vulnerabilidade no Setor Educação

Já para o Setor Educação, os dados analisados nos mostraram que, dos 67 estabelecimentos educacionais georreferenciados, 79% (53) estão localizados em alguma área suscetível a inundações (Figura 5a). Dessa forma, 14 estabelecimentos públicos educacionais não estão suscetíveis a inundações no município. Analisando a classificação da vulnerabilidade por classes, o indicador nos mostra que 21% estão classificadas como alta, 36% como média e 22% como baixa, correspondendo respectivamente a 14, 24 e 15 estabelecimentos (Tabela 4). No que diz respeito ao desastre geológico de deslizamento, assim como ocorrido no Setor Saúde, todos os estabelecimentos estão localizados em alguma área de suscetibilidade (Figura 5b). No entanto, a análise dos dados nos mostra que nenhum dos estabelecimentos estão localizados em área de alto risco. E o maior número deles estão localizados em áreas de baixa suscetibilidade a deslizamentos, 62 estabelecimentos educacionais, o que corresponde a 93% do total. Somente 7% das unidades públicas municipais de educação estão logradas em áreas de média suscetibilidade a deslizamentos (Tabela 4).

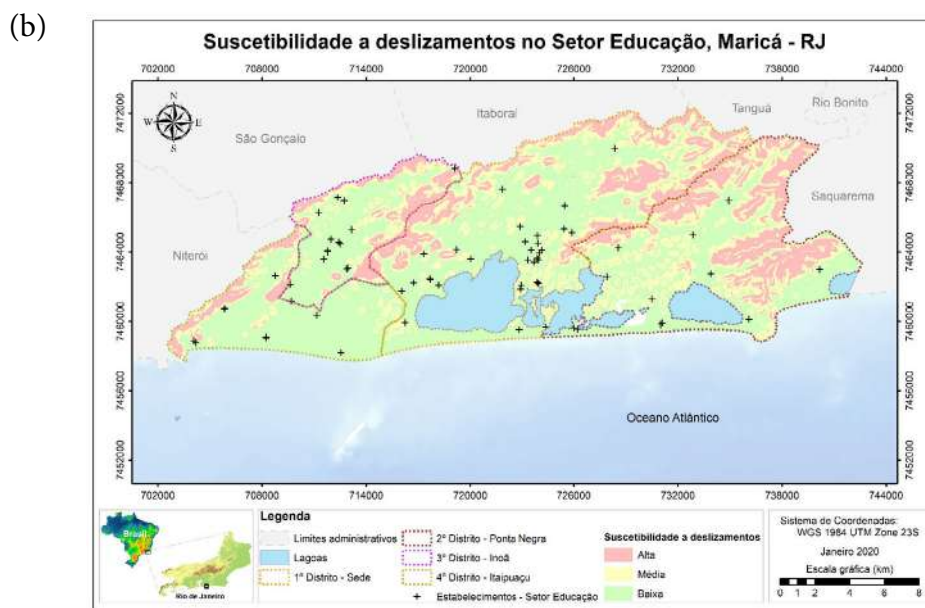
Com o objetivo de correlacionar as suscetibilidades dos desastres de inundações e deslizamentos foi elaborada uma matriz de análise que nos mostrou que 36% (24) dos estabelecimentos analisados estão localizados em áreas que combinam um grau médio com baixo de suscetibilidade (grau 3) seja de inundação ou deslizamento. O maior grau de vulnerabilidade encontrado foi o grau 4, que corresponde as combinações de desastres de inundação e deslizamento de classes: alta e baixa ou média e média. Para esse grau foram identificados 14 estabelecimentos, ou seja, 21%. Destaca-se que, como ocorrido no Setor Saúde, o Setor Educação também não registrou estabelecimentos nos graus mais vulneráveis, ou seja, 5 e 6. Na Tabela 5 é possível verificar o grau de vulnerabilidade a desastres de inundações e deslizamentos de cada estabelecimento público do Setor Educação do município de Maricá (RJ).

(a)



continua

continuação



**Figura 5.** Distribuição espacial dos 67 estabelecimentos públicos do setor da educação municipal em relação a suscetibilidade a inundações (a) e deslizamentos (b) (adaptado de CPRM, 2017), Maricá (RJ).

**Tabela 4.** Indicadores de vulnerabilidade institucional dos estabelecimentos do Setor Educação, Maricá (RJ).

Perigo	Total Estabelecimentos - Setor Educação	Classes	Total Estabelecimentos por classe	Indicador por classe (%)
Inundações	67	Alta	14	21
		Média	24	36
		Baixa	15	22
		Total*	53	79
Deslizamentos	67	Alta	0	0
		Média	5	7
		Baixa	62	93
		Total	67	100

\*Total de Estabelecimentos – Setor Educação em área suscetível a inundações.



**Tabela 5.** Grau de vulnerabilidade a desastres de inundações e deslizamentos de cada Estabelecimento público do Setor Educação como resultado da matriz de análise.

Unidade Educacional	Matriz de Análise
CEIM. Recanto da Amizade	2
E.M. Reginaldo Domingues	2
E.M. Rodrigo Monteiro	2
Creche Sidneia da Silva Costa	2
E.M Ondina	2
Ataliba Fechado	3
E.M. Alfredo Nicolau	2
Secretaria de Educação	3
E.M. Amanda Pena	3
E.M. Profª Alcione	1
E.M. Antônio Rufino	4
CEIM Pinguinhos de Luz	3
E. M. Brasilina Coutinho	3
E.M. Aniceto Elias	2
E.M. Benvindo Taques Horta	3
E.M. Antônio Lopes da Fontoura	3
E. Municipalizada Barra de Zacarias	2
E.M. Carlos Magno	4
CEIM. Casa da Criança de Inoã	3
E.M. Cônego Batalha	2
CEIM. Casa da Criança de Itaipuaçu	3
CAIC Elomir Silva	3
E.M. Prof. Dilza da Silva Sá Rego	2
E.M. Dirce Marinho Gomes	3
E.M. Prof. Darcy Ribeiro	4
E.M. Estrelinhas do Amanhã	1
E.M. Jacinto Luiz Caetano	3
CEM. Joana Benedita Rangel	3
E.M. Joaquim Eugênio	4
E. M. João Pedro Machado	3
E. M. João Monteiro	2
E.M. Ver. Levy Ribeiro	3
E.M. Maurício Antunes	2
E.M. Min. Luiz Sparano	2
Mata Atlântica	2
E.M. Marquês de Marcá	4

continua

continuação

Unidade Educacional	Matriz de Análise
E.M. Marcus Vinicius	1
CEIM Nelson Mandela	3
E.M. Ver. Osdevaldo M. da Mata	1
E.M. Osvaldo Lima Rodrigues	4
E.M. Pindobas	1
E. M. Pedro Augusto	3
E. Municipalizada do Retiro	1
E.M. Robson Mendonça Lou	3
E.M. Rita Sampaio Cartaxo	3
Sarem - Rinalda	3
Valeria Ramos Passos	2
JIM. Trenzinho da Esperança	2
Maria Cristina de Lima Corrêa	2
Guaratiba	2
José Carlos de A. e Silva	4
Prof. Romilda dos Santos	3
Marisa Letícia Lula da Silva	3
Clerio Boechat de Oliveira (Pedra da Mata)	1
Carlos Manoel	4
Creche Santa Paula	1
São Bento da Lagoa	1
Aldeia Indígena - São José	4
Marilza da C. R. Medina	4
Romilda Nunes (MCMV - Inoã)	3
Ataliba de M. Domingues	4
João da Silva Bezerra	2
Municipalizada de Inoã	3
Lucio Thomé	4
Alcebiades	2
Creche Pirilampo	4
Slm	4

## 5.2 Gestão Municipal de Riscos e Desastres

O desenvolvimento dos indicadores de vulnerabilidade apresentados na seção 5.1 teve como objetivo corroborar na avaliação da resiliência municipal maricaense nos setores saúde e educação frente aos desastres hidrológicos e geológicos de inundação e deslizamento, respectivamente. A avaliação supracitada pode funcionar como instrumento de auxílio para RRD que por consequência pode colaborar com a

Gestão de Riscos e Desastres (GRD). Como ocorrido na maioria dos governos locais do Brasil (DALMAU; MACHADO; FRAN, 2015), os gestores locais de Maricá carecem de informações que os auxiliem na tomada de decisão na temática dos impactos negativos no meio urbano e nos serviços ecossistêmicos locais. Cabe destacar que, assim como ressaltado por ONU (2010), é importante ter consciência que as ameaças advindas de desastres e/ou eventos naturais e tecnológicos sempre existirão. Contudo, cabe, dentre outros, à gestão municipal de riscos de desastres tornar a cidade resiliente através de ações que mitiguem e até mesmo eliminem os impactos negativos desses desastres.

Em Maricá, de acordo com os dados analisados, para o setor saúde e educação o pior cenário encontrado foi o de grau 4 no que diz respeito a vulnerabilidade combinada entre os desastres de inundação e deslizamento. O grau 4, nesse contexto, significa que a maior parte dos estabelecimentos de saúde e educação públicas estão localizados em áreas que combinam classes de suscetibilidade alta e baixa ou média e média entre os tipos de desastres analisados. Especificamente para saúde foi encontrado 33% dos seus estabelecimentos nesse cenário e 21% dos estabelecimentos educacionais públicos.

Analisando pela ótica dos tipos de desastres, para inundações a vulnerabilidade da saúde apresentou, em seu pior cenário, 49% de seus estabelecimentos em áreas de risco, e 36% para saúde e educação, respectivamente, contidos na classe média. Já para o desastre deslizamentos, tanto o setor saúde quanto educação apresentaram os maiores percentuais dos estabelecimentos em áreas de baixa suscetibilidade, 96% e 93%, respectivamente. Essa alta concentração na classe referente a baixa suscetibilidade a deslizamento é uma distribuição esperada. Isso porque, o desastre deslizamento passa à população uma maior percepção de risco de desastre quando comparado a inundação, por exemplo.

Sendo GRD a aplicação das políticas e estratégias de RRD com a finalidade de evitar novos riscos, mitigar os riscos existentes e gerenciar os riscos residuais de desastres, a contribuição para o fortalecimento da resiliência e redução de perdas decorrentes de desastres possui um importante papel (UNDRR, 2016). A Gestão Municipal de Riscos e Desastres (GMRD) de Maricá deve ser feita com base no envolvimento das comunidades potencialmente afetadas em casos de desastres. Lembrando que os setores analisados na presente pesquisa, saúde e educação, prestam serviços sociais essenciais para a população local durante e depois de um desastre, onde se abrigam, frequentemente, os sobreviventes. Destacando ainda que as rotinas normais educacionais da população infanto-juvenil local devem ser retomadas o mais breve possível com o intuito de evitar e/ou mitigar repercussões sociais e psicológicas.

Os desastres naturais abordados nessa pesquisa, inundação e deslizamento, em uma visão generalizada sobre ameaças naturais e problemas urbanos afetam as cidades de diferentes maneiras. Contudo, potencialmente, atingem em resposta de como as autoridades lidam com o adensamento populacional, célere urbanização e degradação ambiental. ONU (2010) chama a atenção que as inundações são ameaças urbanas que estão aumentando sua frequência de ocorrência cada vez mais devido ao uso e ocupação da terra, que tem transformado o solo mais compactado e concretado, o que os deixam incapazes de absorver água. Outro fator que vem corroborando com o aumento de eventos de inundação em meio urbano são as obras de engenharia que desviam rios e cidades que não possuem sistemas de drenagem eficientes. Alinhado a esses fatores ainda possuem as habitações instaladas de forma inadequada nas margens dos rios ou próximas a deltas, resultando em construções em área de risco.

Na mesma linha de raciocínio ONU (2010) no desastre geológico de deslizamento mostra que o aumento no número de construções inadequadas em encostas, penhascos ou nascentes de rios de vales montanhosos alinhados, a precariedade de infraestrutura de proteção e drenagem resulta na população exposta aos riscos de deslizamentos associados a chuvas, saturação de solo ou atividade sísmica.

Dessa forma, os gestores públicos de Maricá devem ficar atentos ao risco de desastres ambientais urbanos que tem sua origem no crescimento da população e aumento de densidade urbana, governança local debilitada, desenvolvimento urbano sem planejamento, áreas para população de baixa renda, construções vulneráveis, declínios dos ecossistemas e concentração de renda. Cabe ressaltar, que cada tópico citado anteriormente tem ligação direta com a distribuição e construção dos estabelecimentos públicos no setor da saúde e educação por se tratar de serviços básicos em uma comunidade.

No cenário atual de mudanças climáticas, o risco de desastres tende a continuar aumentando em todos os níveis. Isso porque, pessoas e ativos vulneráveis, como estabelecimentos públicos da saúde e educação, por exemplo, estarão cada vez mais expostos a eventos climáticos extremos. O aumento na ocorrência de eventos extremos, deflagradores de inundações e deslizamentos, aumentarão a distribuição heterogênea do risco entre áreas de maior e menor poder aquisitivo (CDKN 2012). Como preconizado por ONU (2015) é reconhecido que a mudança climática é uma preocupação comum da humanidade e todos os níveis de governança devem tomar medidas para combatê-la. Dessa forma, adotando a resolução preconizada pela ONU (2016) através do ODS 13 e adoção do Marco de Sendai para RRD, reconhecendo que as mudanças climáticas representam uma ameaça urgente e potencialmente irreversível para a sociedade.

De acordo com as vulnerabilidades institucionais encontradas nas análises realizadas no presente capítulo algumas ações a seguir são listadas com o objetivo de subsidiar o gestor municipal de riscos e desastres bem como agentes da defesa civil municipal na tomada de decisões que fortaleça a resiliência de Maricá. O cumprimento de algumas das ações sugeridas posicionará Maricá na vanguarda internacional para RRD, integrando o conhecimento local com o conhecimento científico e técnico viabilizando além da RRD, a adaptação em nível local a extremos climáticos implementando algumas das metas estabelecidas pelos marcos globais para RRD – Marco de Sendai, ODS e Acordo de Paris. Dessa forma, seguem as sugestões:

- Examinar o resultado da localização geográfica de cada estabelecimento de saúde e ensino, assim como o grau de vulnerabilidade atribuída a cada estabelecimento;
- Investigar as capacidades exigidas de cada estabelecimento em situações de emergência e reconstrução;
- Estabelecer e implantar planos de ação e programas para manutenção estrutural e de resiliência física dos estabelecimentos analisados;
- Melhorar ou reformar as unidades de saúde e educação mais vulneráveis de acordo com a avaliação de vulnerabilidade apresentada;
- Manter atualizados os dados de vulnerabilidade dos estabelecimentos de saúde e educação com a finalidade de garantir o cumprimento dos padrões de segurança, tanto em instalações já existentes quanto nas que forem projetadas e construídas futuramente;
- Criar um plano de ação que integre a avaliação de vulnerabilidade realizada a fim de reduzir riscos nas unidades escolares e de saúde analisadas;
- Reformar as instalações mais críticas e vulneráveis, além de incluí-las em programas permanentes de manutenção e reparo;
- Gerar recursos e mobilizar trabalhos de RRD através de profissionais especializados em diversas áreas, e.g. engenheiros, hidrólogos, meteorologistas, geólogos e geotécnicos, além da iniciativa privada e a própria comunidade maricaense;
- Melhorar a segurança das instalações públicas do setor saúde e educação com a finalidade de complementar e apoiar na fase da resposta de um desastre e na fase de recuperação;
- Fortalecer e motivar estabelecimentos privados a fim de contribuir com esforços de resgate e colaborar com serviços complementares durante a fase de resposta e reconstrução de um desastre; e
- Promover incentivos que formalizem parcerias com instituições privadas.

A GRD, como estabelecido por UNDRR (2016), inclui avaliações da comunidade sobre perigos, vulnerabilidades e ações locais para RRD. Com o cumprimento das ações sugeridas Maricá realizará uma abordagem baseada na aplicação de intervenções inovadoras que ultrapassem as informações de riscos para conhecimentos de riscos e assim desenvolvendo uma abordagem ampla que leve em consideração a análise do custo-benefício da GRD e fortalecimento da responsabilidade como preconizado por AIDMI (2016).

Como descrito por Martins (2010) seja no âmbito local, regional, nacional ou internacional poucos são os trabalhos científicos que analisam cidades através de uma perspectiva internacional sobre o tema. Contudo, trabalhos como os de (STORBJÖRK, 2007; KESKITALO; KULYASOVA, 2009) relatam dificuldades encontradas por governanças locais no momento da implementação das ações de RRD no nível local. Essas dificuldades normalmente permeiam pela capacidade de formulação e implementação de políticas públicas de enfrentamentos a GRD. Dessa forma, as avaliações que foram apresentadas bem como as sugestões de ações para RRD e adaptações a mudanças climáticas analisadas a partir dos marcos globais para RRD procurou gerar informações que se consolidem em conhecimentos e se tornem instrumento que auxiliem na RRD para os gestores municipais.

## Conclusões e recomendações

O Acordo de Paris sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, juntamente com a adoção do Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, materializou o compromisso de inúmeros Estados em relação às ações que combatam as mudanças climáticas e promovam a redução do risco de desastres, respectivamente. A construção da resiliência na gestão de risco de desastres ressalta a importância de uma legislação adequada a fim da concretização de um futuro mais sustentável e seguro. Nesse contexto os objetivos de desenvolvimento sustentável só serão alcançados se houver uma gestão eficaz do risco de desastres na esfera federal, estadual e municipal. Não menos importante, deve ser guiada por uma legislação que incentive estruturas de governança de risco capazes de evitar custos futuros, através da redução da pobreza e desigualdade, sustentabilidade ambiental e progresso econômico e social (UNISDR, 2019).

Com o objetivo de contribuir com informações e conhecimento que sejam capazes de subsidiar os gestores maricaenses nas políticas de RRD foram realizadas análises para os setores essenciais saúde e educação, nos quais o pior cenário encontrado foi grau 4 para vulnerabilidade combinada entre os desastres de inundação e deslizamento, que no decorrer dos anos tendem a aumentar sua frequência de acordo com as mudanças climáticas, uma preocupação e tendência global.

Outro ponto importante a ser destacado é que no momento não foram encontrados estabelecimentos de saúde e educação em áreas de alta suscetibilidade para desastre de deslizamento, mostrando que, para esse tipo de desastre, a vulnerabilidade desses setores essenciais então concentradas entre média e baixa, o que é um ponto positivo para população maricaense. Contudo, para o desastre de inundação foram encontrados 33% das unidades de saúde em área de alta suscetibilidade e 21% dos estabelecimentos de educação. Dessa forma, é interessante que os gestores locais se atentem a esses indicadores de vulnerabilidade a fim de tornar a cidade mais resiliente em caso de desastre hidrológico de inundação. Cabe destacar que a cidade de Maricá historicamente registra desastres hidrológicos de maneira cíclica.

Como afirmado por ONU (2012) é comumente observado o colapso funcional de instalações de saúde e educação no momento de um desastre, isso porque, mesmo as estruturas mantendo-se resistentes, não podem ser utilizadas devido a uma

infinidade de ações preventivas que não foram tomadas previamente. Por esse motivo, unidades de saúde e educação devem ser construídos levando em consideração altos padrões de resiliência, bem como suas vias de acesso, que devem permanecer desobstruídas, além do fornecimento de água, energia elétrica e telecomunicações, garantindo assim a continuidade em suas operações, sem interrupções decorrentes dos impactos do desastre. Dessa forma, a seguir são listadas algumas recomendações que visam colaborar com a redução dos danos causados por desastres de inundação e deslizamento em infraestrutura básica nas unidades de saúde e educação de Maricá:

- Combinar novos investimentos e gestão de riscos corretivo a fim de reduzir o risco existente;
- Implementar estruturas de adaptação local frente as mudanças climáticas visando a RRD alinhada com a agenda nacional e internacional.
- Desenvolver um plano de RRD com a finalidade de viabilizar sua implantação efetiva, alocando orçamento para tal;
- Incentivar a comunidade a participar dos processos de tomada de decisão com o objetivo de tornar seus meios de subsistência mais seguros;
- Garantir investimentos que viabilizem a RRD em todos os níveis da comunidade;
- Estabelecer metas e objetivos de políticas públicas facilitadoras que integrem a RRD e a GRD;
- Integração dos gestores de proteção e defesa civil com os demais setores do município;
- Monitorar continuamente as condições hidrológicas e geológicas do município através de equipamentos específicos para esse fim;
- Elaborar mapas de risco hidrológico e geológico de melhor resolução que subsidiem os gestores municipais para a tomada de decisões para construção de novos empreendimentos;
- Incentivar a integração setorial, através da criação de um comitê de resiliência;
- Construir um observatório que resgate a memória das inundações e deslizamentos que afetaram a cidade de Maricá. Assim a comunidade criará identidade com a própria história propiciando que a cultural local e conscientização quanto aos riscos de inundação e deslizamentos possam ser explorados; e
- Combinar iniciativas e estratégias que incluam a participação de crianças e da comunidade educacional em geral, em atividades de gestão de desastres em condições normais e de desastre.

Norteados pelos Marcos Globais para Redução de Riscos e Desastres com agenda pós-2015 a Gestão municipal Maricaense de riscos de desastres, na presente pesquisa, permeou pelo Marco de Sendai através do fornecimento de informações que podem subsidiar a redução dos danos causados por desastres classificados como inundações e deslizamentos em infraestrutura básica no setor da Saúde e Educação, bem como, a interrupção de serviços dos mesmos, como citado anteriormente. Os desastres sofridos por uma comunidade podem levar a população a situações de pobreza, o que configura uma das principais dificuldades enfrentadas por leis, programas e políticas, destinadas a superar a pobreza e reduzir a desigualdade, como indicado por UNISDR (2011). Nesse contexto os ODS em sua agenda pós-2015, fizeram-se presentes nesse estudo, através dos Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 1 e 13 que tratam da erradicação da pobreza e ação contra a mudança global do clima em escala municipal, respectivamente.

No ODS1 a meta em destaque foi a 1.5 – “até 2030, construir a resiliência dos pobres e daqueles em situação de vulnerabilidade, e reduzir a exposição e vulnerabilidade destes a eventos extremos relacionados com o clima e outros choques e desastres econômicos, sociais e ambientais” – e no ODS13 a meta foi a 13.1 – “reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes

naturais em todos os países; especificamente, 13.1.3 – Proporção de governos locais que adotam e implementam estratégias locais de redução de risco e desastres em linha com as estratégias nacionais de redução de risco de desastres”. Por fim, ODS13 abordado foi incluído nos ODS em reconhecimento a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e o fórum internacional, intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima, Acordo de Paris.

Dessa forma foi possível realizar uma avaliação da resiliência do município de Maricá (RJ) nos setores da Saúde e Educação transitando pelos Marcos Globais - Marco de Sendai, ODS e Acordo de Paris, para Redução de Riscos e Desastres em Agenda pós-2015. Os resultados encontrados poderão tornar-se instrumentos de auxílio para tomadores de decisão do município no âmbito da Gestão municipal de riscos e desastres, tornando Maricá uma cidade cada vez mais resiliente.

Por fim, cabe destacar que maricá mesmo sendo um município que apresenta adensamento populacional em pleno crescimento ainda é considerada uma cidade de médio porte. Assim o fortalecimento da proteção e defesa civil local, assim como, políticas públicas que visem a RRD através de uma GRD eficiente é fundamental e oportuna perante o momento político e econômico em que se encontra a cidade. Relembrando que reconstruir uma cidade é mais custoso do que investir em políticas de prevenção e mitigação de desastres.

## Nota

3 <http://cnes.datasus.gov.br/>

## Referências

AIDMI. Integration of Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaption for Sustainable Development. In: ASIA MINISTERIAL CONFERENCE ON DISASTER RISK REDUCTION-AMCDRR. 2016, India. **Anais [...]**. India: All India Disaster Mitigation Institute, 2016.

BANWELL, N.; RUTHERFORD, S.; MACKEY, B.; CHU, C. Towards Improved Linkage of Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation in Health: A Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 4, p. 793, 2018.

BRASIL (2012). Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. **Lei nº 12.608, de 10 de Abril de 2012**. Brasília: Presidência da República: Casa Civil, 2012.

BRASIL. **Módulo de formação: resposta: gestão de desastres, decretação e reconhecimento federal e gestão de recursos federais em proteção em defesa civil para resposta: apostila do instrutor**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres, 2017.

CDKN. **Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe**: lições do relatório SREX. Canadá: Climate and Development Knowledge Network, 2012. (Rede de Conhecimento em Clima e Desenvolvimento).

CPRM. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2017.

DALMAU, M. B. L.; MACHADO, M. A.; FRAN, A. C. V. A campanha cidades resilientes e o plano nacional de gestão de riscos e desastres naturais: avanços e perspectivas na construção de comunidades menos vulneráveis. **Cadernos Adenauer**, Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, v. 16, n. 2, p. 95-113, 2015.

EIRD. Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. In: CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA

- REDUCCIÓN DE LOS DESASTRES, 2005, Kobe, Hyogo, Japón. **Anais [...]**. Kobe: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2005.
- GALLO, E.; SETTI, A. F. F. Território, intersetorialidade e escalas: requisitos para a efetividade dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Ciência & Saúde Coletiva**, n. 19, p. 4383-4396, 2014.
- GARCIAS, C. M.; FERENTZ, L. M. D. S.; PINHEIRO, E. G. A resiliência como instrumento de análise da gestão municipal de riscos e desastres. **Redes: Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 24, n. 2, p. 23, 2019.
- IBGE. **XII Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- IBGE. **Cidades@**. Retrieved Janeiro de 2020. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/marica/panorama>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- INEA. Germorfologia. In: \_\_\_\_\_. **Base temática: o estado do ambiente**. Rio de Janeiro: Governo do Rio de Janeiro. 2020, cap. 4. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/EstudosePublicacoes/EstadodoAmbiente/index.htm>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- KÄSSMAYER, K.; FRAXE NETO, H. J. F. **Entrada em vigor do acordo de Paris: o que muda para o Brasil?** Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas da Consultoria Legislativa, 2016. (Texto para Discussão, n. 215).
- KESKITALO, E. C. H.; KULYASOVA, A. A. The role of governance in community adaptation to climate change. **Polar Research**, v. 28, n. 1, p. 60-70, 2009.
- MARICÁ (Cidade). Prefeitura de Maricá. Divisão, denominação e respectiva delimitação dos distritos e dos bairros, do município de Maricá, Estado do Rio de Janeiro. **Lei Complementar nº 207**. Maricá: Prefeitura de Maricá, 2010
- MARTINS, R. D. A. Governança climática nas cidades: reduzindo vulnerabilidades e aumentando resiliência. **Revista Geográfica Acadêmica**, n. 4, p. 5-18, 2010.
- OKADO, G. H. C.; QUINELLI, L. Megatendências Mundiais 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): uma reflexão preliminar sobre a “Nova Agenda” das Nações Unidas. **BVRU**, v. 2, n. 2, p. 19, 2016.
- ONU. **Construindo cidades resilientes: minha cidade está se preparando**. Florianópolis, Nações Unidas, 2010.
- ONU. **Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores locais**. Genebra: Organização das Nações Unidas, 2012.
- ONU. **Adoção do Acordo Paris**. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Paris: Conferência das Partes, 2015.
- ONU. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**, Traduzido do inglês pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio) e revisado pela Coordenadoria-Geral de Desenvolvimento Sustentável (CGDES) do Ministério das Relações Exteriores do Brasil, 2016.
- PETERS, K., TANNER, T.; LANGSTON, L.; BAHADUR, A. Resilience across the post-2015 frameworks: towards coherence? **Quick Links**, 2016.
- RIO DE JANEIRO (Estado). **Decreto nº 7.230 de 23 de abril de 1984**. Rio de Janeiro: Governador do Estado do Rio de Janeiro, 1984.
- SILVA, I. V. M. **Vulnerabilidade institucional do setor saúde a desastres no município de Nova Friburgo**. Brasil, 2019.
- STORBJÖRK, S. Governing Climate Adaptation in the Local Arena: Challenges of Risk Management and Planning in Sweden. **Local Environment**, v. 12, n. 5, p. 457-469, 2007.
- UNDRR. Report of the open ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. **UNGA**, n. 41, 2016.
- UNISDR. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Revealing Risk, Redefining Development**. Geneva: International Strategy for Disaster Reduction, 2011.



UNISDR. **Marco de Sendai para a redução do risco de desastres 2015-2030**. ONU: Sendai, 2015.

UNISDR. Protocolo parlamentar para a Redução do Risco de Desastres e adaptação às alterações climáticas: Alinhado com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, **ParlAmericas**, n. 32, 2019.

VIANA, V. J.; JOHNSON, R. M. F. Redução de riscos de desastres associados a inundações: nova abordagem nas políticas públicas brasileiras. **Revista Semioses**, v. 11, n. 3, p. 19-32, 2017.



# MONITORAMENTO DO DESASTRE POR DERRAMAMENTO DE ÓLEO NO LITORAL BRASILEIRO, A PARTIR DO SATÉLITE SENTINEL-1A

Catarina de Oliveira Buriti<sup>1</sup>

Humberto Alves Barbosa<sup>2</sup>

## 1 Introdução

A indústria de Petróleo e Gás ocupa o terceiro lugar no *ranking* das principais atividades econômicas do Brasil. É também a 4<sup>o</sup> colocada no *ranking* das exportações, desempenhando um importante papel na balança comercial do País (IBGE, 2015). De acordo com um estudo do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP, 2020), no período de 2007 a 2017, foram gerados cerca de R\$ 1,4 trilhão de recursos, apenas em forma de arrecadação, do setor de petróleo e gás.

Além disso, a exploração e produção de petróleo possui um grande potencial de crescimento no País. Hoje, apenas 7% da área de bacias sedimentares brasileiras são exploradas. O Pré-Sal é considerado uma das mais importantes descobertas em águas profundas, em todo o mundo, na última década. A área compreende um conjunto de grandes reservatórios de óleo e gás, encontrados abaixo da camada de rocha de sal, abrangendo desde o estado de Santa Catarina até o Espírito Santo. Segundo um estudo do Instituto Nacional de Petróleo e Gás, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, o Pré-Sal brasileiro pode conter cerca de 176 bilhões de *Barris de Óleo Equivalente* (BOE). Caso seja comprovado e produzido, o Brasil se situará entre os principais produtores do mundo, nas próximas décadas.

Apesar da importância da exploração e transporte de petróleo em águas brasileiras, o Brasil é vulnerável no que diz respeito ao monitoramento e segurança das suas águas. As operações de extração e carregamento de petróleo no mar são atividades de alto risco ambiental. Em 2019, o País enfrentou um dos maiores desastres ambientais por derramamento de óleo em sua Costa, cujas causas continuam desconhecidas. No dia 30 de agosto de 2019, enormes manchas de petróleo cru invadiram as praias da região Nordeste, sendo identificadas primeiro sua chegada em praias da Paraíba. O vazamento de óleo no Litoral nordestino foi considerado o mais extenso desastre ambiental dessa natureza já ocorrido no Brasil. Desde janeiro

---

1 Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC). E-mail: catarina.buriti@gmail.com.

2 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis)/Universidade Federal de Alagoas (Ufal). E-mail: barbosa33@gmail.com.

### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através, respectivamente, do Projeto Pró-Alertas no 24/2014, sobre “Análise e Previsão dos Fenômenos Hidrometeorológicos Intensos do Nordeste do Brasil”, e do “Projeto de Pesquisa e Difusão: Monitoramento Ambiental por Satélite para Planejamento da Agricultura Familiar no Semiárido Brasileiro”.

de 2020, os órgãos responsáveis pela gestão emergencial do desastre passam por um processo de desmobilização. Nesta fase, há apenas o acompanhamento e limpeza do óleo residual, visando reduzir as áreas ainda com vestígios do poluente.

O incidente de derramamento de óleo, no Litoral do Nordeste, colocou em evidência a falta de um sistema de monitoramento contínuo dos mares brasileiros. Os danos socioeconômicos e ambientais, causados pelo incidente, ainda não foram totalmente mensurados, e acarretaram enormes prejuízos aos segmentos sociais mais vulneráveis, que praticavam atividades ligadas à pesca artesanal e ao turismo na região.

Na ocasião, o Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS - <http://lapismet.com.br/>) desenvolveu o protótipo de um sistema APP-Web para realizar o monitoramento de incidentes de poluição por óleo no Litoral brasileiro. A plataforma possui capacidade de fornecer dados de vigilância marinha e imagens de satélites para análise, gestão e tomada de decisão, apoiando a prevenção, preparação e resposta a incidentes de poluição por óleo no mar.

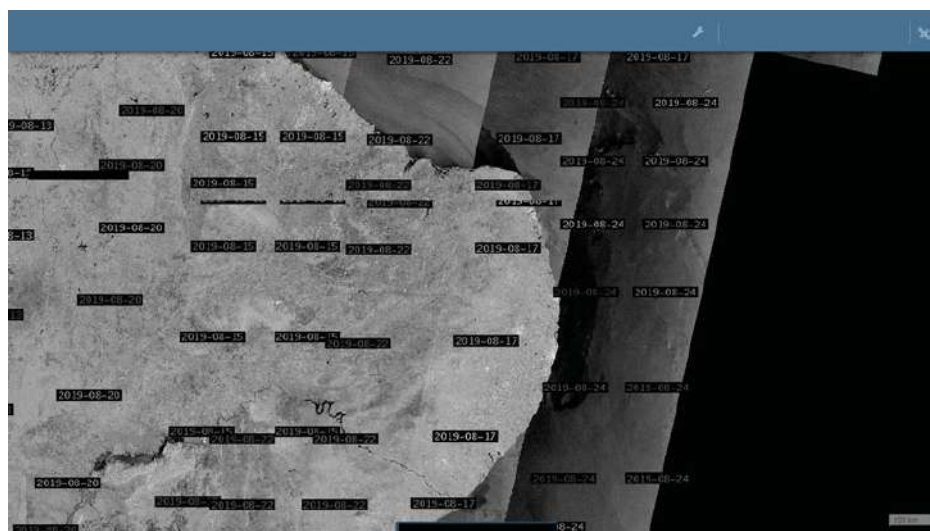
Nesse contexto, o objetivo deste artigo é analisar o desastre ambiental de poluição por óleo no Litoral brasileiro, iniciado em agosto de 2019, com foco nas soluções de monitoramento por satélites desenvolvidas pelo LAPIS. Em caráter emergencial, o Laboratório estabeleceu metodologias e protocolos inéditos para esclarecer a origem desse desastre ambiental, de grandes proporções, na região, especialmente com uso de imagens do satélite Sentinel-1A.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Litoral brasileiro, com dados de satélites que abrangem desde o Maranhão, na costa norte do Nordeste, até o Rio de Janeiro, na costa leste do Sudeste brasileiro. De acordo com o mais recente balanço do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), atualizado no dia 19 de março de 2020, um total de 1009 locais foram afetados pelo óleo, em 130 municípios. O óleo atingiu 11 estados, compreendendo os nove estados do Nordeste, além do Espírito Santo e Rio de Janeiro, na região Sudeste.

A Figura 1 corresponde à varredura de todas as faixas de cobertura do satélite Sentinel-1A, da Costa brasileira, em busca da definição do padrão de assinaturas das manchas de óleo no oceano.



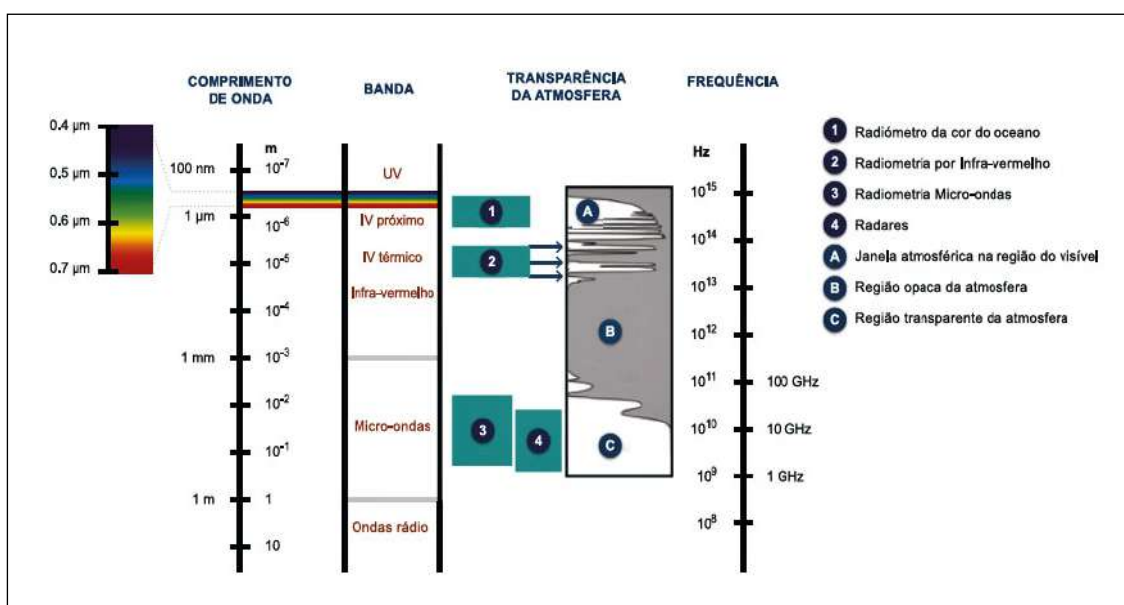
Fonte: Lapis.

**Figura 1.** Conjunto de imagens do Sentinel-1A (Radar SAR), do Litoral brasileiro.

## 2.2 O Sistema SAR (Radar de Abertura Sintética)

Desde os anos 1960, foram desenvolvidos sensores capazes de fornecer dados da superfície terrestre, em alta resolução. Porém, como operavam nos comprimentos de onda do visível e infravermelho, as imagens que obtinham dependiam da quantidade de luz solar disponível e da cobertura de nuvens. A tecnologia SAR (Radar de Abertura Sintética) superou essa limitação, em função de usar micro-ondas, zona em que o espectro eletromagnético é transparente à passagem da radiação, ou seja, a transmissividade atmosférica é quase 100%.

A Figura 2 ilustra o espectro eletromagnético e as bandas usadas pelos vários sensores de observação da terra. Os SAR são sensores ativos ou radares que não se limitam a receber radiação emitida ou refletida da superfície do mar. Um sensor ativo emite um pulso eletromagnético e espera o retorno do seu eco. As diferenças entre o pulso emitido e o recebido contêm informação sobre a superfície do mar (SUTCLIFFE; CATALÃO; BRITO, 2016).



Fonte: Robinson, 2010.

**Figura 2.** Sensores de observação da terra e destaque à tecnologia SAR.

A tecnologia SAR é considerada a mais avançada para monitoramento das águas costeiras e oceânicas. A partir das informações recebidas pelos sensores, na frequência de micro-ondas, é possível processar imagens da superfície dos oceanos. Os sensores SAR operam nas frequências de micro-ondas, que devido ao seu comprimento de onda, penetram somente na camada superior do oceano. Em função das propriedades da água do mar, a maior parte da radiação é refletida de volta para o sensor. É a radiação refletida que é medida pelo SAR.

Uma das maiores vantagens dos sensores-SAR é que a cobertura de nuvens não impede que informações da superfície do oceano sejam obtidas, nas frequências de micro-ondas. Nesses comprimentos de onda, a radiação é capaz de atravessá-las, sem ser absorvida. Além disso, o uso dessa zona do espectro possibilita recolher dados do oceano, independentemente da luz solar disponível. Outra característica dos radares-SAR é a sua elevada resolução espacial, tipicamente de 25 m. Ao receber a energia retrodifundida, o sensor irá analisar não só o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do pulso, como também irá analisar alterações no sinal (fase, amplitude e polarização). Todas essas alterações fornecem informações sobre o objeto refletor, visto que dependem das suas propriedades refletoras.

A elevada resolução dos radares-SAR, na direção de alcance, depende da precisão com que o sensor consegue medir o tempo, entre a emissão do pulso e a recepção do seu eco. O intervalo de tempo entre sucessivas imagens SAR é da ordem de dias (12 dias para o Sentinel-1A).

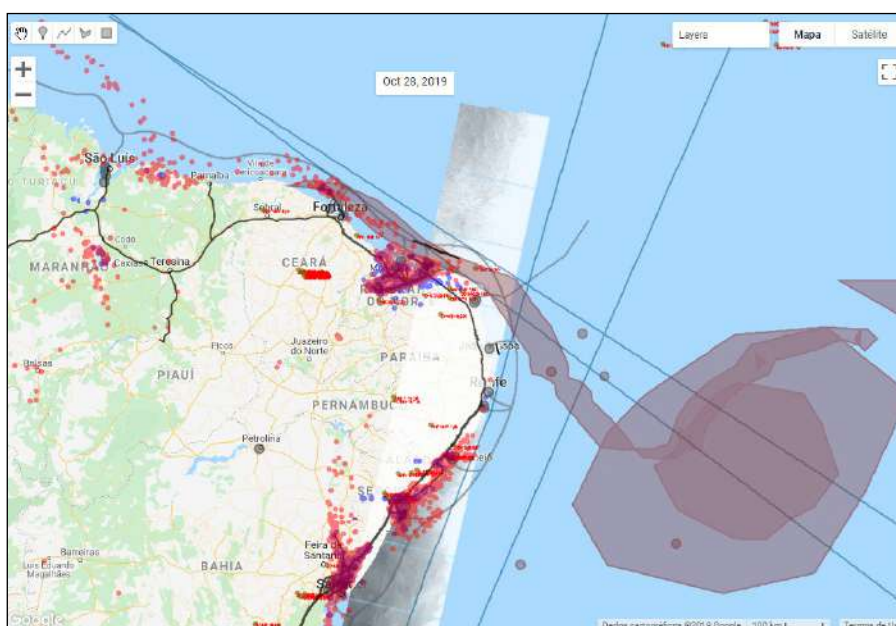
O programa Sentinel é desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), para aplicações de monitoramento dos oceanos e da Terra. O primeiro de uma série de satélites (Sentinel-1), foi lançado em abril de 2014, e a bordo, carrega um sensor SAR, a operar na banda C, centrado nos 5,405 GHz.

### 2.3 Procedimentos Metodológicos

Para o processamento das imagens de satélites desta pesquisa, foram utilizados dados brutos do Meteosat-11, oriundos do Sistema EUMECast (BARBOSA, 2013). O EUMETCast é um sistema de baixo custo, de transmissão de informações por satélites, em tempo quase real, projetado para distribuir imagens do satélite meteorológico Meotelesat, de produtos e de serviços do Programa *Global Earth Observation Systems of System (GEOSS)*, a usuários que disponham de uma infraestrutura mínima, em qualquer ponto do Planeta. A partir do processamento das imagens, houve a integração dos dados, com uso da plataforma *LaView*, permitindo uma interpretação mais acurada das informações.

A Figura 3 mostra o protótipo do sistema de monitoramento de derrames de óleo no Litoral brasileiro, para integração de dados de instituições nacionais e internacionais, relacionados à prevenção, resposta e adaptação a desastres dessa natureza. A plataforma, desenvolvida pelo LAPIS, permite integrar uma rede de especialistas, em uso de dados de satélites, para monitoramento de vazamento de óleo nos oceanos, em formato colaborativo e interativo. Também possibilita a análise de informações relativas a poços de exploração de petróleo, rotas marítimas, dutovias, rotas de cabotagem, altura das marés, direção das correntes oceânicas, batimetria e dados sísmicos.

O processo de monitoramento e o processamento dos dados foram realizados no período de setembro a novembro de 2019. Também foram utilizados dados de geointeligência marinha, sobre trajetória de navios-tanque, obtidos junto à Marine Traffic.



Fonte: LAPIS.

**Figura 3.** Protótipo do sistema App-Web de monitoramento de derrames de óleo no mar.

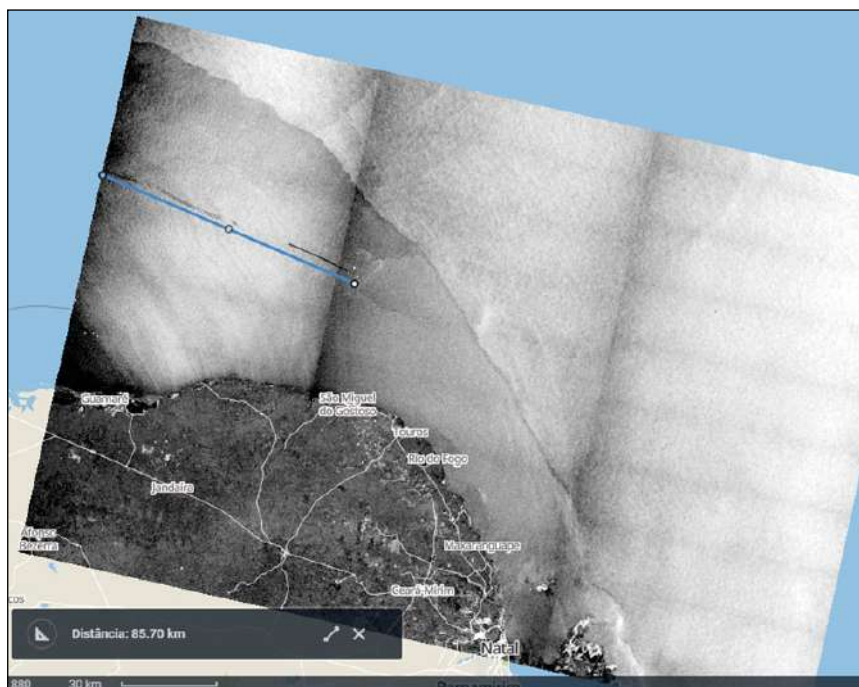
### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Aperfeiçoamento das técnicas de interpretação de imagens SAR, a partir da sistematização de padrões de assinatura de óleo no Litoral brasileiro

Um dos grandes desafios científicos enfrentados no processo de monitoramento do desastre de derramamento de óleo no Litoral brasileiro, foi a ausência de padrões definidos de assinatura do óleo nas imagens de satélites. O Brasil ainda não contava com um banco de dados, com protocolos estabelecidos, que permitissem maior agilidade no monitoramento emergencial da dispersão de resíduos de óleo no mar, em casos de desastre.

No caso dos sensores SAR, contribuições por reflexão especular só se tornam importantes na presença de objetos angulares, como navios. Nesses casos, a radiação emitida em ângulo irá ser refletida de volta ao sensor, ao encontrar os cantos dos navios, gerando reflexões duplas, podendo, desse modo, refletir a radiação de volta para o sensor, pelo que aparecem nas imagens como pontos com forte intensidade.

Nesta pesquisa, foi identificada uma imagem do satélite Sentinel-1A, capturada no dia 24 de julho, mostrando uma provável mancha de óleo, no Litoral Norte do Nordeste brasileiro, nas proximidades do Rio Grande do Norte. Na imagem de satélite abaixo (Figura 4), do dia 24 de julho, foi detectada a mancha de um fluido, possivelmente associado a petróleo, seguida por dois navios (um de grande porte e um de pequeno porte). A imagem apresenta sinal de dois navio, pontos brancos reluzentes, próximos à mancha de óleo. O de pequeno porte encontrava-se bem ao lado da mancha, podendo ser o possível responsável pelo vazamento.



Fonte: Lapis.

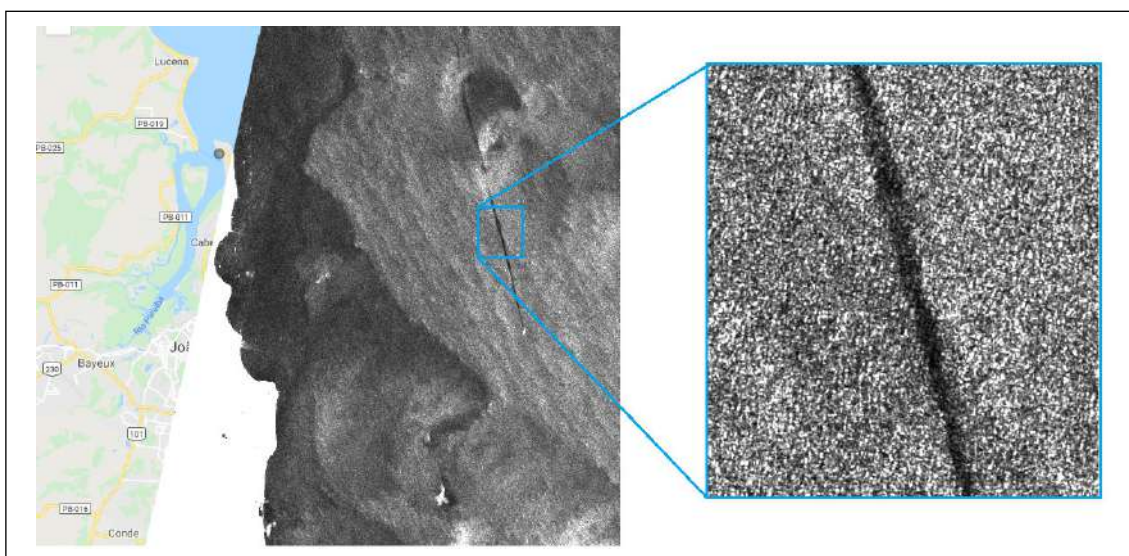
**Figura 4.** Imagem do satélite Sentinel-1A mostra mancha de óleo no Litoral do Nordeste, em 24 de julho.

No momento em que o satélite capturou a imagem acima, o ponto mais próximo que a mancha de óleo estava da Costa brasileira, no Litoral Norte do Rio Grande do Norte, era a cerca de 40 km de São Miguel do Gostoso (RN). A mancha registrada era de 85 km de extensão e 0,9 km de largura. É possível até mesmo que ela fosse mais extensa, pois a imagem do satélite não cobriu toda a sua extensão por completo.

Os navios podem ter uma assinatura nas imagens SAR, pois partes da sua estrutura/geometria provoca um aumento significativo da intensidade da radiação retrodifundida, resultando em assinaturas que se assemelham a pontos brancos luminosos. Contudo, é necessário cautela na interpretação, pois, sob certas condições, a turbulência causada na água, pela passagem de um navio, pode ter uma assinatura em imagens SAR. Contudo, eliminados todos os possíveis ruídos na imagem de satélite, o LAPIS considerou a possibilidade de realmente ser um navio, registrado pelo Sentinel-1A, ao lado da mancha.

Com base nessa informação, foram rastreadas os trajetos de 111 navios-tanque, que navegaram pelo Litoral brasileiro, transportando óleo cru, durante o período que antecedeu o desastre. A pesquisa foi feita com utilização de dados de geointeligência marinha, obtidos junto à companhia Marina Traffic. Todavia, os trajetos não coincidiram com a possível data do incidente que afetou a região. Assim, é possível que a causa do desastre tenha como fonte um navio-fantasma.

Com o avanço da pesquisa, foi localizada outra imagem do satélite Sentinel-1A (Figura 5), do dia 19 de julho de 2019, que permitiu identificar mais uma mancha de óleo, de grande proporção, na costa leste do Nordeste brasileiro, a 26 km do Litoral da Paraíba. Essa imagem ampliou o conjunto de evidências para contribuir com o esclarecimento da causa da origem do derramamento de óleo no Litoral do Nordeste.



Fonte: LAPIS.

**Figura 5.** Imagem do Sentinel-1A registrou uma grande mancha de óleo no Litoral da Paraíba, em 19 de julho.

Durante o monitoramento, também foram encontrados padrões de assinaturas de manchas semelhantes, embora em menores proporções, em outras áreas do Litoral brasileiro. É o caso de manchas de óleo localizadas próximo a Campos de Goytacazes (RJ), em imagem de satélite do dia 11 de julho de 2019, e no Litoral do Espírito Santo (ES), em imagem do dia 30 de julho do mesmo ano.

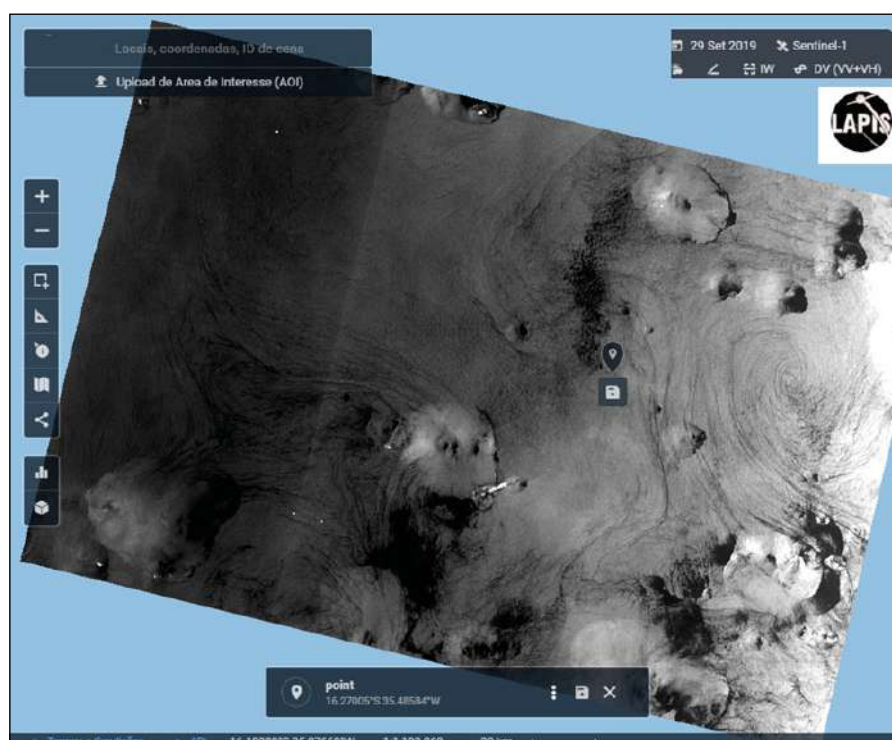
Essas manchas de óleo, encontradas em vários pontos do Litoral brasileiro, requerem uma investigação específica, mas alertam para a insegurança do Brasil na área de vigilância

das suas águas. Diariamente, há um intenso tráfego marítimo, de grandes embarcações, com bandeiras de diferentes nacionalidades, que passam pelo oceano Atlântico. Esse tráfego também inclui as operações de exploração e transporte de petróleo e gás, produzidos no próprio País. Todavia, o Brasil ainda carece de maior segurança e de um sistema robusto de vigilância para fortalecer o monitoramento dos seus oceanos. A nossa análise permitiu detectar, a partir de imagens de satélites, frequentes derramamentos de óleo no Litoral brasileiro, que apesar de ocorrerem em menor proporção, estão poluindo as águas brasileiras.

No próximo item, será discutido o protocolo utilizado para detectar a presença de *slicks* oceânicos, a partir de satélites. Essa identificação permitiu concluir que outros vazamentos de óleo podem ter ocorrido, em menores proporções, no Litoral brasileiro, enquanto o Nordeste enfrentava o desastre socioambiental sem precedentes, por derramamento de óleo, em suas praias.

### 3.2 Aprimoramento da detecção da presença de *slicks* oceânicos

Nesta pesquisa, foram detectadas, em imagens do satélite Sentinel-1A, manchas de óleo próximas ao Litoral da Bahia, que podem resultar de vazamento de petróleo no mar. Na imagem de satélite abaixo (Figura 5), identificou-se a presença de *slicks* ou películas sobre a superfície do mar, a 210 km de Porto Seguro (BA). Esse material pode ser de origem orgânica ou inorgânica, sendo necessária uma análise bastante criteriosa para distinguir a sua origem.



Fonte: Lapis.

**Figura 6.** Presença de *slicks* no Litoral brasileiro, em imagem do Sentinel-1A.

A presença de *slicks* na superfície do mar provoca um aumento da tensão superficial e reduz a fricção por ventos, resultando numa diminuição da radiação difundida para o SAR, que na imagem aparece como uma zona mais escura. As ondas de comprimento de onda, da ordem dos centímetros, tais como a rugosidade da superfície do mar e a radiação das bandas C e X, são muito sensíveis à presença de *slicks*.



Os *slicks* não orgânicos são compostos de petróleo, que podem ter origem natural, resultante de descargas naturais do fundo do mar, ou de origem não natural, resultando, neste último caso, do derrame de petróleo de navios ou plataformas petrolíferas. Já os *slicks* de origem orgânica são camadas monomoleculares finas, podendo ser produtos de animais, plantas marinhas ou produtos de origem terrestre, resultantes da descarga de rios ou de transporte atmosférico. Em função da sua fina camada, esses *slicks* são facilmente transportáveis por advecção horizontal, gerada por correntes ou ventos.

Os *slicks* de origem não orgânica são mais espessos. Por essa razão, são necessários ventos mais fortes, para causar sua dispersão. Essas assinaturas podem também conter informação da direção dos ventos, já que óleos mais pesados serão empurrados pelos ventos, acumulando, no sentido de sopro, aparecendo na imagem como uma zona mais escura, e deixando para trás um rastro mais fino, que irá aparecer na imagem, como uma zona menos escura.

Foi necessário muito cuidado na interpretação das imagens SAR, já que existem alguns artefatos que resultam do método de construção dessas imagens. Uma imagem SAR tem um aspeto granuloso. Isto se deve à resolução elevada das imagens: as medidas de retrodifusão são recolhidas sobre uma área pequena (geralmente 25 m x 25 m), e durante um curto intervalo de tempo (menos de 1 s). Assim, a retrodifusão resulta da soma da energia refletida nessa área, que é baixa, por ter sido refletida por poucos elementos à superfície. O sinal refletido pode combinar-se, aleatoriamente, gerando variações na intensidade, que não correspondem a difusão por um objeto. Por essa razão, existe maior contaminação do sinal, ou seja, mais ruído no sinal, que se reflete como granuloso da imagem.

A rugosidade da superfície do mar pode aumentar e diminuir com a presença de ventos, de ondas de maior escala, e de correntes à superfície. Estas últimas podem ser geradas por fenômenos que ocorrem dentro do oceano, que assim poderão ter uma assinatura em imagens SAR.

Uma onda eletromagnética é definida pela sua amplitude, comprimento de onda, fase e polarização. O comportamento da fase deve ser estável, no curto período, entre a emissão e recepção do sinal. Conhecida a fase e polarização do sinal emitido, pode comparar-se com a fase e polarização do sinal recebido e conseguir-se mais informações sobre o objeto refletor. A polarização da onda pode ser alterada pela superfície do mar, pois ondas com polarização diferente são refletidas com intensidades diferentes. Essa informação pode ser usada para caracterizar a situação do mar.

As aplicações deste sensor permitem a detecção de *slicks*, resultantes de derrames de navios. A polarização VV é especialmente útil, já que é mais sensível à presença de *slicks*, e a alta resolução das imagens é uma característica importante. Os aumentos e diminuições na amplitude das ondas assinalam a presença de fenômenos que causem a sua variação. Uma diminuição da amplitude da onda de Bragg é traduzida por um sinal, com uma intensidade mais fraca (que tem uma assinatura mais escura na imagem). O aumento da amplitude da onda de Bragg é traduzido por um aumento na intensidade do eco, que aparece na imagem com uma assinatura mais clara.

A amplitude das ondas de Bragg pode ser modulada de várias maneiras: ventos na superfície dos oceanos; diferença de temperatura entre a água e o ar; intensidade das correntes na superfície; passagem de ondas superficiais mais longas; presença de petróleo ou *slicks* orgânicos na superfície do oceano; turbulência na camada superficial do oceano. Um fenômeno só terá uma assinatura em imagens SAR, se provocar variações na rugosidade da superfície do mar, acarretando, por consequência, uma variação na intensidade do sinal retrodifundido.

É importante conhecer os vários mecanismos que podem gerar uma assinatura em imagens SAR, bem como ter um conhecimento do local de obtenção da imagem e das condições locais de ventos, para garantir uma correta interpretação das assinaturas.

Assim, na interpretação de *slicks* ou resíduos de óleo no Litoral brasileiro, foram integradas, nesta pesquisa, diversas técnicas para eliminar os ruídos nas imagens do radar SAR Sentinel-1A e permitir uma interpretação mais acurada.

As ondas de Bragg são sensíveis à presença de qualquer fenômeno que cause uma diminuição da rugosidade da superfície do mar. Além da diminuição da intensidade dos ventos, outro processo que provoca a diminuição da rugosidade do mar é a existência de películas ou *slicks* sobre a superfície do mar.

Foram eliminadas interferências como topografia, força dos ventos, correntes oceânicas e rastro da passagem de navios sobre a água que podem ser registrados nas imagens SAR.

## Conclusão

Esta pesquisa buscou contribuir com o esclarecimento das causas do desastre ambiental por derramamento de óleo que impacta o Litoral brasileiro, desde as primeiras aparições de manchas nas praias, em agosto de 2019. O monitoramento permitiu rastrear toda a região da Costa, a partir de imagens SAR, do satélite Sentinel-1A, definindo protocolos e padrões de assinaturas das manchas de óleo do mar. A experiência de pesquisa forneceu metodologias e informações que podem facilitar e ampliar a prevenção, preparação e capacidade de resposta nacional a futuros incidentes de poluição por óleo em águas brasileiras.

As manchas por derramamento de óleo, detectadas por satélites, no Litoral do Rio Grande do Norte e da Paraíba, levaram o LAPIS a indicar a hipótese de que partiram de um navio-tanque, que transportava óleo cru. O fluxo diário desse tipo de embarcação pela Costa brasileira é bastante intenso. Paradoxalmente, o Brasil ainda não possui um sistema consistente de monitoramento dos oceanos. A experiência com o monitoramento do Litoral brasileiro, em busca do incidente que possa ter originado a poluição das manchas de óleo, levou-nos a identificar que o problema de vazamentos em águas brasileiras pode ser ainda maior que o desastre ambiental por derramamento de óleo enfrentado em 2019. O navio que pode ter causado o desastre, até agora, não foi identificado pelas autoridades brasileiras. Possivelmente seja um navio-fantasma.

A área de exploração e transporte de petróleo é intensa na região litorânea do Brasil e é necessário estabelecer um programa de monitoramento contínuo para evitar e mitigar esse tipo de desastre de vazamento por óleo no mar, conforme instituído no Decreto nº 8.127/2013, que estabeleceu o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC).

As evidências encontradas pelo LAPIS foram entregues às autoridades nacionais que investigam a causa do incidente, ainda não esclarecida, como a Polícia Federal, o Ministério Público Federal e o Congresso Nacional, na Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI do Óleo).

## Referências

- BARBOSA, H. A. **Sistema eumetcast**: uma abordagem aplicada dos satélites meteosat segunda geração. Maceió-AL: EDUFAL, 2013. v. 2, 186 p.
- BRASIL. **Decreto nº 8.127, de 22 de outubro de 2013**: para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Decreto/D8127.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D8127.htm). Acesso em: 28 nov. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Indústria e construção**. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria>.

html. Acesso em: 24 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS-IBP. **A relevância do petróleo & gás** para o Brasil (2011-2019). 2020. Disponível em: [https://rdstation-static.s3.amazonaws.com/cms%2Ffiles%2F49401%2F1566244541Publicacao\\_IBP\\_EY-final.pdf](https://rdstation-static.s3.amazonaws.com/cms%2Ffiles%2F49401%2F1566244541Publicacao_IBP_EY-final.pdf). Acesso em: 24 mar. 2020.

JACKSON, C. R.; APEL, J. R. **Synthetic Aperture Radar: Marine User's Manual**. Disponível em: [www.sarusersmanual.com](http://www.sarusersmanual.com). Acesso em: 24 mar. 2020.

ROBINSON, I. S. **Measuring the Oceans from Space: the principles and methods of satellite oceanography**. Springer Praxis Books/Geophysical Sciences, 2004. 669 p.

ROBINSON, I. S. **Discovering the Oceans from Space: The unique applications of satellite oceanography**. Berlim: Springer Science & Business Media, 2010. 639 p. (Série: Springer Praxis Books).

SUTCLIFFE, A.; CATALÃO, J.; BRITO, A. C. **Observação da Terra: uso de imagens SAR para a monitorização de águas costeiras e oceânicas**. DGRM, Lisboa, Portugal. 2016. *E-book*. Disponível em: [www.sophia-mar.pt](http://www.sophia-mar.pt). Acesso em 24 mar. 2020.



# GEOTECNOLOGIAS E INFORMAÇÕES DE RISCO SOCIOAMBIENTAL EM SITES E EM APLICATIVOS DE CELULAR

Christian Nunes da Silva<sup>1</sup>

## 1 Introdução

Nos últimos anos, observando as atividades desenvolvidas pelos órgãos públicos e pelas empresas privadas, pode-se verificar que as geotecnologias (sensores remotos, equipamentos e técnicas de geoprocessamento, sistemas de posicionamento global, sistemas de informações geográficas, etc.) ainda são ferramentas pouco utilizadas, para a gestão dos recursos naturais e para o ordenamento territorial. Essas geotecnologias são subsídios eficazes no gerenciamento, no monitoramento e na fiscalização ambiental, nas esferas governamentais federal, estadual e municipal, além de apresentar potencialidades de aplicação, no setor privado. É visível que alguns parâmetros e técnicas de posicionamento global e de sensoriamento remoto já são amplamente utilizados, no monitoramento, no gerenciamento de áreas de risco (como visto em estudos sobre áreas de alagamento, de deslizamento, de risco de fogo, de segurança pública, de endemias, etc.) e em outras atividades, que são realizadas em espaços rurais e urbanos (SILVA; PALHETA; CASTRO, 2015).

Apesar de algumas iniciativas importantes, observamos que os produtos cartográficos gerados pela manipulação das chamadas geotecnologias ainda são incipientes nas ações públicas municipais, que envolvem análises, para a mitigação de riscos socioambientais ou, ainda, que tais produtos são utilizados, somente, de forma figurativa, para a localização em um espaço maior (por exemplo, mapas de situação), em que a abordagem crítica sobre os objetos e sobre os fenômenos, que causam situações e ocorrências de risco, não é realizada. Igualmente, tais análises espaciais não se aprofundam, por meio da aplicação de algoritmos, que podem ser encontrados em *softwares* de geoprocessamento (*kernel*, *buffer*, *krigagem*, lógica *fuzzi*, booleana, etc.), que otimizam o uso das geotecnologias e que tornam a análise espacial um instrumento extremamente significativo, para o ordenamento, para o gerenciamento e para a mitigação de áreas de risco.

Para este debate, selecionamos alguns *sites* e aplicativos, que demonstram o estado da arte do que se espera, relativamente ao uso das geotecnologias e dos meios de divulgação, para o gerenciamento de eventos de risco. Todavia, é importante frisar que, além das ferramentas aqui apresentadas, existem diversas outras, disponíveis aos diferentes usuários de geotecnologias, das quais é possível extrair informações

---

<sup>1</sup> Pós-Doutor em Desenvolvimento Regional (PPGMDR/UNIFAP), docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia (PPGEDAM/UFPA), da Universidade Federal do Pará (UFPA), pesquisador do GAPTA/CNPq e sócio efetivo do Instituto Histórico e Geográfico do Pará. E-mail: [cnsgeo@yahoo.com.br](mailto:cnsgeo@yahoo.com.br).

vetoriais ou matriciais, tendo, como base de estudo, dados lineares, poligonais ou pontuais, como são os casos do *buffer* (como ferramenta de análises de áreas de influência), do mapa de *kernel* (para a estimativa de intensidade de padrões pontuais) e da classificação de imagens de sensores remotos (na identificação do padrão de ocupação do solo), por exemplo.

Nesse sentido, objetivamos apresentar ao leitor alguns exemplos de *sites* e de aplicativos disponíveis na internet<sup>2</sup>, que podemos considerar instrumentos eficazes, para a divulgação de informação em tempo real ou para o monitoramento e para a fiscalização de alterações no uso do solo, que podem causar eventos de risco, em áreas social e ambientalmente vulneráveis. Assim, alguns dos *sites* e dos aplicativos a serem explorados neste trabalho disponibilizam geometrias de todo o mundo ou, somente, do território brasileiro, enquanto outros enfocam uma única temática ou uma região específica, com uma tabela de atributos também básica, que pode agregar novos campos, dependendo do usuário e do tipo de atividade a ser desenvolvida.

É importante mencionar que se tratam de *sites* confiáveis, governamentais, em sua maioria, administrados por órgãos responsáveis, que têm competência, quanto à informação divulgada, que prezam pela qualidade dos dados, bem como pela sua atualização. Assim, as aplicações aqui apresentadas permitem ao usuário o acesso a ambientes virtuais (*sites*) ou a aplicativos (disponíveis para os sistemas Android ou IOS), que possibilitam a aquisição ou a visualização de dados geográficos/espaciais em modo vetorial ou matricial, sem exigir um pagamento, para o acesso a seus dados.

## 2 As Geotecnologias e as Bases On-Line de Divulgação de Riscos Socioambientais: Exemplos a serem seguidos

Com os avanços e com os desenvolvimentos técnico-científico e informacional (SANTOS, 1996), a necessidade de obtenção de informações sobre o posicionamento, a área ou a distância de um determinado local, objeto ou fenômeno (prédios, ruas, rodovias, cidades, fazendas, municípios, regiões, estados, portos, entre outros), aumentou consideravelmente; e a rapidez com que estas informações eram processadas inviabilizou os sistemas e as metodologias, até então, utilizadas (ASSAD; SANO, 1998). Assim, as geotecnologias, oriundas da evolução tecnológica dos sensores remotos, o processamento eletrônico de dados e a popularização de equipamentos, como os dos sistemas de posicionamento global (GPS), de escaneamento, de impressão, além dos computadores pessoais, etc., com configurações e com *softwares* propícios para o processamento de grande número de informações, resolveu grande parte dos problemas de tempo, de falta de técnicos capacitados e de precisão, relativamente ao volume de informações geradas por mapas.

Portanto, a utilização dessas geotecnologias, aliada às metodologias de análise espacial, pode subsidiar a tomada de decisões, por parte do poder público, no planejamento do ordenamento territorial, nas escalas local, regional, nacional e, mesmo, internacional. Dessa forma, o uso de geotecnologias, na atualidade, por se tratar de uma ferramenta que auxilia diversos profissionais, assume grande importância, a partir do momento em que consegue trabalhar com diversas informações (uso do solo, hidrografia, estradas, geologia, geomorfologia, etc.), em um mesmo ambiente computadorizado. Nesses ambientes, há a possibilidade de se inserir e de se integrar, numa única base de dados, informações espaciais, provenientes de dados cartográficos de diversas fontes, além de oferecer mecanismos, para combinar várias informações, através de algoritmos de manipulação e de análise, bem como para consultar, para recuperar, para visualizar e para plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados (DAVIS; CÂMARA, 2001).

Nesse sentido, em se tratando de geotecnologias, é importante observar que,

na atualidade, existem três tipos principais de manipulação, de disponibilização e de visualização de dados cartográficos na internet ou fora dela.

Há as atividades de geoprocessamento *off-line*, isto é, sem conexão com a internet, como, por exemplo, os programas ArcGis e QGis (SILVA, 2013; COSME, 2012), que podem ser compreendidos como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que manipulam dados e informações espaciais/cartográficas, os quais, posteriormente, podem migrar para a rede mundial de computadores.

Há outras ferramentas, que possibilitam a elaboração do produto cartográfico direto na internet, como o Google Earth, o Google My Maps e o ArcGis Online (CARDOZO, 2016; PAZIO; GOMES, 2017), considerados ferramentas WebGis ou SIG Web (SILVA, 2013; SANTANA, 2009), que permitem ao usuário a manipulação e a coleção de camadas - vetoriais e matriciais - e a disponibilização dos dados resultantes do processamento na *web*.

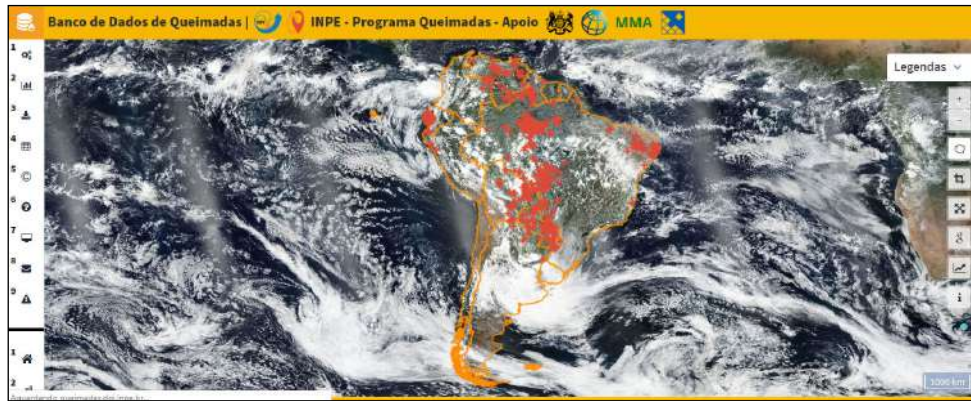
Por fim, existe uma terceira forma de visualização de dados cartográficos digitais, de uso cada vez mais comum, representada, principalmente, por plataformas *on-line*, nas quais a informação espacial é adicionada, direta e automaticamente, na internet, com possibilidade de acesso, via dispositivos de celular, por meio de comunicação entre torres de telefonia, entre satélites e entre aparelhos celulares pessoais, em que as informações dos usuários são monitoradas e incorporadas a uma base de dados espaciais – ruas e vias “em nuvem”, por meio de algoritmos de programação, como se vê nos aplicativos Google Maps, Uber, Waze e outros.

Dos três tipos de ambientes citados (SIG, WebGis e plataformas “em nuvem”), o último merecerá maior destaque, nos próximos anos, devido, principalmente, ao atual momento dos avanços na cartografia e nas geotecnologias, as quais anunciam o aparecimento de uma neocartografia em ambiente computacional (FREITAS, 2014; FERREIRA, 2016), sem tratamento prévio em programas de geoprocessamento, de uso cada vez mais comum entre usuários que não dominam técnicas cartográficas, a qual poderá ser acessada diretamente em aparelhos celulares.

Assim, as geotecnologias – independente da forma de disponibilização, são utilizadas em diversos estudos, que demandam processamento ágil de informações geográficas de regiões grandes e médias, como podemos observar no estudo de Kouakou e Silva (2009), que aplicaram essas técnicas na avaliação do geopotencial agroterritorial de um país africano; na pesquisa de Zhang e Baltsavias (2005), com foco na melhoria e na atualização da base de dados rodoviários, por meio do uso de técnicas de análise de imagens; e no estudo de Batistella, Valladares e Bolfe (2008), que utilizaram imagens de monitores Landsat no monitoramento da expansão agropecuária, no Estado da Bahia (Brasil). Estes são exemplos de usos diversos de uma tecnologia, que está disponível para qualquer profissional.

Nesse caso, é possível encontrar, na internet, uma série de programas e de aplicativos, que disponibilizam informações espaciais, para análise ou, somente, para visualização, pelos usuários, quanto à ocorrência de determinado objeto ou fenômeno, oriundo ou não da atividade humana, que pode sugerir riscos ou ameaças a vidas. Assim, alguns *sites* oferecem séries de arquivos vetoriais (.shp, .kmz, .kml) e matriciais (.tiff, .jpeg, etc.) aos seus usuários, que podem ser considerados como repositórios de dados para o geoprocessamento. Na sua maioria, essas ferramentas não necessitam de cadastro, por parte do usuário, bastando, para o acesso às informações, a visita direta à *homepage* da instituição/empresa.

Como exemplo de *site* governamental, que divulga dados sobre queimadas e sobre focos de calor no território brasileiro, temos a página *web* desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que permite acesso ao sistema de monitoramento operacional de focos de queimadas e de incêndios florestais, detectados por sensores instalados em diversos satélites, que auxiliam nas atividades de fiscalização de órgãos governamentais em áreas de possíveis atividades de desmatamento (Figura 1).

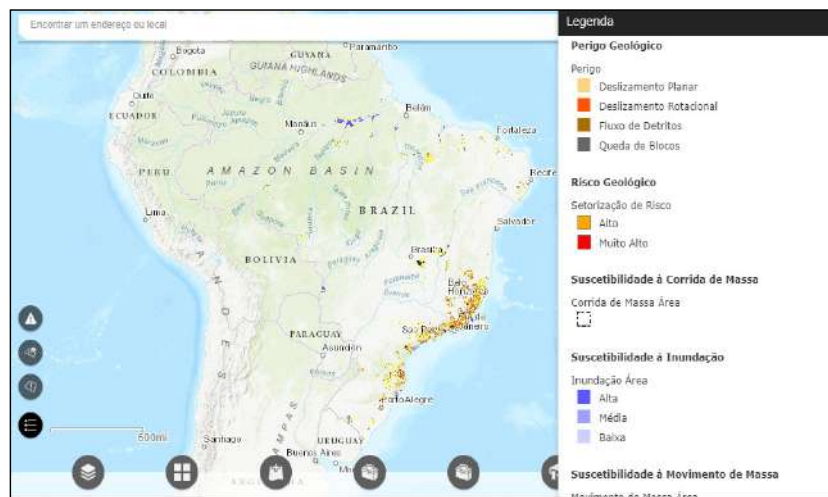


Fonte: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>

**Figura 1.** Monitoramento de queimadas e incêndios por satélite em tempo quase-real

O site de monitoramento de queimadas possibilita o *download* de dados nos formatos *shapefile* (*shp*) e/ou *Keyhole Markup Language* (*kml*), que podem ser exportados e manipulados em programas de geoprocessamento, como o ArcGis e/ou o QGis. É importante destacar que os dados deste *site* já possibilitaram inúmeras publicações de trabalhos acadêmicos ou de profissionais, que atuam no combate a atividades ilícitas, enfatizando áreas de risco de incêndios florestais, em todos os biomas brasileiros.

As figuras que seguem também são exemplos de *homepages* desenvolvidas por órgãos governamentais, que se preocupam em divulgar a localização de áreas e de eventos de inundação, de deslizamentos ou outros acontecimentos críticos, que podem causar perdas de vidas. São dados oriundos de radares e de estações meteorológicas, localizadas no território brasileiro, que cobrem boa parte das regiões, com destaque para o litoral Sul-Sudeste do Brasil.

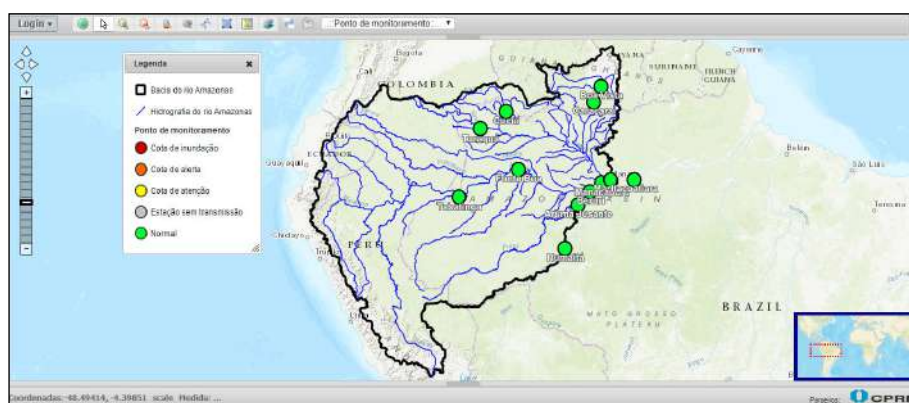


Fonte: <https://geoportal.cprm.gov.br/desastres/>

**Figura 2.** Página do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), para visualização de mapas *on-line* de desastres

A Figura 2 e a Figura 3, da página do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), enfatizam os riscos geológicos ligados à atividade-fim do órgão, apresentando, também, informações de monitoramento das principais bacias hidrográficas brasileiras, com possibilidade de visualização de dados sobre cotas de inundação, que vão do normal ao risco de inundação. A junção dessa diversidade de informações tem potencial, para disponibilizar aos gestores municipais uma base de conhecimento bastante confiável, a partir de dados de campo,

que permitem a elaboração de mapas temáticos, os quais poderão servir de subsídio em tomadas de decisões, por parte de atores do poder público municipal.



Fonte: <https://www.cprm.gov.br/sace/>

**Figura 3.** Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

A Figura 4, que ilustra o Mapa Interativo do *site* do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), disponibiliza a usuários uma série de informações úteis. Porém, como nos exemplos anteriores, consideramos que tal serviço precisa ser incrementado, principalmente, quanto à disponibilização de informações, antes de mais nada, por meio do aporte de maiores investimentos públicos.

Com o avanço no uso de geotecnologias, pelos órgãos públicos de monitoramento de riscos, é possível que as análises espaciais, bem como os resultados destas análises, sejam aperfeiçoadas, e que as ferramentas de produção cartográfica, ou seja, os dados oriundos da espacialização dos eventos de risco, tragam mais informações especializadas e possibilitem o ordenamento eficaz das áreas de risco ocupadas, atualmente.



Fonte: <http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/>

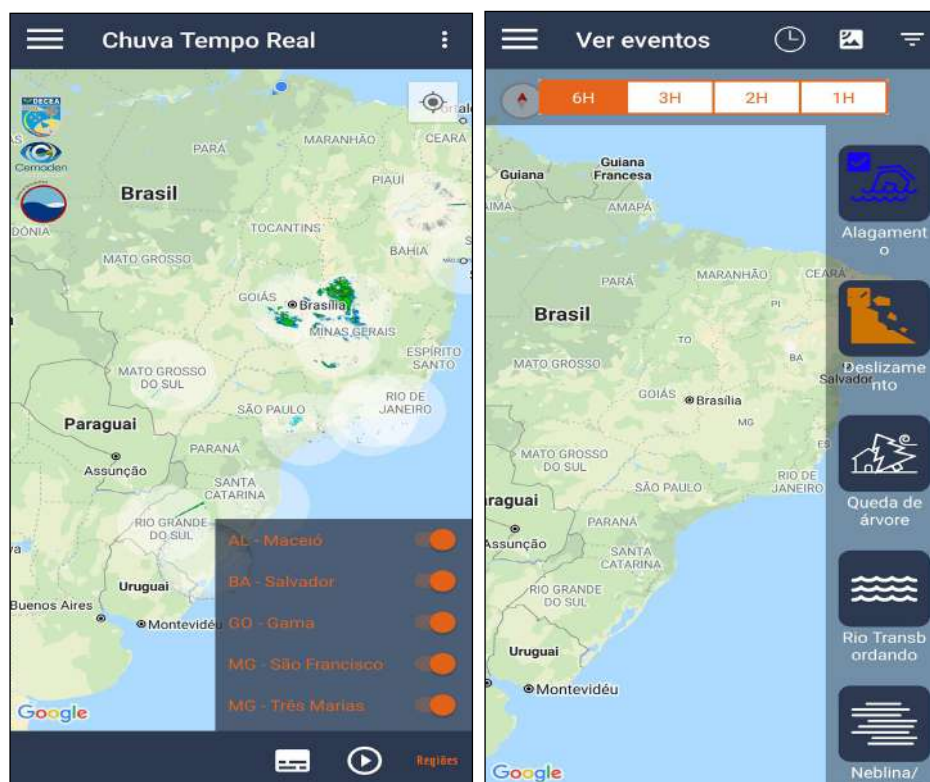
**Figura 4.** Imagem do *site* do Mapa Interativo do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN).

O *site* do CEMADEN é intuitivo, como os demais *sites* apresentados, até agora, não necessitando de cadastro, por parte do usuário, para a visualização dos dados de interesse. Neste *website*, o usuário pode obter dados pluviométricos das Estações do CEMADEN, bastando a inserção de vetores de pesquisa e um endereço de e-mail,



podendo, posteriormente, receber os conteúdos de sua pesquisa, por meio de um *link*, enviado para o endereço eletrônico particular do usuário.

A Figura 5 mostra um tipo de acesso a dados, que vem se tornando muito comum, nos dias de hoje: o acesso por aplicativos de celular. O aplicativo *Sistema de Observação e Previsão de Tempo Severo (SOS Chuva)*, desenvolvido pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), visa divulgar informações de pesquisas sobre previsão imediata de tempestades, com base no conhecimento adquirido sobre as propriedades físicas das nuvens, oriundas de projeto próprio do CPTEC/INPE.



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.inpe.cptec.soschuva.campinas>

**Figura 5.** Imagem do aplicativo SOS Chuva

As informações do *site* institucional sobre este aplicativo enfatizam que a ferramenta não tem abrangência nacional, pois utiliza apenas um radar, que opera em Campinas, há 24 meses (duas estações chuvosas). Eis a perspectiva do projeto que deu origem ao aplicativo:

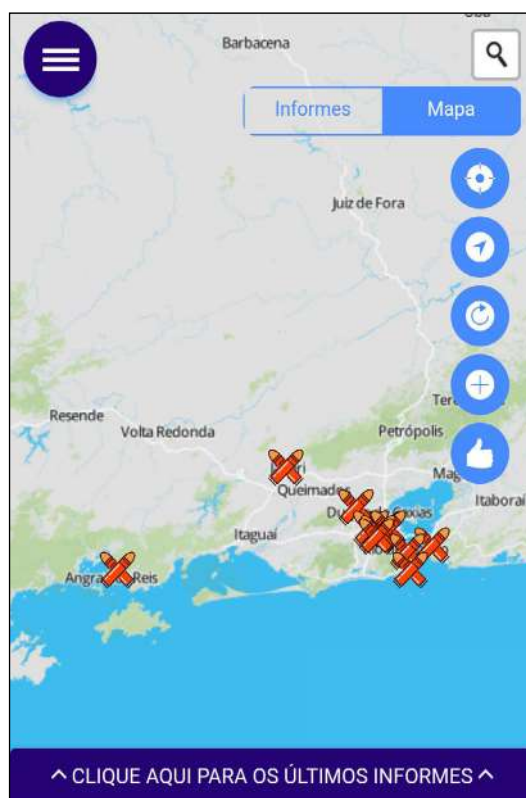
De forma inédita esse projeto irá instalar detectores de granizo para criar uma base de dados que forneça informações não somente sobre a ocorrência de granizo, mas também do seu tamanho. Além das diversas componentes de estudo, sejam elas ligadas a eletrificação, propagação, crescimento do volume de alguns hidrometeoros, como as taxas de crescimento do topo e dos processos microfísicos, este estudo visa desenvolver o SIGMASOS (INPE, 2016).

Desse modo, as funcionalidades ainda são parciais, porém as potencialidades indicam que esse tipo de aplicativo terá destaque, nos próximos anos, devendo abranger todas as regiões brasileiras.

Nesse sentido, a disponibilidade de dados e de informações sobre riscos sociais e ambientais diversos segue para um cenário de uso de ferramentas disponibilizadas em sistemas, que funcionam em aparelhos celulares e em *tablets*, cuja visualização (de

dados espaciais, principalmente), utilizando uma plataforma cartográfica, deve tornar a produção cartográfica cada vez mais participativa ou colaborativa, visto que grande parte das bases cartográficas está disponível gratuitamente na internet e que a própria produção do mapa não é mais fruto, apenas, do trabalho isolado de um profissional, mas, sim, uma construção coletiva, que informa, conscientemente, sobre os fenômenos sociais, como se observa no trabalho de Almeida e Ventorini (2014), que utilizaram técnicas de mapeamento participativo na identificação de áreas de risco de movimentos de massa, no bairro Senhor dos Montes, em São João Del-Rei, em Minas Gerais.

A Figura 6 e a Figura 7 demonstram esse tipo de tendência, com as informações de um *site* e de um aplicativo, respectivamente, por meio dos quais os usuários podem informar dados de violência e de criminalidade em bairros de uma cidade (Figura 6) ou em todo o território brasileiro (Figura 7). Desse modo, é importante repensar a noção de colaboração, relativamente ao mapeamento de riscos sociais e ambientais, nos últimos anos, uma vez que os mapas resultantes destes sistemas são produzidos, em grande parte, com a colaboração social.

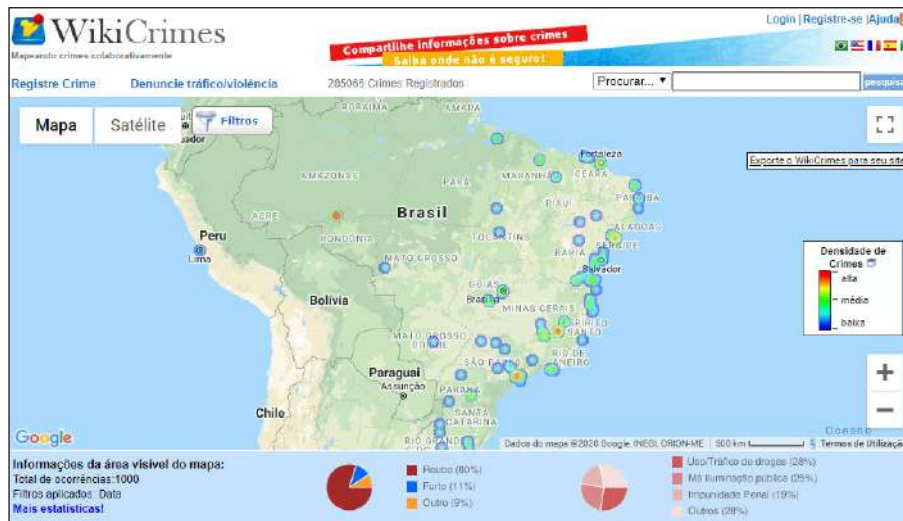


Fonte: <https://www.ondetemtiroteio.com.br/>

**Figura 6.** Imagem do aplicativo *Onde tem tiroteio*

A Figura 6 e a Figura 7 ilustram ferramentas, que funcionam sobre uma base cartográfica, com geometrias de ruas, de cursos d'água, de limites e de toponímias (Google Maps) e com informações institucionais/empresariais, nas quais é permitido ao usuário a inserção de outras informações espaciais, fornecidas de maneira voluntária ou automática. Nesses casos, deve-se considerar que os adjetivos "participativo" e/ou "colaborativo" podem caracterizar diversos tipos de produtos cartográficos como estes, oriundos destas formas de coleta e de aquisição de dados, pois as informações decorrem de uma determinada parcela da sociedade. Assim, diversos tipos de usuários podem participar/colaborar ativamente para a elaboração desses mapeamentos, como associações de classe, comunidades ou grupos sociais, que contribuem

com o processo de construção do mapa ou da base cartográfica, induzindo ou assistindo diretamente o elaborador (indivíduo, grupo ou empresa) na identificação da localização e na definição dos signos e dos símbolos, que comporão o produto cartográfico final, seja para a análise de riscos ou para outros estudos/trabalhos.



Fonte: <http://www.wikicrimes.org>

**Figura 7.** Imagem do site do WikiCrimes

Como outros programas e aplicativos, o WikiCrimes (Figura 7) utiliza a base do Google Maps, que possibilita ao usuário um ambiente colaborativo, para o *upload* de informações sobre criminalidade e sobre ações de violência no território brasileiro. Sites ou aplicativos como esse utilizam a análise de dados pontuais, por meio da função de *Kernel*, que pode ser definido como um método e/ou um processo, cujo produto final possibilita ao usuário a visualização da intensidade do padrão de pontos de objetos na superfície terrestre (SANTOS; ASSUNÇÃO, 2003), isto é, estima a intensidade com que ocorre um determinado objeto pontual. No caso do site WikiCrimes, ações criminosas, identificadas, anteriormente, por meio de informações inseridas pelos usuários<sup>3</sup>.

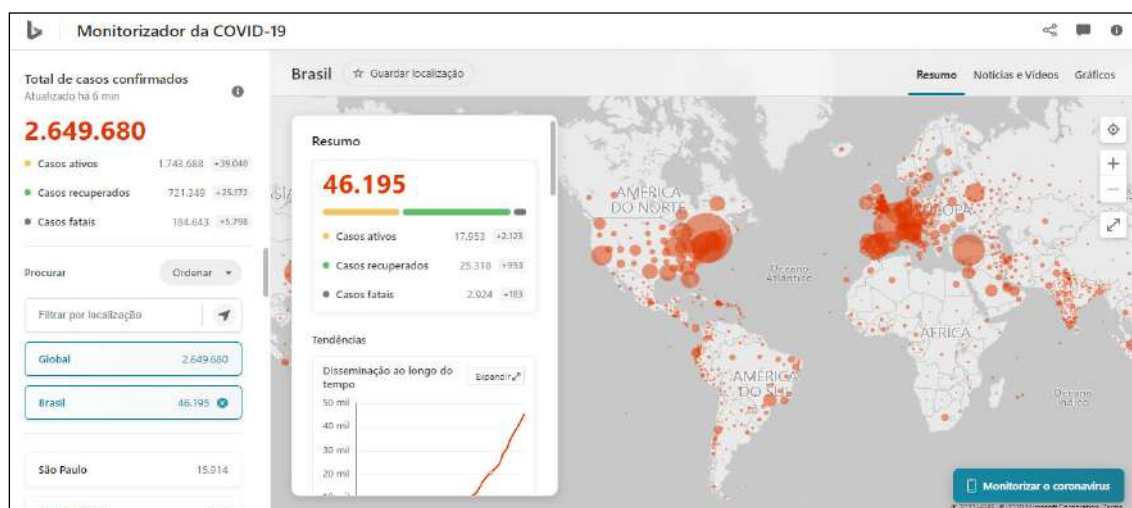
Segundo Santos e Assunção (2003), o *kernel* associa um valor a um ponto da região de estudo, baseado na distância de cada evento vizinho a ele. Sendo assim, o critério de vizinhança é definido pelo usuário, que determina a quantidade de suavização. A função de *kernel* é, para Câmara e Carvalho (2004, p. 60):

A forma mais simples e usual é feita pelo ajuste de uma função bidimensional aos eventos considerados, compondo uma superfície cujo valor será proporcional à intensidade de eventos por unidade de área. Essa função realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um até o ponto que está sendo estimado.

Na prática, com essa estimativa pontual de intensidade, é possível cartografar qualquer tipo de evento pontual, gerando, assim, a verificação da intensidade dos eventos. Câmara e Carvalho (2004) caracterizam “eventos” como qualquer tipo de fenômeno que pode ser localizado em um espaço, ressaltando que esses pontos não estão associados a valores e que alguns podem conter atributos de identificação. A vantagem no uso da função de *kernel* é a fácil visualização dos locais mais críticos, através da intensidade de cores, pela identificação dos *hotspots*<sup>4</sup>, ou “áreas quentes”, de acordo com os locais, nos quais a concentração do fenômeno ou do processo é mais intensa.

Dessa forma, o método de *kernel* é interessante e recomendado, para a elaboração de produtos cartográficos em nível local, que analisam informações de risco, ameaças ou vulnerabilidades socioambientais e de segurança pública, como é o caso do trabalho de Alvarez (2011), que mapeou diversas ocorrências de crime e tipos de violência em um município amazônico, a partir de informações coletadas em campo, considerando boletins de ocorrências policiais (BOs). Ainda sobre esse tipo de análise, podemos citar outros trabalhos, que utilizam o *kernel* em análises espaciais de eventos, como os de Carneiro e Santos (2003), voltado para o estudo de localização de focos de doenças endêmicas; de Souza-Santos e Carvalho (2000), de detecção de focos de dengue; e de Silva e Sadeck (2011), com foco nos estudos pesqueiros.

Outros produtos cartográficos disponíveis na internet buscam mostrar informações espaciais, por meio da atualização automática de mapas prontos, com o uso de simbolizações específicas de pontos, de linhas ou de polígonos no mapa (JOLY, 1990; ARCHELA; THÉRY, 2008). Como um exemplo interessante de visualização de ocorrência de doenças, destacamos o *site* de monitoramento do vírus Covid-19, que mapeou a localização de casos dessa doença, durante a pandemia mundial, em 2020. Essa ferramenta está disponível para acesso, via *site* ou via aplicativo de celular, e é um exemplo da importância do uso de mapas e de geotecnologias, para o monitoramento e para o investimento em políticas públicas, com vistas à diminuição de casos de doenças, que envolvem riscos para a sociedade global.



Fonte: <https://bing.com/covid/local/brazil>

**Figura 8.** Imagem do *site* Monitorizador da COVID-19

Outros *sites* ou aplicativos apresentam operações espaciais, baseadas na definição de áreas de influência, a partir da identificação de determinado objeto ou fenômeno (ponto, linha ou polígono), com delimitação de um "*buffer*", que permite ao usuário a identificação rápida da área de influência de diversas atividades humanas (agricultura, estradas, indústrias, hidroelétricas, etc.), de atividades poluidoras (aterros sanitários), de áreas de ocorrência de doenças, de criminalidade, etc. Desse modo, os trabalhos a serem realizados com esse tipo de operação podem ser diversos, e dependem muito do profissional que utilizará essa técnica, como, por exemplo, no trabalho de Moraes *et al.* (2001), que discute o uso de operações espaciais na geração de um *buffer* da distribuição espacial de fragmentos florestais remanescentes em microbacias; e no estudo de Bernini, Oliveira e Moret (2007), que analisa o uso dos recursos naturais em unidades de conservação, entre outros, que se utilizam dessa metodologia de análise espacial.

Existem inúmeros sistemas, além dos *sites* e dos aplicativos apresentados neste texto, produzidos com os mesmos objetivos, de disponibilizar acesso a dados ou de divulgar informações espaciais, e com diferentes finalidades. As ferramentas aqui apresentadas divulgam informações sobre risco à vida, mas podem, também, apresentar temáticas diversas. Essas ferramentas apontam para uma tendência a ser seguida, nos próximos anos, isto é, instituições federais, estaduais e municipais – e empresas, deverão criar seus próprios *sites* e bases de dados cartográficas. A funcionalidade interatividade e a intuitividade permitidas por essas ferramentas facilita e otimiza a aplicação de políticas públicas, haja vista que a atualização das bases cartográficas em tempo real, como acontece com os aplicativos Uber e Waze, demonstra a importância do investimento, para a qualidade de vida e para a mitigação de possíveis riscos.

Contudo, além da competência de cada instituição em gerar arquivos .shp, .kml ou em outro formato, é necessário que o usuário saiba a forma de aquisição e/ou de geração da informação, os tipos de resolução de cada dado (no caso de imagens de sensoriamento remoto, é imprescindível que o usuário conheça as resoluções temporais, radiométricas, espaciais e espectrais), além de ter conhecimento da escala cartográfica, em que o dado foi coletado, para evitar generalizações entre diferentes dados vetoriais e matriciais, no momento da elaboração do mapa final.

Outros sites destacam, por exemplo, os metadados dos arquivos disponíveis, ou seja, as informações básicas sobre a geração: data de elaboração e/ou coleta, escala cartográfica, entre outras. E também existem blogues (como o <http://geoluislopes.com> e o <http://gaptaufpa.blogspot.com/>), que permitem o *download* de tutoriais dos principais *softwares* de geoprocessamento (Terraview, QGis, KosmoGis, Envi, ArcGis, GvSig, etc.), compatíveis com os arquivos vetoriais e matriciais dos *sites* apresentados.

## Considerações finais

As atividades de gerenciamento, de monitoramento e de ordenamento territorial são exemplos de como os estudos sobre riscos – sociais ou ambientais, devem ser otimizados, com vistas à obtenção dos benefícios alcançados pela evolução das chamadas geotecnologias. Desse modo, as geotecnologias apresentam significativo potencial para a identificação da localização e para o monitoramento frequente de objetos e de fenômenos, devido à obtenção de informações sinópticas, sintetizadas, de locais de difícil acesso ao usuário, auxiliando na análise de fenômenos e de processos distantes do pesquisador/técnico, sendo de fundamental importância para o (re)conhecimento dos territórios, com potencial de identificação de riscos, de ameaças ou de outras vulnerabilidades.

Com a utilização de computadores mais velozes, a visualização de imagens e a posterior análise espacial são realizadas de forma ágil e automatizada. Contudo, somente com a verificação posterior, em campo, com a padronização e com o desenvolvimento de metodologias de análise espacial dos dados coletados, o produto cartográfico final mostrará sua importância, pois da verificação *in loco* e da análise espacial dos dados de campo depende a veracidade das informações contidas no produto final, seja cartográfico ou não. O monitoramento de riscos socioambientais é uma das várias atividades, que podem se beneficiar do uso de geotecnologias e de suas operações espaciais, pois a identificação ou a expansão de áreas de risco torna-se mais ágil e precisa, além de possibilitar o benefício da contenção de recursos financeiros.

Os mapas são tecnologias imprescindíveis à gestão pública municipal, para a compreensão do município e de seu território, visto que permitem a identificação e a análise de áreas de riscos e a definição de planos municipais (plano-diretor, de resíduos sólidos, de mobilidade, de movimento de massa, de alagamentos, etc.),

além de servirem para o estabelecimento de uma série de correlações entre objetos, fenômenos e temas e, além disso, transformando qualquer região em um laboratório infinito, para a produção cartográfica. Assim, os setores e os temas da educação, da segurança, do meio ambiente, da saúde, da economia, do transporte, do lixo, etc., são apenas alguns dos diversos exemplos e das temáticas, que podem ser abordadas e planejadas adequadamente, para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Os desastres ocorridos, nos últimos anos (nos municípios de Mariana e de Brumadinho, em Minas Gerais), mostram uma tendência a um monitoramento e a um gerenciamento mais adequado dos eventos de risco, no Brasil, visto que vêm surgindo cada vez mais instituições interessadas em estudar esta temática, além da criação de programas de pós-graduação, que têm direcionado esforços, para promover a análise de atividades que possam causar perdas de vidas (como na mineração, em barragens, etc.). Contudo, dado o apresentado neste trabalho, consideramos que as geotecnologias ainda não estão sendo totalmente exploradas e que possuem um grande potencial a ser descoberto, pelo poder público, tanto na esfera federal, em que é uma tecnologia subutilizada, com poucos exemplos de emprego, quanto na esfera municipal, na qual seu uso é quase nulo.

## Notas

2 As análises deste trabalho, sobre os *sites* e aplicativos, objetivam relatar brevemente as principais características e funcionalidades que podem ser acessadas pelos usuários em um primeiro momento. Não se pretende discutir a estrutura da *homepage*, a linguagem de programação e outros assuntos técnicos de informática ou da temática especializada apresentada nessas ferramentas.

3 Como apresentado no *site*, a ferramenta apresenta a perspectiva de ser uma plataforma colaborativa de mapeamento de crimes, com opções de registro de crimes ou de denúncias de tráfico ou de violência.

4 Os pontos ou áreas quentes expressam no mapa a localização com maior intensidade de um determinado evento e pode identificar no mapa casos em diversas regiões mapeadas, dependendo da concentração e intensidade dos eventos. Esse tipo de operação espacial é comum em estudos e ações de monitoramento de eventos de risco, devido, principalmente a facilidade de elaboração e de leitura do produto final.

## Referências

- ALMEIDA, G. P.; VENTORINI, S. E. Mapeamento participativo de áreas de risco a movimento de massa no bairro Senhor dos Montes – São João Del-Rei, MG. Caderno de Geografia, v. 24, n. esp. (1), p. 79-93, 2014.
- ALVAREZ, W. de P. Geografia e segurança pública: violência, pobreza e a criminalidade, o uso de sistema de informações geográficas na detecção do crime no município de Marituba. Belém: FCG/UFPA, 2011.
- ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. Confins: Revista Franco-Brasileira de Geografia, n. 3, 2008. Disponível em: <http://confins.revues.org/index3483.html>. Acesso em: 15 out. 2019.
- ASSAD, E.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas**. Brasília: Embrapa – SPI; Embrapa – CPAC, 1998.
- BATISTELLA, M; VALLADARES, G. S; BOLFE, E. L. Monitoramento da expansão agropecuária como subsídio à gestão ambiental estratégica na região oeste da Bahia, Brasil. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. São Paulo: SENAC, 2008, p. 163-195.

- BERNINI, H.; OLIVEIRA, D. de S.; MORET, A. de S. O uso de geoprocessamento para a tomada de decisão na utilização de recursos naturais: estudo de caso RESEX do Rio Ouro Preto/RO. *In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 12., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2007, p. 2315-2322.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise espacial de eventos. *In: DRUCK, Suzana. Análise espacial de dados geográficos*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004, p. 53-76.
- CARDOZO, Á. O Google My Maps como ferramenta na aprendizagem de uma cartografia dinâmica e interativa no ensino médio das escolas públicas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS*, 18., 2016, São Luiz. **Anais [...]**. São Luiz, 2016. p. 1-8.
- CARNEIRO, E. O.; SANTOS, R. L. Análise espacial aplicada na determinação de áreas de risco para algumas doenças endêmicas (Calazar, Dengue, Diarréia, D.S.T. - Doenças Sexualmente Transmissíveis e Tuberculose), no Bairro de Campo Limpo - Feira de Santana (BA). **Sitientibus**: Revista da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2003.
- COSME, A. **Projeto em sistemas de informação geográfica**. Lisboa: Lidel, 2012.
- DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. *In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V. Introdução da ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001, p. 42-76.
- FERREIRA, R. Atlas, Cibercartografia e Neogeografia: uma perspectiva tecnológica sobre a evolução moderna da ciência geográfica. **Revista IBEROGRAFIAS**, n. 12, p. 31-44, 2016.
- FREITAS, M. I. C. Da cartografia analógica à neocartografia: nossos mapas nunca mais serão os mesmos? **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume Especial Cartogeo, p. 23-39, 2014.
- INPE. O projeto. **SOS chuva**. 2016. Disponível em: <http://chuvaproject.cptec.inpe.br/soschuva/projeto.html>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- JOLY, F. *A cartografia*. Campinas: Papirus; 1990.
- KOUAKOU, R. N.; SILVA, J. X. Geoprocessamento aplicado à avaliação de geopotencialidade agroterritorial. *In: SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009, p. 301-352.
- MORAES, J. F. L. *et al.* Técnicas de Geoprocessamento na Definição de Diretrizes de Políticas Públicas para Fins de Planejamento Agroambiental. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR*, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 947-953.
- PAIVA, J. C.; RODRÍGUEZ, A.; CORREIA, V. R. M. Métodos computacionais para analisar padrões de pontos espaciais. *In: GISBRASIL 99*. 1999, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: FATORGIS, 1999.
- PAZIO, E.; GOMES, M. Cartografia Digital no Ensino de Geografia: Google Terra e My Maps, contribuições para a formação de professores. *In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE-ENANPEGE*, 2017, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANPEGE, 2017. p. 1561-1572.
- SANTANA, S. A. **Modelagem de comunicação em WebGis para a difusão de dados geográficos e promoção da análise espacial**. 2009. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2009.
- SANTOS, A. A. da; ASSUNÇÃO, R. M. Uma aplicação de estrutura de dados eficientes na estimação de densidade de eventos espaciais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA*, 5., 2003, Campos do Jordão. **Anais [...]**. Campos do Jordão, 2003.
- SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado**. 4 ed. São Paulo: Hucitec, 1996.
- SILVA, C. N. **A representação espacial e a linguagem cartográfica**. Belém: GAPTA/UFPA, 2013.
- SILVA, C. N.; SADECK, L. W. Geoinformação na atividade pesqueira: uso de imagens de sensores remotos no monitoramento de recursos pesqueiros no litoral paraense. *In: PALHETA*

DA SILVA, João Marcio; SILVA, Christian Nunes (org.). **Pesca e territorialidades**: contribuições para análise espacial da atividade pesqueira. Belém: GAPTA/UFPA, 2011, v. 1, p. 221-239.

SILVA, C. N.; PALHETA, João Márcio; CASTRO, C. J. Methodological Guidelines for the Use of Geoprocessing Tools: Spatial Analysis Operations-Kernel, Buffer and the Remote Sensing Image Classification. **Agricultural Sciences**, v. 6, p. 707-716, 2015.

SOUZA-SANTOS, R.; CARVALHO, M. S. Análise da distribuição espacial de larvas de *Aedes aegypti* na Ilha do Governador. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 31-42, jan.-mar., 2000.

ZHANG, C.; BALSAVIAS, E. Melhoria e atualização de uma base de dados rodoviários por meio de técnicas de análise de imagens, usando múltiplas fontes de conhecimento e indícios. In: BLASCHKE, T; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG**: novos sistemas sensores-métodos inovadores. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 71-83.





# RISCOS COSTEIROS E MITIGAÇÃO EM SETORES URBANIZADOS DO LITORAL DO ESTADO DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL

Vanda de Claudino-Sales<sup>1</sup>

Fabio Perdigão Vasconcelos<sup>2</sup>

Adely Pereira Silveira<sup>3</sup>

## 1 Introdução

Erosão costeira é um problema global, afetando virtualmente todos os países do mundo. Em alguns casos, a erosão atinge estágios que resultam na ocorrência de elevados riscos de desastres socioambientais. As repercussões econômicas desses problemas são diversas, implicando por exemplo em degradação do meio natural, perdas de infraestrutura pública e destruição de propriedades privadas. Esses fatos podem ter sérias consequências na economia (sobretudo turismo e pesca), ecossistemas e saúde pública.

As causas principais da erosão costeira estão associadas com a subida do nível do mar que se encontra em curso globalmente na atualidade, e com o manejo e uso inadequado das áreas costeiras, além de algumas propriedades naturais desses ambientes. Do ponto de vista dos usos, frequentemente os riscos de desastres estão associados com a instalação de equipamentos urbanos e indústrias ou infraestrutura associadas com habitação, lazer e turismo.

No Estado do Ceará, no Nordeste do Brasil, nos anos 1950, um porto industrial foi instalado na capital, Fortaleza. As estruturas associadas ao porto, bem como outros fatores como a destruição das dunas que cruzavam setores do litoral para alimentar as praias (as dunas de *bypass*), produziram erosão intensa a sotamar (nas praias de oeste), responsável pela perda de mais de 500 m de praias em seis décadas, em particular no município vizinho de Caucaia. Por outro lado, no litoral leste, na localidade Praia de Canoa Quebrada, que é famosa nacional e internacionalmente, um recente processo de colapso de falésias resultou de usos inapropriados da área, associado a fatores naturais, criando riscos para a população de habitantes e turistas.

Com a ação da abrasão associada com a subida do nível do mar, essas áreas costeiras estão sob riscos de desastres socioambientais ainda maiores. As condições ambientais associadas com esse quadro de riscos de desastres serão analisadas e discutidas nesse capítulo nas áreas mencionadas. Propostas de mitigação são também consideradas para ambas os setores costeiros analisados.

---

1 Professora-Doutora do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú, Ceará. E-mail: vcs@ufc.br.

2 Professor-doutor do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Ceará. E-mail: fabioperdigao@gmail.com.

3 Pesquisadora-doutoranda do Laboratório de Gestão Integrada da Zona Costeira (LAGIZC) da Universidade Estadual do Ceará. E-mail: delysilveira@gmail.com.

## 2 Metodologia

Os dados apresentados aqui resultam de pesquisa bibliográfica, análise de mapas e de imagens de satélite, e de trabalho de campo nas áreas de estudo.

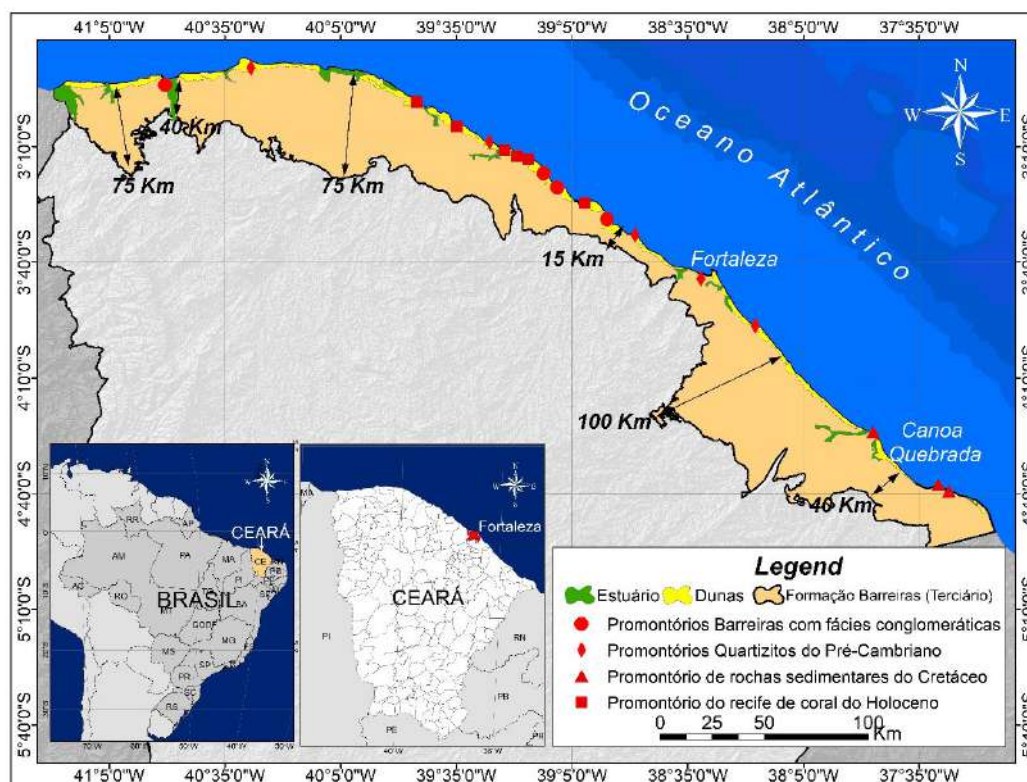
Em relação à Fortaleza-Porto do Mucuripe, os dados de ventos e correntes foram coletados no Ministério da Marinha, através da Diretoria de Hidrografia e Navegação. Os dados de batimetria e subida do nível do mar foram digitalizados a partir das cartas de navegação da Marinha. Finalmente, foram realizadas medições em imagens de satélite do Google Earth, para definir os volumes de relevo disponível e acumulados na faixa litorânea.

Em relação à Canoa Quebrada, foram realizados perfis topográficos com 300 m de extensão em seis diferentes localidades da faixa de praia, usando um equipamento do tipo “estação total”. Foram ainda analisadas imagens de satélite de elevada resolução dos anos 2004, 2008 e 2017, na perspectiva de definir o comportamento do colapso da falésia, e definir a velocidade de recuo. Para a análise e georeferenciamento das imagens, foi utilizado o *software* QGIS, versão 2.12, desenvolvido pelo “Open Source Geospatial Foundation—OSGeo”. Foi utilizado ainda o DATUM SIRGAS 2000, projeção UTM zona 24 S.

## 3 Características naturais da área de estudo

Ceará é um dos estados da margem equatorial nordestina. Sua área costeira está situada entre as latitudes 2°47'S e 4°50'S, e se estende por 573 km. É caracterizada por longas e planas praias arenosas, irregularmente interrompidas por pontas litorâneas, pequenos estuários com manguezais, falésias, rochas de praia, amplo campo de dunas e pequenas barreiras (CLAUDINO-SALES, 2005, 2002, 1993). As pontas litorâneas são caracterizadas, com raras exceções, pela ocorrência de falésias com altitudes variando entre 3 e 20 m. A Formação Barreiras, que representa sedimentos correlativos da evolução das superfícies aplainadas do interior do continente (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2002), que cria uma superfície tabular na borda do continente com menos de 40 m de elevação, a qual se estende da faixa de praia até cerca de em média 60 km continente adentro. Ela aflora na faixa de praia na forma de falésias com altitudes situadas entre 3 e 15 m (CARVALHO; CLAUDINO-SALES, 2016) (Figura 1)

As dunas móveis são orientadas primordialmente na direção E-W, e são sobretudo do tipo barcanas e dunas transversais (CLAUDINO-SALES et al., 2017; JIMENEZ et al, 1999). A taxa de migração das dunas varia entre 9 m/ano e 22 m/ano, com uma média da ordem de 11 m/ano (CLAUDINO-SALES et al, 2017). Com frequência, as dunas realizam o transpasse (*bypass*) através de pontas litorâneas, alimentando dessa forma as dunas situadas a barlar. Esse processo é um elemento importante do balance sedimentológico da zona costeira, considerando-se que ele compensa a erosão que ocorre a sotavento das pontas, resultando do barramento que as pontas realizam dos sedimentos transportados pelas correntes de deriva litorânea.



**Figura 1.** Localização e caracterização geológica e geomorfológica da zona costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil

As condições climáticas são controladas pela ZCIT – Zona de Convergência Intertropical (e.g. WANG et al, 2005). Durante o outono, a ZCIT se encontra na sua posição máxima em relação ao hemisfério sul, resultando em estação chuvosa. Depois de abril, a ZCIT retorna ao hemisfério norte, do que resulta a presença da estação seca (ZANELA, 2007). O clima na zona costeira é tropical subúmido, com precipitação média anual situada entre 1000 mm e 1420 mm/ano (FUNCEME, 2019; CLAUDINO-SALES, 1993).

Em relação às temperaturas, estas permanecem mais ou menos constantes ao longo do ano, com médias anuais da ordem de 27.5°C (FUNCEME, 2019). Os ventos alísios dominam na área, e apresentam um comportamento similar ao da precipitação, mas em sentido contrário. À medida em que a precipitação decresce, a velocidade dos ventos aumenta; durante a estação chuvosa, a velocidade do vento é aproximadamente a metade da velocidade registrada na estação seca. Em média, a velocidade do vento no litoral é da ordem de 8 m/s na estação seca (segundo semestre do ano). Uma característica particular do regime eólico é a direção, sempre de leste para oeste, sobretudo sudeste e nordeste (FUNCEME, 2019).

Quanto às ondas, a direção predominante é 90°. Elas apresentam altura máxima significativa da ordem de 1.0 a 1.5 m (CLAUDINO-SALES et al, 2017; INPH, 1996). As ondas são sobretudo do tipo “sea”, com ocorrências ocasionais de “swell” de Ne (MAIA, 1998). A área é característica de marés semidiurnas, com regime mesotidal, já que as máximas oscilam na faixa de 3,1m (DHN, 2019).

Quanto às variações do nível do mar, a curva mais referenciada é a de Martin e Suguio (1999), que indica um nível de +5 m em torno de 5.1 mil anos. Um aspecto único desse segmento costeiro é o fato de que a zona costeira não é influenciada por tempestades, sendo rara a existência de ondas extremas. Ao contrário, ventos unidirecionais e ondas de mesma direção, ambos persistentes, dominam a dinâmica

costeira, os quais criam uma forçante que induz ao surgimento de correntes de deriva litorânea direcionadas para oeste. Essas correntes resultam em uma larga taxa de transporte de sedimentos (VASCONCELOS et al, 2007).

Em relação ao nível do mar, salienta-se que ele subiu cerca de 14 cm nos últimos 73 anos, como identificado em Fortaleza (para localização, ver Figura 1). Efetivamente, os dados obtidos através da análise das cartas náuticas de 1945 e 2018 da zona costeira de Fortaleza, levando em conta o nível do mar em ambas as cartas, indicam, portanto, que a subida do nível do mar é um importante elemento para ser considerado na dinâmica atual da zona litorânea do estado (VASCONCELOS et al., 2018).

A subida do nível do mar, associada com usos inadequados e inapropriados da zona costeira, estão produzindo uma grande degradação da área, a qual se caracteriza pela destruição de ecossistemas e geofomas. Esses usos normalmente estão associados com a construção e instalação de equipamentos diversos voltados para o desenvolvimento econômico, os quais, via de regra, resultam em degradação socioambiental, causando problemas de ordem econômica, social e ambiental. Essas situações serão analisadas a seguir, tomando-se como exemplos principais dois segmentos da zona costeira do Estado do Ceará, que são a área do porto/ponta do Mucuripe, em Fortaleza, e a Praia de Canoa Quebrada, na costa oeste (para localização, ver Figura 1).

#### 4 Problemas e riscos ambientais costeiros em Fortaleza, Ceará

A Ponta do Mucuripe, em Fortaleza, representa uma feição rebaixada (com apenas 1,5 m acima do nível da maré média), caracterizado por ser um afloramento de quartzitos pré-cambrianos (Figura 2A). A ponta se dispõe com a direção ESE-WNW, e foi intensamente ancorada por estruturas de engenharia a partir dos anos 1950 (Figura 2B). A deriva litorânea na área, assim como em todo o litoral do Estado, ocorre de leste para oeste. As areias, antes da instalação do porto, faziam o transpasse (*bypass*) através da ponta, alimentando dessa forma as praias a sotavento, por dezenas de quilômetros. Os dois espigões costeiros que foram construídos para proteger o porto das ondas, assim como do assoreamento, acabaram por eliminar o transporte de sedimentos a sotamar (PITOMBEIRA, 1995).

A quantificação do total de areias interceptadas pelo promontório e estruturas associadas ao porto permitiram uma estimativa razoavelmente fidedigna do montante transportado pela deriva litorânea na região, considerado como sendo da ordem de 860.000 m<sup>3</sup>/ano (MAIA, 1998). A interrupção da deriva litorânea por essas estruturas induziu larga acumulação de areia a barlar, da ordem de 825.000m<sup>3</sup>/ano (VASCONCELOS, 2018; MORAIS, 1993).

Desde a instalação do porto, a quantidade total de areia acumulada a barlar é aproximadamente 26,4 milhões de m<sup>3</sup>, o que resultou no surgimento de uma praia (a Praia do Serviluz) com cerca de 65,5 ha de área (VASCONCELOS, 2018; para localização, ver figura 2B). No entanto, parte das areias acumuladas no Serviluz, apesar da presença dos espigões costeiros, consegue realizar o *bypass* e ultrapassar essas estruturas, sendo transportada e depositada através da difração de ondas no segmento norte da bacia portuária. Esse processo foi responsável pelo surgimento da Praia Mansa (Figura 3), bem como por uma permanente situação de assoreamento no porto. Por essa razão, dragagens são frequentemente necessárias na bacia portuária, na perspectiva de permitir que navios de maior calado possam atracar sem encalhar. Levantamentos realizados por Vasconcelos (2018) indicaram que o total de areia dragada no porto desde os anos 1950 é da ordem de 21 milhões de m<sup>3</sup>.



**Figura 2.** (A) Ponta do Mucuripe, que representa um promontório rebaixado situado no segmento NE da cidade de Fortaleza, é uma feição natural que muda a orientação da linha de costa, de SE-NW para NE-SW. (B) O Porto do Mucuripe, instalado nos anos 1950, conta com dois espigões costeiros que foram construídos para proteger a baía portuária do ataque das ondas e do assoreamento. Os espigões interromperam a deriva litorânea, que se desloca para oeste.

A interrupção agressiva da tremenda quantidade de areias transportadas pela corrente longitudinal resultou na erosão de mais de 100 m de praias a sotamar da ponta litorânea/porto entre os anos 1960 e 1970 na cidade de Fortaleza (MORAIS, 1980). Numerosas estruturas litorâneas do tipo espigões costeiros foram construídos nesse segmento litorâneo para proteger a linha de costa da erosão (Figura 4). Esses equipamentos, no entanto, produziram uma maior ruptura do transporte longitudinal de sedimentos, de forma a estender a erosão para sotamar, por dezenas e dezenas de quilômetros a oeste (MAIA, 1998; MORAIS, 1980).

Em adição à interrupção da deriva litorânea, as dunas de *bypass*, que transportavam areias de leste em direção a oeste através da ponta litorânea, também foram completamente obstruídas por edifícios e estruturas urbanas, as quais destruíram completamente esse transporte ao longo das últimas décadas (CLAUDINO-SALES et al., 2019, 2017; Figura 5). Praticamente não tem mais areias realizando o *bypass* e alimentando as praias a sotamar (CLAUDINO-SALES et al., 2017; CLAUDINO-SALES, 1993), ou mesmo através da desembocadura do Rio Ceará, sem direção a oeste, para onde as areias se deslocavam antes (VASCONCELOS, 2018; para localização da foz do Rio Ceará, ver Figura 4).



**Figura 3.** O *bypass* residual de areia através dos espigões costeiros e do promontório resultaram na formação da Praia Mansa, e continua alimentando esse segmento costeiro regularmente. O *bypass* também produz assoreamento na bacia portuária, a qual precisa ser dragada com frequência (Imagem Google Earth, 2019).



**Figura 4.** Espigões costeiros instalados no litoral de Fortaleza, para proteger a linha de costa da erosão resultante da interrupção da corrente longitudinal (deriva litorânea) produzida pelo porto e estruturas associadas, construídas a barlamar (a leste da área ilustrada) (Fonte: Imagem Google Earth, 2019).



**Figura 5.** (A). Costa leste de Fortaleza e entorno do Porto do Mucuripe, com largos campos de dunas. A seta vermelha indica a área onde o *by-pass* de dunas ainda ocorreria logo depois da construção do porto. (B). Completa urbanização do campo de dunas, o que resultou na interrupção do *bypass* de areias para o segmento norte do litoral de Fortaleza.

As consequências dessas situações na dinâmica costeira local são dramáticas. A linha de costa foi destruída em mais de 500 m em 60 anos, 15 km a sotamar do porto (CLAUDINO-SALES et al., 2019, 2017; MAIA, 1998). A erosão ainda se encontra em pleno curso: na Praia de Icarai, 25 km a sotamar do porto, ocorreu erosão da faixa de praia da ordem de 100 m entre os anos 2004 e 2017 (CLAUDINO-SALES et al., 2017).

A recessão das praias indica que a dinâmica litorânea na área está completamente perturbada. A areia introduzida na deriva litorânea a partir da erosão é a provável fonte dos sedimentos que estão agora acumulando na área em torno do píer de outro porto – o Porto do Pecém, localizado 60 km a sotamar do Porto do Mucuripe, no entorno da Ponta do Pecém (CLAUDINO-SALES et al., 2017). A degradação ilustra as mudanças resultantes de intervenções sociais extremas em um sistema unidirecional, o qual sofre ainda a influência da subida global do nível do mar.

#### 4.1 Mitigação e prevenção de riscos na Região Metropolitana de Fortaleza

A medida em que a erosão avança para oeste, donos de casas de veraneio e residências permanentes situadas no contato com o mar tentam proteger suas propriedades com medidas unilaterais, através da construção de estruturas de proteção costeira com recursos próprios, ou pressionando o poder público para tomar atitude semelhante. Dessa forma, muitas intervenções foram feitas nas últimas décadas, do tipo enrocamentos rochosos e “bag-wall”.

Os enrocamentos protegem a costa contra a erosão. No entanto, resultam na perda da faixa de praia, e ampliam o fenômeno a sotamar (Figura 6A). O *bag-wall*, que foi construído nos anos 2010, por outro lado, já foi destruído pela ação das ondas (Figura 6B), mostrando-se ser completamente ineficiente para resolver os problemas criados pela construção do Porto do Mucuripe e pelo insustentável tipo de urbanização que ocorre na zona litorânea de Fortaleza.

Parece claro que a erosão na área não vai cessar com o tipo de intervenção que vem sendo realizada pelos órgãos públicos municipais e indivíduos nas últimas 6 décadas. Efetivamente, faz-se necessário considerar que as ondas são muito ativas, e que falta areia na faixa de praia, extraídas que foram do sistema litorâneo a oeste.

Como indicado por Moraes (1993), as areias dragadas na bacia portuária do Porto do Mucuripe poderiam ser usadas para mitigar o problema da erosão, através da alimentação artificial das praias, como ocorrem em outras áreas do mundo. Vasconcelos (2018) avançou nesse ponto, considerando que a areia dragada poderia ser dispersada ao longo do litoral da Região Metropolitana de Fortaleza a oeste do Porto do Mucuripe, em uma batimetria da ordem de 5 m, a partir de onde a deriva litorânea iria naturalmente transportá-las para as praias a sotamar, reestruturando a dinâmica litoral normal. Essa medida iria desobrigar da necessidade de alimentação artificial, diminuiria os riscos de permanente erosão, assim como a instalação de enrocamentos rochosos, *bag-walls* e outras estruturas de engenharia, implicando assim em menor custo e em menor distúrbio da linha de costa e da vida social relacionada a longo prazo.



**Figura 6.** (A) Erosão na Praia do Icaraí, situada 25 km a sotamar do Porto do Mucuripe, a qual resulta das intervenções realizadas no litoral de Fortaleza e nas áreas em torno do Porto do Mucuripe. A ascensão mundial do nível do mar também deve ser um fator produtor dessa erosão. (B) *Bag-wall* instalado na Praia do Icaraí nos anos 2010, já destruído pelas ondas.

No entanto, essas indicações técnicas não vêm sendo consideradas pelas autoridades públicas. Assim é que a areias da última dragagem realizada na bacia portuária do Mucuripe, ocorrida em setembro de 2018, exatamente como em quase todas as outras dragagens que ocorreram anteriormente, foram transportadas *offshore*, para serem depositadas distantes da linha de costa. Enquanto isso, a agressiva, dramática, desastrosa e degradante erosão e destruição da parte norte do litoral do Estado do Ceará continua se processando.

## 5 Problemas e riscos ambientais na Praia de Canoa Quebrada

A Praia de Canoa Quebrada está localizada a 140 km a leste da cidade de Fortaleza, e representa um dos mais visitados destinos turísticos do Nordeste brasileiro, inclusive de turismo internacional (para localização, ver Figura 1). É caracterizada pela presença de falésias ativas modeladas na Formação Barreiras, com a ocorrência de praias estreitas na faixa de estirâncio, bem como pela presença de rochas-de-praia, as quais protegem parcialmente as falésias da ação mais agressiva do mar. Argilas e areias friáveis são os materiais que formam as falésias, as quais se mostram desnudas ou apenas parcialmente protegidas por vegetação (MEIRELES, 1999).

A morfodinâmica na área é bastante expressiva: as fortes chuvas que caracterizam a estação chuvosa produzem ravinas e cristas agudas nas falésias, resultando em transporte e deposição de sedimentos para o sopé, na forma de cones de dejeção (Figura 7). A chuva também contribui para a desestruturação do material da falésia e incremento do lençol d'água subterrâneo, o qual produz dissolução na vertente e aumenta a pressão interna nos sedimentos, assim ampliando a fragilização da feição (VEYRET, 2003).



Um fator antropogênico importante da dinâmica das falésias é a instalação de numerosos equipamentos turísticos no topo dessas feições. Essas estruturas causam compactação de areias, ampliando as ravinas, que evoluem para voçorocas, as quais contribuem para a aceleração dos processos erosivos produzidos pela chuva (CLAUDINO-SALES et al., 2019; MIOSSEC, 2018) (Figura 8). As falésias de Canoa Quebrada têm uma altura média de 15 m e podem ser consideradas de pequeno e médio tamanho. No entanto, a quantidade de material removido dessas feições não é negligenciável, devido a ocorrência de deslizamentos.



**Figura 7.** Sulcos e ravinas no topo e cones de dejeção na base das falésias de Canoa Quebrada (Foto: Silveira AP).



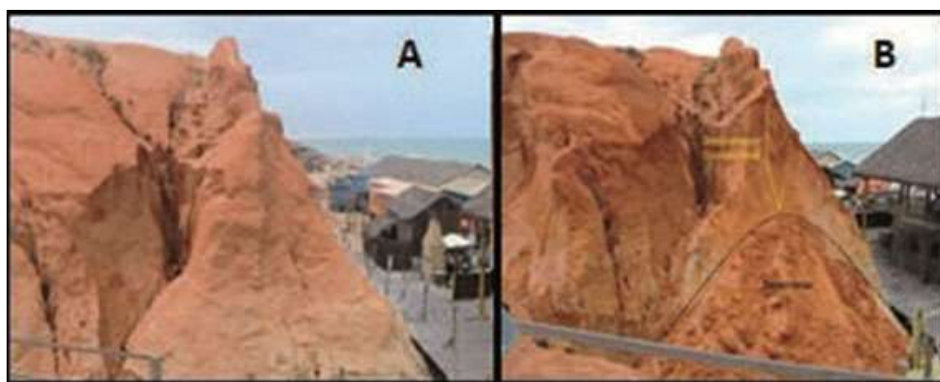
**Figura 8.** Ocupação do topo e da base das falésias em Canoa Quebrada (Foto: Silveira AP).

A ocorrência de sucessivos episódios de deslizamentos na área é uma resposta à ação combinada de vários fatores: a natureza friável das argilas e arenitos que sustentam as falésias; a elevada alteração de caráter antropogênico; a elevada intensidade de precipitação; a intensa ação das ondas; a subida do nível do mar, e finalmente, a declividade das vertentes.

As falésias apresentam declividade abaixo de  $45^\circ$  e são caracterizadas pela ocorrência de recuo controlado por deslizamentos gravitacionais, muito mais do que por colapsos abruptos (Figura 9). Junto com a energia das ondas e com o fenômeno de

subida do nível do mar, além da amplitude de maré e granulometria dos sedimentos, essa inclinação influencia diretamente a ação dos processos erosivos que atingem as falésias na atualidade (MERLOTTO et al, 2014; BIRD, 2000).

A análise de seis pontos onde perfis topográficos foram realizados indicam que de leste para oeste (perfis 1, 2, 3, Figura 10), a vertente apresenta deslizamentos suaves, enquanto que no segmento mais a oeste, onde os perfis assumem ângulos de mais de 45° (perfis 5 e 6, Figura 10), ocorrem os deslizamentos mais intensos. A análise de imagens de satélites contendo uma série temporal de 13 anos (os anos 2004, 2008 e 2017) indica que a velocidade de recuo das falésias de Canoa Quebrada é muito intensa quando comparada com rochas duras.



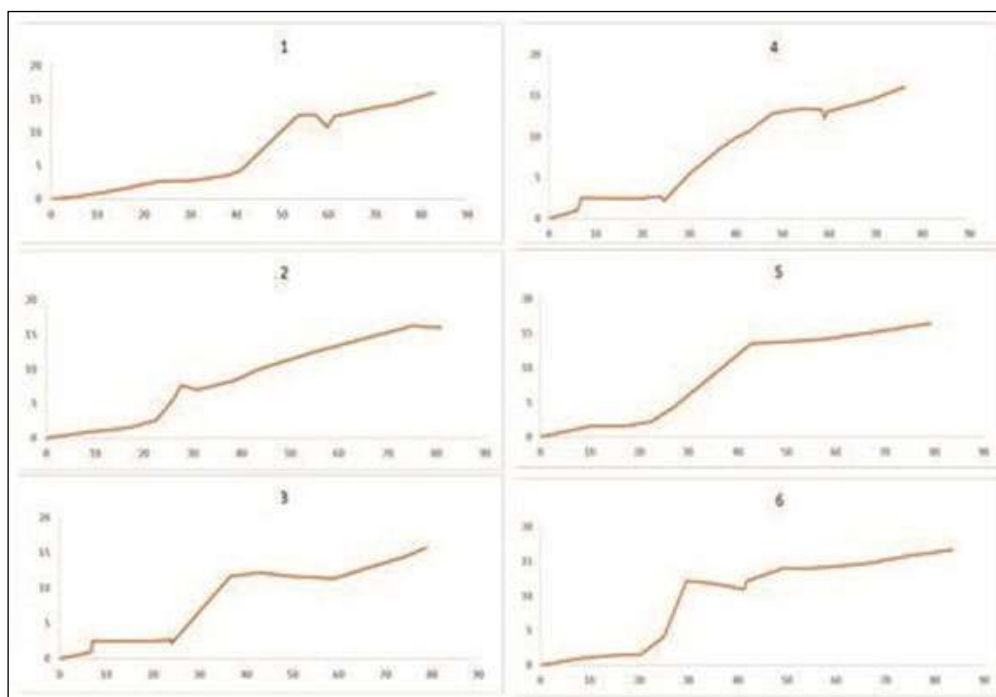
**Figura 9.** (A) Falésia em janeiro de 2017, e na direita, em fevereiro de 2018. (B) Erosão na falésia, a partir de recuo produzido por deslizamento gravitacional. (Foto: Silveira AP)

A velocidade de recuo das vertentes dessas feições ao longo dos 5 km da linha de costa de Canoa Quebrada foi calculada em três diferentes secções, com os seguintes resultados: a leste, o recuo foi pequeno, da ordem de 90 cm entre 2004 e 2017, representando um recuo médio de 8,2 m por século. Nas áreas centrais, a qual conta com inúmeros equipamentos turísticos, o recuo foi mais acentuado, da ordem de 1,2 m nos 13 anos, representando aproximadamente 10,9 m por século. Para oeste, que representa a área mais atingida pelas ondas em função da menor presença de rochas-de-praia, a falésia recuou em 1,7 m em 13 anos, equivalendo a 15,5 m por século. A velocidade média de recuo da falésia na área considerada é da ordem de 11,5 m por século.

Foi observado também que a linha de ruptura da falésia na imagem de 2017 apresenta ravinas e voçorocas que não existiam em 2004. Esse fato indica intensa ação morfogenética através dos anos. Em 2004, a ação de processos marinhos na base da falésia era dominante, ocorrendo um recuo uniforme da vertente. A análise da imagem de 2017 indica que ocorreu uma mudança na relação de forças entre os processos ativos, que passaram a ser mais continentais, subaéreos, do que comandados pela ação de ondas ou da presença do mar.

### 5.1 Mitigação e prevenção de riscos ambientais na Praia de Canoa Quebrada

A velocidade média de recuo das falésias de Canoa é compatível com a natureza pouco resistente dos sedimentos que as compõem. No entanto, esse recuo está ocorrendo de forma muito veloz, se considerarmos a presença de um núcleo urbano e estruturas turísticas localizadas nas proximidades do topo e da base das vertentes dessas feições.



**Figura 10.** Perfis topográficos das falésias de Canoa Quebrada

A prevenção de riscos ambientais nunca esteve presente no planejamento urbano de Canoa Quebrada. Fatores naturais e antropogênicos não foram levados em consideração durante a expansão do sítio urbano em direção às falésias. No entanto, as falésias de Canoa Quebrada são frágeis, apresentando elevados riscos de ocorrência de deslizamentos, como indicado pelos levantamentos realizados e aqui expostos. Esses fatores necessitam serem levados em conta na continuidade da ocupação e expansão do aglomerado urbano, sob pena de produzir perdas materiais, degradação ambiental e riscos de perda de vida ou de acidentes e desastres com o público em geral.

Percebe-se que na parte central da praia, ocorrem equipamentos localizados muito próximos do sopé das falésias, criando grande risco de serem soterrados por materiais oriundos do topo, por meio dos frequentes deslizamentos que ali ocorrem. Nessa área central, é fortemente indicado que essas estruturas sejam removidas, assim assegurando a segurança do público que frequenta ou habita a área.

## Conclusões

A zona costeira do Estado do Ceará caracteriza um ambiente de elevada beleza paisagística. Sendo destinação turística importante, assim como área de habitação muito procurada, essa zona costeira apresenta um grande valor econômico, social e cultural. O turismo ao longo da faixa costeira, particularmente em praias arenosas, constitui uma entrada de divisas para o estado. As populações de povos praianos aí exercem também suas tarefas cotidianas de forma tradicional. Em adição, o crescimento das atividades urbanas nessas áreas induz a instalação de muitas estruturas que são chave para o funcionamento da vida urbana e econômica das populações. Assim, esses setores são muito vulneráveis a numerosas forçantes e estressores naturais e antropogênicos.

A erosão nas praias da Região Metropolitana de Fortaleza e o colapso das falésias de Canoa Quebrada produzem danos para a população, seja através da alteração do ecossistema marinho, seja através da redução da pesca artesanal, da subsistência, do lazer, da recreação e do turismo. Essa situação leva a grandes perdas econômicas,

sociais e culturais, resultando em diminuição de emprego, decréscimo de renda, desvalorização do ambiente e desestruturação dos modos de vida dos povos praianos. Nesse contexto, faz-se necessário melhor planejar a ocupação e os usos desses segmentos costeiros, na perspectiva de promover um desenvolvimento realmente sustentável e pautado na justiça socioambiental.

## Referências

- BIRD, E. **Coastal Geomorphology**: An Introduction. Chichester: Wiley, 2000
- CARVALHO, A. M.; CLAUDINO-SALES V. Contribuição do transporte eólico no processo de evolução da linha de costa. **Mercator**, v. 15, n. 2, p. 105-115, 2016.
- CASTRO, J.W.A. Burying processes carried out by a mobile transversal dunefield, Paracuru County, state of Ceará, Brazil. **Environmental Geology**. n. 49, p. 214-218, 2005.
- CLAUDINO-SALES, V. **Cenários litorâneos**: natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, Ceará. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 1993.
- CLAUDINO-SALES, V. Les littoraux du Ceará Evolution géomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceará, Nordest du Brésil [Thesis]. Paris: Université Paris-Sorbonne, 2002
- CLAUDINO-SALES, V. Os litorais cearenses. In: BORZACCHIELLO, J.; CAVALCANTE, T.; DANTAS, E. (Org.). **Ceará**: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 189-210.
- CLAUDINO-SALES V, WANG P, CARVALHO AM. Interactions between various headlands, beaches and dunes in the coast of Ceará state, Northeast Brazil. **Journal of Coastal Research**. n. 34, p. 413-428, 2018.
- CLAUDINO-SALES, V.; WANG, P.; VASCONCELOS, F.P.; SILVEIRA, A. P. Environmental Problems and Coastal Mitigation in South America: Examples from Northeast Brazil and Northern Colombia. IN: LIN, M. (Org.). **Estuaries and Coastal Zones**: Dynamics and Response to Environmental Changes. London: Intech Open, 2019
- DHN-DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Tábua de Marés do Porto do Mucuripe**. Fortaleza, 2019
- FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos). **Dados dos postos pluviométricos do Estado do Ceará**. Disponível em: [funceme.br/calendario/produto/municipio/](http://funceme.br/calendario/produto/municipio/). Acesso em: 10 mar. 2019.
- INPH-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS. **Simulação do regime de ondas no Pecém, Ceará**. (Report). Rio de Janeiro, 1996.
- JIMINEZ, J. A.; MAIA, L. P.; SERRA, J.; MORAIS, J. O. Aeolian dune migration along the Ceara Coast, northeastern Brazil. **Sedimentology**. v. 46, n. 4, p. 689-701, aug. 1999. DOI: 10.1046/j.1365-3091.1999.00240.x
- MAIA, L. P. **Procesos costeiros y balancio sedimentario ao largo de Fortaleza (NE Brasil)**: Implicaciones para un gestión adecuada de la zona litoral [Thesis]. Barcelona: University of Barcelona, 1998.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in beach-ridge plains associated with river mouths: Example from the central Brazilian coast. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. n. 99, p. 119-140, 1999.
- MEIRELES, A. J. A. Falésias do litoral leste do estado do Ceará: análise dos processos morfogenéticos e impactos ambientais. **Revista Geonotas**. v. 3, n. 2, p. 1-29, 1999.
- MIOSSEC, A. De l'érosion cotière em general et le cas français en particulier. **La Géographie Terre de Hommes**. Numéro Especial: L'érosion, n. 1571, p. 28-34, Octobre-Décembre, 2018.
- MORAIS, J. O. Geological assessment of environmental impact on the Littoral of Fortaleza, Ceará, Brazil. **Urban Risk**. n. 4, p. 23-39, 1993.

MORAIS, J. O. **Aspectos de geologia ambiental costeira do Município de Fortaleza, Ceará** [Thesis]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1980.

MERLOTTO, A.; BÉRTOLA, G. R.; ISLA, F. I.; CORTIZO, L. C.; PICCOLO, M. C. Short and medium-term coastal evolution of Necochea municipality, Buenos Aires province, Argentina. **Environment and Earth Science**. n. 71, p. 1213-1225, 2014. DOI: 10.1007/s12665-013-2525-6.

PASKOFF, R. **Les Littoraux: L'impact des aménagements sur leur évolution**. Paris: Editora Armand Colin, 2010.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO-SALES, V. Surfaces d'aplanissement et géodynamique. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**. v. 11, n. 4, p. 249-274, 2002.

PITOMBEIRA, E. S. Litoral de Fortaleza – Ceará – Brasil, um exemplo de degradação. In: SIMPÓSIO SOBRE PROCESSOS SEDIMENTARES E PROBLEMAS AMBIENTAIS NA ZONA COSTEIRA DO NORDESTE DO BRASIL. 1., 1995, Recife. **Anais [...]**. Recife: ABEQUA, 1995. p. 59-62.

VASCONCELOS, F. P.; MORAIS, J. S. D.; DINIZ, M. T.; REGO-FILHO, F. F.; ROCHA, G. C. Determination of shoreline variations of the metropolitan region of Fortaleza (Ceará State - Brazil) using methodology of GIS. In: COASTGIS 2007, Santander, Spain. **Proceeding [...]**. Santander, Spain: Copicentro-Bonifaz, 2007. v. 2, p. 233-343.

VASCONCELOS, F. P. **Dinâmica costeira do litoral de Fortaleza e os impactos da construção dos aterros das praias do Meireles (Beira-Mar) e Iracema sobre o litoral de Caucaia (Report)**. Universidade Estadual do Ceará - UECE. Laboratório de Gestão Integrada da Zona Costeira – LAGIZC. Fortaleza, 2018.

VEYRET, Y. **Les Risques**. Paris: SEDES, 2003.

WANG, W.; SAHA, S.; PAN, H. L.; NADIGA, S.; WHITE, G. Simulation of ENSO in the new NCEP coupled forecast system model (CFS03). **Weather Review**. n. 133, p. 1574-1593, 2005.

ZANELA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; MEIRELES, A. J. A. (Ed.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 169-188.



## DESASTRES TECNOLÓGICOS EM BARRAMENTOS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO: IMPACTOS, DANOS E PERSPECTIVAS DE GESTÃO DE RISCO

Mariano Andrade da Silva<sup>1</sup>  
Carlos Machado de Freitas<sup>2</sup>

Objetivou-se, neste capítulo, subsidiar a elaboração e discussão de políticas voltadas ao equacionamento e tratamento dos problemas de gestão e redução de risco de desastres decorrentes da implantação de projetos minerários que se utilizam de barramentos para disposição de resíduos/rejeitos de mineração. Tendo em vista a riqueza e complexidade do debate julgou-se pertinente proceder a uma revisão do arcabouço legislativo internacional da área de redução de risco de desastre, aí inclusas tanto a produção mais estritamente acadêmica quanto aquela, de caráter normativo, prescritivo ou legal, de agências e organizações envolvidas com a redução de risco de desastres em âmbito global/regional. Também se buscou contemplar a necessidade de incorporar ações estratégicas do setor saúde de Redução de Risco de Desastre (RRD) e os principais efeitos dos desastres tecnológicos de barragens de mineração sobre os processos ambientais, socioeconômicos, sanitários e sobre a saúde. Ao final, alinham-se diretrizes e lições para a redução substancial dos riscos de rompimento das barragens de mineração a serem incorporadas nas práticas de saúde e gestão de risco de desastres tecnológicos.

É necessário advertir, mesmo que liminarmente, que frente ao risco de enfrentamento de situações de emergências, em 2002, no marco de proposição das Funções Essenciais da Saúde Pública (FESP), a Redução do Impacto das Emergências e Desastres em Saúde surge como a décima primeira de todas as onze FESP. E, é neste contexto que as políticas de segurança de barragens devem reconhecer a necessidade urgente de reduzir os riscos atuando sobre os próprios determinantes sociais e ambientais da saúde, através da redução da vulnerabilidade e exposição dos grupos sociais.

O marco de Sendai e o conjunto de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) representam o plano de ação global para redução de risco de desastre, inclusão social e desenvolvimento econômico sustentável. As agendas apresentam oportunidades de mobilizar recursos humanos, físicos, tecnológicos e financeiros sem precedentes. Estes dois marcos internacionais reforçam a necessidade de adoção de mecanismos de cooperação e colaboração entre os governos, as organizações não governamentais, o setor privado e as comunidades para sua efetiva implementação.

---

1 Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde (Cepedes) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: marianoandradesilva@gmail.com.

2 Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde (Cepedes) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: caco.de.freitas@gmail.com.

O principal desafio ao setor saúde resulta ainda da ausência de diálogo com os principais mecanismos de redução de risco de desastre, apresentando três importantes conexões dos temas relacionados aos desastres e desenvolvimento humano, concernindo ao setor: (1)- que as políticas de saúde sejam aplicadas de forma articulada e intersetorialmente com os diversos órgãos de licenciamento, fiscalização e controle na perspectiva de prevenção e redução dos desastres; (2) – é necessário que o setor saúde esteja melhor preparado, ampliando sua capacidade de resposta institucional, não só no curto prazo (primeiros dias e meses), mas também no médio prazo (2 a 6 meses) e longo prazo (anos, décadas), envolvendo perspectivas integrativas e universais de atendimento das necessidades de saúde da população atingida; (3)- ainda resta ao setor saúde uma mudança de perspectiva. No Brasil, temos diversas unidades de saúde em áreas de risco e, provavelmente, na rota das barragens. Vulnerabilidade que fragiliza a capacidade de resposta, inclusive a integridade física e psicológica dos profissionais de saúde que nelas atuam, fazendo-se necessário ampliarmos a resiliência em nível nacional/local.

## Introdução

Os desastres tecnológicos têm sua origem em uma das diferentes etapas do processo produtivo das sociedades industriais modernas. Nesse cenário, a produção industrial segmentada internacionalmente em suas diferentes etapas (extração, produção, transporte e armazenamento) vem resultando em eventos com grandes impactos locais e regionais sobre o meio ambiente, atingindo populações, por vezes distantes geograficamente desses empreendimentos, variando de dezenas de milhares a milhões de pessoas.

Um dos impactos imediatos já observados é o aumento na frequência e magnitude de eventos envolvendo o setor extrativo de mineração. No Brasil, destacam-se os recentes desastres envolvendo a mineração. Em 2015, levando 19 pessoas a óbito, o desastre do rompimento da barragem de Fundão (BRF), da mineradora Samarco (uma subsidiária da Vale S.A). Estima-se que 50 milhões de m<sup>3</sup> de lama de rejeitos de mineração tenham sido liberado ao meio ambiente; afetou 36 municípios em uma extensão de 650 km ao longo do rio Doce (IBAMA; 2015; GRUPO DA FORÇA-TAREFA, 2016; BRASIL, 2016). Reconhecido como o maior desastre socioambiental brasileiro, este evento é, até então, o mais grave registro de rompimento de barragens de rejeito de mineração do mundo (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016; PIMENTEL, 2016). O segundo, envolvendo a multinacional Vale S.A, em 2019, totalizou cerca de 270 vítimas entre desaparecidos e óbitos, constituindo o maior acidente de trabalho já ocorrido no Brasil (FREITAS; SILVA, 2019). Além de vítimas fatais e atingidos, 13 milhões de m<sup>3</sup> de lama de rejeitos foram liberados no meio ambiente, atingiu, ao menos, 18 municípios em uma extensão de centenas de quilômetros (BRASIL, 2019).

Em ambos, os impactos socioambientais nas bacias dos rios Doce e Paraopeba envolvem grande quantidade de rejeitos de mineração de ferro; elevados níveis de contaminação por metais pesados; milhares tiveram suas condições de vida e trabalho modificadas; os impactos ambientais ameaçam os serviços ecossistêmicos e os modos de sobrevivência das futuras gerações (FREITAS; BARCELLOS, 2019). Esses eventos, diferentemente dos pequenos acidentes, incidentes e desastres que são registrados anualmente pelas autoridades públicas nacionais, apresentam potencial de danos e efeitos que se ampliam no tempo e no espaço; mesmo sem registros de fatalidades, podem levar a consequências sociais, ambientais e econômicas duradouras e de difícil gestão; envolvem múltiplas substâncias químicas e geofísicas; resultam em exposições diretas e indiretas de populações; e apresentam o potencial de alterar os processos de saúde e doença (física e mental) das populações afetadas.

Do ponto de vista da Saúde Coletiva/pública, a importância de estudar os desastres e a gestão de risco de desastre no setor de mineração está, não só no potencial de danos no curto prazo- óbitos e efeitos à saúde imediatos-, mas também na identificação da emergência de novos cenários de riscos ambientais, sociais e de saúde; população exposta; condições de vulnerabilidade social e ambiental; e a insuficiente capacidade de redução de risco de doenças e agravos futuros. Estas condições estão intimamente relacionadas, pois desastres tecnológicos envolvem contaminantes (químicos, físicos, biológicos e ambientais), problemas de saúde de natureza difusa, além de valores e decisões urgentes para cessar ou diminuir a exposição e risco à saúde, bem como, cuidar dos danos e doenças, não só no curto prazo, mas também no médio e longo prazos.

### **O setor saúde como um elo central na redução de risco de desastres**

Em 1989, a Assembleia Geral da ONU declarou os anos 90 como a Década Internacional para a Redução de Desastres Naturais, conclamando à necessidade imediata de desenvolver políticas de redução do impacto dos desastres. Os 10 anos seguintes, por meio da criação do primeiro acordo global: a Estratégia de Yokohama de 1994 para um mundo mais seguro; e a criação, em dezembro de 1999, da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION, UNISDR, 2005) ocorreu o estabelecimento de investimentos em mecanismos de prevenção e fortalecimento do sistema internacional de RRD<sup>3</sup>.

O próximo grande passo veio apenas em 2005, após as devastadoras consequências do Tsunami ocorrido no oceano Índico, em 2004, sublinhando as enormes lacunas na preparação e no conhecimento sobre riscos que ainda existiam. Em janeiro de 2005, a assembleia geral da ONU convocou a segunda Conferência Mundial sobre RRD em Kobe, Hyogo, Japão, que concluiu a revisão da Estratégia de Yokohama e seu Plano de Ação. Resultando na adoção, no ano de 2005, do Quadro de Ação de Hyogo 2005–2015: construindo a resiliência das nações e Comunidades para Desastres (EBI; HESS, 2017). O acordo foi aprovado em consenso por 168 países e enfatizou cinco prioridades de ação para a área: (1) garantir que a RRD seja uma prioridade nacional e local, fortalecendo as bases institucionais para sua implementação; (2) identificar, avaliar e monitorar os riscos de desastres e melhorar o alerta precoce; (3) utilizar conhecimento, inovação e educação para fortalecer a cultura de segurança e resiliência em todos os níveis; (4) reduzir fatores de risco subjacentes; (5) fortalecer a preparação para desastres para uma resposta eficaz em todos os níveis.

O objetivo da RRD é permitir o fortalecimento das comunidades, tornando-as resilientes aos efeitos dos perigos naturais, tecnológicos e ambientais, reduzindo os riscos sistêmico que esses perigos representam à sociedade. Para sua implementação, os Estados signatários deverão estabelecer políticas e ações para reduzir os riscos de desastres futuros e atenuar o risco de desastres existente, por meio da implementação de medidas governamentais e não governamentais integradas. Tais medidas envolvem diferentes áreas de atuação sobre as dimensões econômicas, sociais, de saúde, culturais, educacionais e ambientais. Seu objetivo comum é prevenir e reduzir a exposição aos desastres.

O Quadro de ação de Hyogo desempenhou um papel de liderança ao colocar a questão do risco na agenda internacional, regional e nacional, fortalecendo o empenho de objetivos práticos e tangíveis. Considerando que o progresso aferido ocorreu de forma desigual, os maiores avanços foram observados nas ações de melhorias institucionais, aprovação de legislações específicas, estabelecimento de sistemas de aviso prévio e ações de preparação e resposta a desastres (UNISDR, 2015). No entanto, uma série de preocupações, tais como, a falta de avaliações sistemáticas dos múltiplos risco e perigos e a ausência de mecanismos



de sistemas de alerta precoce influenciaram a manutenção das vulnerabilidades sociais e econômicas, especialmente dos segmentos mais vulneráveis da sociedade.

Ainda nesse momento era insipiente a compreensão da importância do setor saúde; apenas com três menções no texto, o Quadro de ação de Hyogo concentrou-se em promover uma maior cultura de resiliência, bem como, melhorar a gestão prospectiva, assegurando a capacidade de funcionamento dos serviços públicos em situações de desastre, particularmente a aquelas unidades que fornecem cuidados de saúde primários. No entanto, negligenciou-se os determinantes sociais mais amplos da saúde e do bem-estar humanos (FREITAS; BARCELLOS, 2019).

A Terceira Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Redução do Risco de Desastres e seu principal resultado, o Marco Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, estabeleceu como objetivo a redução substancial do risco de desastres e seus danos associados. Destinado a ampliar avaliação dos riscos em cascata, criando cenários, ferramentas e informações para unir os gatilhos dos desastres aos seus padrões de consequências e, assim, reduzir os graves danos a indivíduos, comunidades, economias e ao meio ambiente. Suas principais características são: 1) mudança de foco de gerenciamento de desastres para gerenciamento riscos; 2) um escopo mais amplo de atuação, incluindo o risco de desastres de pequeno a grande porte, súbitos e de início lento, causados por perigos naturais ou provocados pelo homem; e 3) uma abordagem mais centrada nas pessoas e multirrisco, envolvendo ações de redução das perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como bens econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de indivíduos, empresas, comunidades e países.

O Marco de Sendai foi adotado em 18 de março de 2015 por 187 Estados-Membros das Nações Unidas após extensivas negociações na Terceira Conferência Mundial sobre RRD (Sendai, Japão) (UNISDR, 2018). É um acordo não vinculante e voluntário e um quadro significativo para a implementação da saúde, que enfatiza o uso de abordagem multirrisco, objetivando ampliar a consciência para uma melhor prevenção, prontidão e resposta aos riscos e impactos das ameaças e perigos, inclusive tratando especificamente ao campo de epidemias e pandemias associados aos desastres. Esta nova e abrangente estrutura de redução de risco tem como resultado sete metas globais e um conjunto de quatro prioridades de ação. São elas, respectivamente:

- 1) Reduzir substancialmente a mortalidade global por desastres até 2030, com o objetivo de reduzir a média de mortalidade global por 100.000 habitantes;
- 2) Reduzir substancialmente o número de pessoas afetadas por desastre em todo o mundo até 2030, com o objetivo de reduzir a média global por 100.000 habitantes;
- 3) Reduzir as perdas econômicas diretas por desastres até 2030, em relação ao produto interno bruto (PIB) global;
- 4) Reduzir substancialmente os danos causados por desastres em infraestrutura básica e a interrupção de serviços básicos até 2030, protegendo unidades de saúde e de educação, inclusive por meio do aumento de sua resiliência;
- 5) Aumentar substancialmente o número de países com estratégias nacionais e locais de redução do risco de desastres até 2020;
- 6) Intensificar a cooperação internacional com os países em desenvolvimento até 2030, por meio de apoio adequado e sustentável para complementar suas ações nacionais na implementação deste quadro.
- 7) Aumentar substancialmente a disponibilidade e o acesso a sistemas de alerta precoce para vários perigos e as informações e avaliações sobre o risco de desastres até 2030.

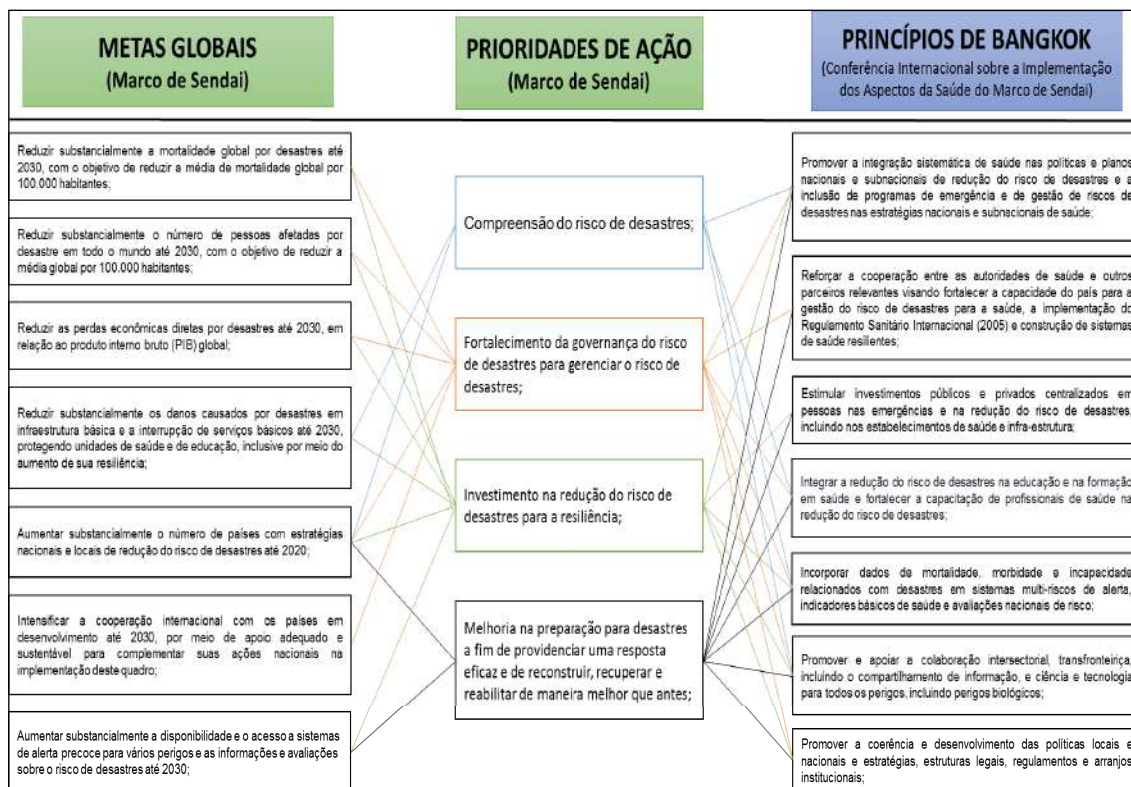
Considerando a experiência adquirida com a implementação do Marco de Ação de Hyogo e buscando o resultado e o objetivo esperados, o Marco de Sendai 2015-2030 requer mecanismos de governança multissetorial e transdisciplinar que apoie uma colaboração

mais estreita entre os atores relevantes para prevenir, preparar e recuperar-se de desastres, bem como responder de forma eficaz. Assim, reconhece pela primeira vez o papel do setor privado na RRD. Inclusive, envolvendo orientações para apoiar a implementação da Estrutura de Sendai com foco nas instalações de rejeitos da indústria de minério e o seu potencial de risco de desastres (UNISDR, 2016). Desta forma, estabeleceu-se quatro prioridades de ação:

- 1) Compreensão do risco de desastres.
- 2) Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres;
- 3) Investimento na redução do risco de desastres para a resiliência;
- 4) Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de reconstruir, recuperar e reabilitar de maneira melhor que antes.

Em toda a estrutura de Sendai, a saúde é destacada como um resultado e uma meta, com medidas voltadas para reduzir as perdas por desastres. Quatro das sete metas globais estão diretamente relacionados à saúde; os outros três estão indiretamente ligados. Preconiza-se a necessidade explícita de “aumentar a resiliência dos sistemas nacionais de saúde, integrando a gestão de risco de desastres aos cuidados primários, secundários e terciários, desenvolvendo a capacidade dos profissionais de saúde para compreensão dos risco de desastres e melhorar abordagens de RRD na rotina de trabalho do setor” (UNISDR, 2018, parágrafo 30). Assim, autoridades e trabalhadores do setor da saúde são identificados como atores chaves na gestão do risco de desastres e na construção da resiliência da comunidade.

Após a implementação do Marco de Sendai, na Conferência de Ciência e Tecnologia da UNISDR (Genebra, janeiro de 2016), a saúde como disciplina científica foi destacada em relação à necessidade de construção de bases científicas para a RRD. Além de incluir o setor saúde nas discussões sobre desastres (UNISDR, 2018), a Conferência Internacional sobre a Implementação dos Aspectos da Saúde do Marco de Sendai, realizada em Bangkok (março de 2016) identificou sete áreas de integração da RRD nos sistemas de saúde e no setor saúde (Figura 1), através dos Princípios de Bangkok (WHO, 2005).



Fonte: extraído de Freitas e Barcellos (2019)

**Figura 1.** Articulação das políticas de Redução de Risco de Desastre e as Emergências de Saúde Pública.

Os setes princípios visam uma maior integração da saúde aos programas de RRD; estimula a construção de sistemas de saúde resilientes e especifica investimento público e privado na construção da capacidade de RRD dos profissionais de saúde, incorporando dados relacionados a desastres em sistemas de informação de caráter público; e, identifica indicadores de alerta, promovendo o compartilhamento de informações transfronteiriças para todos os perigos, bem como, promover coerência política em todos os níveis. Nesse sentido, foi conduzido esforços de identificação das lacunas temáticas e necessidades de pesquisa voltadas aos fatores de risco à saúde não visibilizados pelo sistema (saúde mental, apoio psicossocial e bem-estar e saúde sexual e reprodutiva), além de discriminar desigualdades de exposição enfrentados pelas subpopulações (crianças, pessoas com deficiências, doentes crônicos e idosos) e suas respectivas capacidades e necessidades de gestão de riscos individuais e comunitário antes, durante e após os desastres (WHO, 2005; FREITAS; BARCELLOS, 2019; SILVA; XAVIER; ROCHA, 2020).

O Marco de Sendai é o resultado de um processo que se iniciou ainda nos anos 1970: uma mudança gradual de uma cultura de desastre reativa para uma cultura preventiva e redutiva dos riscos que incidem sobre os sistemas sociais. A redução de risco também responde a necessidade de redução substancial dos enormes custos - não apenas financeiros e econômicos, mas também sociais e políticos - depois de um desastre. Ao longo da história, o setor saúde teve um papel central nas respostas às necessidades de saúde durante os desastres, porém sua atuação, outrora, fora voltada ao atendimento das necessidades imediata (FREITAS; BARCELLOS, 2019; SILVA; XAVIER; ROCHA, 2020).

Nas últimas duas décadas, uma mudança conceitual vem ocorrendo, e é dentro deste contexto que deve ser compreendida não somente aos processos de preparação e resposta em Saúde Pública, mas também a necessidade de ampliar a abordagem de Gestão de Riscos de Emergências e Desastres em Saúde Pública, incluindo os processos relacionados à prevenção e recuperação. Autoridades e trabalhadores do setor da saúde são identificados como atores chaves. Com base no Marco de Hyogo e no Marco de Sendai, a saúde é um componente explícito das ações de RRD, aumentando em abrangência e especificidade, gerando mecanismo para incorporar a avaliação de risco de todos os perigos; previsão baseada em impacto; melhor capacidades de resposta e aviso prévio; gestão de recursos; criação e compartilhamento de conhecimento; construção de compromisso público e desenvolvimento de estruturas institucionais de apoio, integrada e orientada à redução de risco, envolvendo ações de prevenção, recuperação e reabilitação (UNISDR, 2016, 2018; WHO, 2005).

Nesse contexto, não faltam evidências de que o setor saúde deve estar inserido no processo de RRD, uma vez que estes eventos podem influenciar na propagação de vetores, e gerar fatores de riscos de interesse local, regional e global, dentre outras questões pertinentes ao setor.

Desastres atrasam ganhos de desenvolvimento econômico duramente atingidos e afetam todos os estratos socioeconômicos, instituições sociais e setores em maior ou menor intensidade; são endógenos à sociedade e o risco é construído através das múltiplas interações sociais e fatores de riscos que interagem com as vulnerabilidades preexistentes, levando a uma maior ou menor exposição das populações (FREITAS; BARCELLOS, 2019). O progresso na capacidade de redução de risco de desastres mostrou que muitas vezes não é o perigo que determina a ocorrência de um desastre, mas a vulnerabilidade, exposição e capacidade da sociedade de antecipar, responder e recuperar de seus efeitos (FREITAS; PORTO; GOMEZ, 1995). Isso inclui não só maximizar sinergias conceituais, mas também construir resiliência e reduzir vulnerabilidades e o risco.

## Desastre tecnológico de Barragem de mineração

Tendo como referência a definição da Estratégia das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastres (UNDRR, 2018), desastres tecnológicos são definidos como: *“qualquer evento não planejado envolvendo substâncias perigosas que causem ou possam causar danos à saúde, ao meio ambiente ou à propriedade, como a fuga de substâncias perigosas, explosões e incêndios”*. Os efeitos de um desastre tecnológico podem ser significativos para a comunidade e causar contaminação e impacto no meio ambiente de longo prazo, afetando direta e indiretamente os recursos e serviços ecossistêmicos.

Barragens são necessárias para diversos setores econômicos; seu uso para disposição final de rejeito é uma prática comum na indústria extrativista de minério brasileiro. Apesar dos benefícios econômicos da mineração e seu impacto positivo sobre a balança comercial nacional dos países produtores, a indústria também responde pela produção simultânea de um volume significativo de material residual. Quando gerido de forma adequada, a mineração pode criar empregos, estimular a inovação e trazer investimentos e infraestrutura pública em uma escala de mudanças de longo prazo, impactando positivamente sobre os indicadores sociais e os ODS. No entanto, quando ocorrem falhas na gestão, podem levar a degradação do meio ambiente, deslocamento de populações, aumento das desigualdades e conflitos sociais, entre outros processos deletérios à sociedade.

O crescente número e tamanho de barragens de rejeitos em todo o mundo aumenta o potencial custo ambiental, social e econômico do impacto de uma falha em sua estrutura. Ao terem suas origens nos processos produtivos de uma corporação empresarial, acidentes envolvendo barragens de rejeitos de mineração são primariamente acidentes de trabalho; e, por combinar o potencial de dano descritos, são denominados por alguns autores como “acidentes químicos ampliados”:

*“Considera-se, portanto, acidentes químicos ampliados os eventos agudos (...), envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial de causar simultaneamente múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos expostos. O que caracteriza os acidentes químicos ampliados não é somente sua capacidade de causar grande número de óbitos, embora sejam frequentemente conhecidos exatamente por isto. É também o potencial da gravidade e extensão dos seus efeitos ultrapassarem os seus limites espaciais - de bairros, cidades e países - e temporais - como os efeitos à saúde que podem ser teratogênese, carcinogênese, mutagênese e causar danos a órgãos alvos específicos” (FREITAS, PORTO e GOMEZ, 1995).*

Ao mesmo tempo, ao sobrepujarem as capacidades de respostas dos órgãos públicos e das localidades mais diretamente atingidas constituem-se também como “desastres”. Tendo como referência a definição da Organização Pan-Americana da Saúde, desastres são eventos que apresentam, ao menos, duas características importantes, que podem ser concomitantes ou não:

*“...em uma séria interrupção do funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade, afetando seu cotidiano. Esta interrupção envolve simultaneamente, perdas materiais e econômicas, assim como danos ambientais e à saúde das populações, através de agravos e doenças que podem resultar em óbitos imediatos e posteriores...”. E também, alguns excedem: “...a capacidade de uma comunidade ou sociedade afetada em lidar com a situação utilizando seus próprios recursos, podendo resultar na ampliação das perdas e danos ambientais e na saúde para além dos limites do lugar em que o evento ocorreu” (OPAS, 2014, p. 9).*

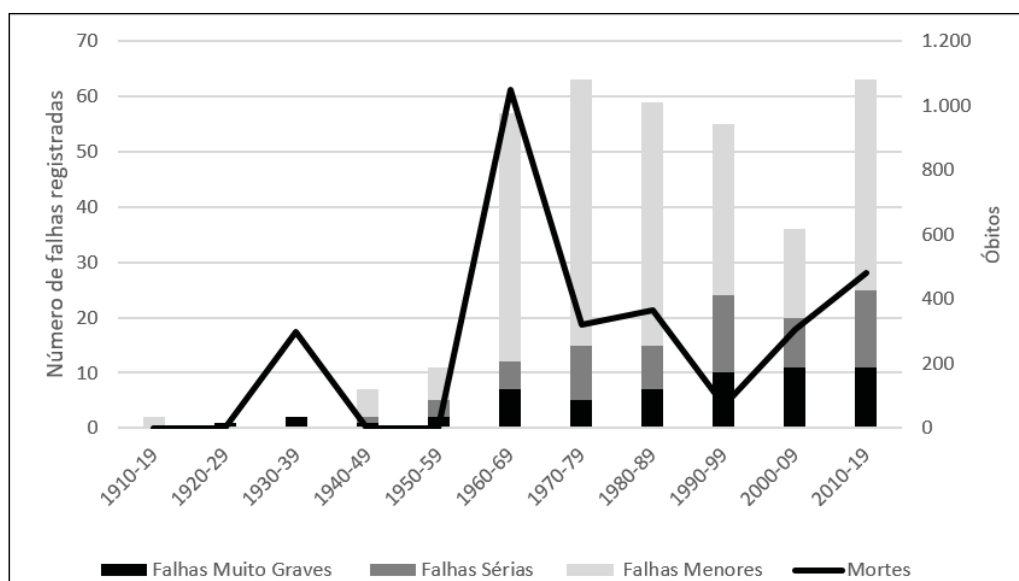
Para além dos óbitos imediatos que muitos desses desastres podem provocar, como no caso do rompimento da barragem da Vale S.A (2019), em Brumadinho, e da Samarco (2015), em Mariana, esse tipo de eventos apresentam o potencial de impactos sobre o meio ambiente e efeitos sobre a saúde que se prolongam no tempo e exigem um contínuo monitoramento e vigilância para detectar seus riscos e danos para as populações potencialmente expostas, não só no curto prazo, mas por anos após o evento.

### A segurança de barragem de mineração como um tema de preocupação internacional

Embora os graves, desastres em barragens de mineração sejam caracterizados por possuírem baixa frequência de ocorrência. Eles são mais frequentes do que se imagina, no entanto, são geograficamente concentrados e com grande potencial de perdas, danos e mortalidade (FREITAS; PORTO; GOMEZ, 1995).

No Gráfico 1, apresentamos os desastres em barragens de mineração de maior gravidade em termos de óbitos, distribuídos pelo grau de severidade das falhas e acidentes. Freitas e Silva (2019), a partir de dados da World Mine Tailings Failures (WMTF), que cobre um período de pouco mais de cem anos (1915 à 2019), apresentam um total de 356 registros para o período. Verifica-se que a partir da década de 1960 há um crescimento dos eventos e, principalmente a partir dos anos 1980, o crescimento das falhas graves e muito graves. Em relação ao registro de óbitos, nota-se um crescimento ao longo dos anos 60 com redução nas décadas seguintes. A partir dos anos 90 essa tendência volta a ser ascendente, sugerindo associação positiva para ambas as categorias.

**Gráfico 1.** Ocorrência de rompimentos de barragens de maior gravidade nos anos 1915-2019.



Fonte: reproduzido de Freitas e Silva, 2019 - a partir dos dados da WMTF.

Ainda em relação à base de dados do WMTF, no Quadro 1, a partir da seleção dos mais graves desastres do ponto de vista dos impactos humanos (acima de 10 óbitos), apresentamos a frequência desses tipos de eventos. A partir dessa, salientamos que desastres graves envolvendo este tipo de empreendimento são relativamente recorrentes; podemos verificar, que ao longo dos últimos anos, ocorreram 27 desastres considerados muito graves. Verifica-se que o país com maior número de eventos desde os anos 60 foi a China. Apenas África do Sul nos anos 70 e 90 e Brasil em 2015 e 2019 tiveram mais de um registro, sendo que o mais recente, registrado no município de Brumadinho MG, foi o

maior nos últimos 40 anos e o terceiro em termos de vítimas fatais imediatas. Do total de 27 eventos apenas 2 ocorreram em países centrais (Reino Unido e EUA) nos anos 60/70 e todos os outros em países periféricos e semiperiféricos da economia global.

**Quadro 1.** Maiores desastres envolvendo barragens de mineração registrados nos anos 1915-2019.

Mineradora/ localização	País	Minério Lavrado	Método de Construção	Óbitos Registrados	Ano de Ocorrência
Mina Córrego do Feijão, Barragem I, Vale, Minas Gerais	Brasil	FE	Montante	270	2019
Hpakant, Kachin state	Myanmar	Jade	N/I	115	2015
Barragem de Fundão, Samarco mineradora (Vale & BHP), Minas Gerais	Brasil	Fe	Montante	19	2015
Zijin Mining, Xinyi Yinyan Tin Mine, Guangdong Province.	China	Sn	N/I	22	2010
Ajka Alumina Plant, Kolontár (MAL Magyar Aluminum) #2	Hungria	Al	Jusante	10	2010
Lixi Tailings, Taoshi, Linfen City, Shanxi, China (Tahsan Mining Co.)	China	Fe	Montante	254	2008
Miliang, Zhen'an County, Shangluo, Shaanxi Province	China	Au	N/I	17	2006
Nandan Tin mine, Dachang, Guangxi	China	Sn	N/I	28	2000
Surigao del Norte Placer, (Manila Mining Corp) 2nd event	Filipina	Au	Retenção de água	12	1995
Longjiaoshan, Daye Iron Ore mine, Hubei	China	Fe	N/I	31	1994
Merriespruit, near Virginia, (Harmony) - No 4A Tailings Complex	África do Sul	Au	Montante	17	1994
Jinduicheng, Shaanxi Province.	China	Mo	Montante	20	1988
Huangmeishan, China	China	Fe	N/I	19	1986
Prestavel Mine - Stava, North Italy	Itália	Fe	Montante	269	1985
Niujiaolong, Shizhuyuan Non-ferrous Metals Co., Hunan	China	P	N/I	49	1985
Bafokeng, Morensky Tailings dam	África do Sul	Pt	Montante	13	1974
Buffalo Creek, West Virginia, USA (Pittson Coal Co.)	Estados Unidos da América	Coal	N/I	125	1972
Certej gold mine, Romania	Romênia	Au	N/I	89	1971
Mufulira, Roan Consolidated Mines	Zâmbia	Cu	N/I	89	1970
Iwiny Tailings Dam	Polônia		N/I	18	1967
Mir Mine, (Placalnica) Sgorigrad	Bulgária	Pb Zn	Montante	488	1966
Aberfan, South Wales Colliery	Reino Unido	Carvão	N/I	144	1966

continua

continuação

Mineradora/ localização	País	Minério Lavrado	Método de Construção	Óbitos Registrados	Ano de Ocorrência
El Cobre Old Dam	Chile	Cu	Montante	200	1965
Huogudu, Yunnan Tin Group Co., Yunnan	China	Sn	Montante	171	1962
Jupille	Bélgica	Carvão	N/I	11	1961
Luciana Tailings Failure Satanna.	Espanha	N/I	N/I	18	1960
Los Cedros, Tlalpujahua, Michoacán	México	Au Ag	Montante	300	1937

Legenda: N/I – não informado.

Fonte: Extraído de Freitas e Silva, 2019 - a partir dos dados da WMTF

A segurança de barragem como um tema de relevância internacional resulta, principalmente após os anos 1990, da tendência de aumento de casos de falhas de barragens de rejeito de alta severidade. Segundo a Comissão Internacional sobre Grandes Barragens (CHAMBERS; HIGMAN, 2011) é urgente e necessária que haja uma reforma no planejamento, gerenciamento e regulamentação de instalações de armazenamento de rejeitos. Ainda em 2001, ao analisar 221 rompimento de barragens de rejeito de mineração foi notório que se possuía o conhecimento técnico para construir e manter instalações de armazenamento de rejeitos de forma segura, no entanto, estruturas inseguras combinado com um gerenciamento inadequado foram as principais causas na maioria das falhas analisadas.

Chambers e Higman (2011) chamam atenção para uma taxa significativamente mais elevadas de falhas, acidentes e incidentes registrados em barramentos de rejeito de mineração quando comparada com a frequência de falhas envolvendo os demais tipos de reservatórios. Segundo os autores, as causas para a maior incidência de falhas nas barragens de rejeitos quando comparadas as barragens de abastecimento de água decorrem, provavelmente, devido: (1) a utilização de material de baixa qualidade na construção nas barragens de rejeitos; e, (2) barragens de rejeitos se utilizam de técnicas de alteamento nas que as tornam mais vulnerável estruturalmente. Frequentemente os empreendimentos minerários se utilizam de barragens que são construídas em “etapas” sequenciais ao longo de vários anos, fato que tornam o controle de qualidade mais desafiador, quando comparados aos métodos de alteamento utilizados nas barragens de armazenamento de água, que são construídas de uma só vez e utilizam insumos para sua construção de melhor qualidade.

Rico, Benito e Diez-Herrero (2008) apresentam uma série de características que tornam as barragens de rejeitos mais vulneráveis: (1) são comumente construídas a partir de materiais locais (solo, resíduos grosseiros, sobrecarga das operações de mineração e rejeitos) prontamente disponíveis, em vez do concreto usado, por exemplo, em barragens de retenção de água; (2) o alteamento ocorre à medida que o volume de produção, armazenado e geração de efluente ocorre, exigindo múltiplos estágios de construção; (3) existe falta de regulamentação sobre critérios específicos de construção; (4) ausência de monitoramento contínuo e controle durante construção e operação; e (5) o alto custo econômico de remediação pós encerramento das atividades de mineração.

Davies e Martin (2009) sugerem que além das vulnerabilidades inerentes ao processo minerário e as técnicas de engenharia utilizada na construção de barragens, há uma correlação positiva entre o ciclo de preços e demanda no mercado internacional de commodities mineral com os rompimentos de barragens de rejeito. Com base na análise de

143 eventos reportados entre os anos de 1968 e 2009, os autores apontam que após 24 a 36 meses do refazimento da demanda mineral mundial é registrado aumento da frequência de rompimentos de barragens de rejeitos. Segundo o estudo, ao longo do período de elevação do valor e demanda mundial, existe, de maneira geral, empenho em flexibilizar as legislações nacionais assegurando, dessa forma, aumento imediato da produção/ extração mineral, impactando negativamente a gestão de segurança dos empreendimentos minerários. Neste período, por meio da permissividade ou leniência do Estado regulador, existe, de forma geral, o uso de tecnologias e escolha de locais não adequados para a instalação dos projetos; pressão sobre as agências ambientais pela celeridade no licenciamento, favorecendo avaliações incompletas ou inadequadas; contratos de prestação de serviços técnicos de engenharia a preços mais elevados (aumentando o endividamento das firmas), ou utilização de profissionais menos experientes ou sobrecarregando os mais experientes (comprometendo a qualidade dos projetos ou a execução das obras); intensificação da produção e redução nos custos de produção, à medida que os preços da commodities retornam aos patamares anteriores.

Rico *et al.* (2008), ao analisarem 147 incidentes em barragens de mineração, apontam que 74% das falhas envolvendo barragens foram registrados nos EUA (39%), Europa (18%), Chile (12%) e Filipinas (5%). Quando considerado a altura do barramento, 55,9% dos casos ocorreram em barragens com mais de 15 metros de altura e apenas 22% ocorreram envolvendo barragens superior a 30 metros. Do número total de falhas, 83% ocorreram quando a barragem estava ativa, 15% em barragens inativas e abandonadas e apenas 2% das falhas ocorreram em barragens inativas, mas com manutenção. O método de construção de barragens que representa o maior número de incidentes está associado as estruturas à montante (upstream method), representando 76% dos casos. As barragens de rejeitos à jusante e à linha central representam 15% e 5% dos casos globais, respectivamente.

Os autores também chamam a atenção para a falta de regulamentação sobre os critérios específicos de projetos. Situação que, quando combinados com políticas frágeis e instituições públicas de controle e prevenção desestruturadas, favorecem a criação de cenário fértil para a ocorrência de um conjunto de causas, das quais destacamos: a manutenção deficiente das estruturas de drenagem; ausência de monitoramento contínuo e controle durante construção e operação; crescimento das barragens sem adequados procedimentos de segurança; a sobrecarga a partir de rejeitos de mineração.

AzameLi (2010) ao analisarem 218 falhas de barragens de rejeitos no mundo, ocorridas entre os anos 1910 e 2009, identificaram que as décadas de 1960, 1970 e 1980 registraram cerca de 50 eventos, respectivamente, corroborando com os achados apresentados no gráfico 1. Ao compararem acidentes registrados antes dos anos 2000 e após este período, identificam que falhas em barragens de até 15m de altura aumentaram de 28% para 30%, enquanto falhas em barragens com 15 e 30m de altura aumentaram de 21% para 60%. Comportamento similar ocorreu devido a falhas em decorrência de má gestão, passando de 10% para 30%. Outro aspecto relevante apontado é que geograficamente, os acidentes antes registrados com maior frequência nos países centrais, após os anos 2000, passaram a ser registrados em maior número nos países periféricos à economia global.

Bowker e Chambers (2015), analisaram 214 falhas e acidentes envolvendo barragens de mineração, ocorridas entre os anos 1940-2010. As falhas graves (>100.000 m<sup>3</sup> e / ou perda de vida) e muito graves (>1 milhão de m<sup>3</sup>, extensão de 20 Km ou mais, e / ou > 20 óbitos) foram responsáveis por 31% (67) do total, mas representam 63% (33/52) dos acidentes nos anos 1990-2010. Quando analisado as falhas a partir dos anos 1940, observa-se que ocorreu um crescimento na frequência de falhas nos anos 60 a 80 e uma queda nos anos mais recentes. Mas, apesar da redução da ocorrência de falhas a partir dos anos 90, tivemos um aumento significativo de acidentes e incidentes envolvendo falhas graves ou muito graves nas últimas décadas.



A questão do armazenamento seguro de rejeitos pode se tornar ainda mais desafiadora nos próximos anos, uma vez que o volume de resíduos da extração mineral tende a aumentar em razão dos menores teores de minério encontrado no solo explorados e também devido a elevada demanda mundial dessa matéria prima. Entre 2003 e 2013, houve um aumento de 630% nas importações globais de minérios, no entanto, parte dessa demanda estivera concentradas em poucos países produtores (WANDERLEY *et al.*, 2016; BREDOW; LELIS; CUNHA, 2016).

Em grande medida, o setor ainda depende do uso de barragens, considerando que a proporção de rejeito é comumente muito alta, e, atualmente está, a depender da localidade e minério beneficiado, entorno de 200 partes de resíduo para 1 parte de mineral de interesse retirado do solo (KOSSOFF, 2014). Com a ampliação da demanda, no decorrer do tempo, observou-se que ocorrências de acidentes diminuíram em barragens de pequeno a médio porte e aumentaram nas de grande porte, de acordo com os dados apresentados anteriormente. E, por sua vez, o risco associado está aumentando em 20 vezes a cada 33 anos (ROBERTON, 2012).

Novos desastres envolvendo barramentos de mineração são inevitáveis. Na ausência de empenho legislativos coerente com os riscos em voga, veremos aumento da frequência, intensidades e volume de rejeito liberado ao meio ambiente nos próximos anos.

### Desastres em barragens de mineração e seus riscos no Brasil

No Brasil, o colapso das barragens de fundão da empresa Samarco e da Vale S.A figuram entre os mais graves de uma série de rompimentos que ocorreram no século XXI, de acordo com os dados apresentados anteriormente. As barragens que se romperam eram classificadas pela agência nacional de mineração (ANM) como de baixo risco (situação quando a documentação da barragem está dentro do preconizado pela legislação, o que remeteria a uma percepção de boa administração e baixa probabilidade de acidente) e dano potencial associado (DPA) alto (considerado nesta classificação a proximidade de concentração populacional e integridade ecológica adjacente à estrutura, apresentando risco de grandes consequências, no caso de rompimento). O Modelo tecnológico de construção de barragem era realizado por alteamento a montante, utilizado por ambas as mineradoras, que é o mais barato, porém o menos seguro, conforme demonstramos nos registros passados de rompimento de barragem.

No dia do rompimento, a barragem de fundão da mineradora Samarco tinha capacidade de armazenamento de cerca de 50 milhões de m<sup>3</sup> (BRASIL, 2016), sua altura estava entre 106m e 108m, a partir de sua base. A Barragem I da mineradora Vale S.A tinha 86 metros de altura e armazenava volume estimado de 12 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos (BRASIL, 2019). Nos dois casos registrados, atenção especial deve ser dada a ausência de fiscalização e monitoramento dos empreendimentos; miopias aos sinais e indicativos de má gestão em segurança; cultura de segurança reversa (impondo ritmo de produção não preconizado no projeto inicial); modificação de projeto ao longo da vida útil; falhas na atividade de gestão e ausência de ações de remediação; cenário de opacidade e miopia da gestão de risco, assim como, gerenciamento artificial do risco (FREITAS; SILVA, 2019).

Soma-se, à ambos processos, o modo como vem ocorrendo o desmonte do papel do Estado nas suas capacidades de regulação e fiscalização das atividades de extração e produção industrial. A partir dos anos 90, este cenário vem sendo colonizado por uma série de stakeholders externos aos territórios produtivos. De modo que, a combinação desses processos parece ter contribuído para a elevação de desastres e precarização do sistema de gestão de risco e fiscalização em barragens de mineração no Brasil, tornando-os uma quase rotina, e tendo como desfecho os mais graves desastres ambientais já registrado no país.

Atualmente, podemos identificar 31 órgãos efetivamente fiscalizadores de barragens, que, quando somados aos órgãos potencialmente fiscalizadores, resultam em 43 instituições com essa atribuição (SILVA; SILVA, 2020). Esses atores têm a responsabilidade, guardadas as devidas competências, de realizar a coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre barragem, devendo ser contemplado barragens em construção e àquelas em operação ou desativadas.

Na Figura 2, apresentamos o sistema de fiscalização brasileiro. A ANA é responsável pela articulação dos órgãos fiscalizadores na implementação da Política Nacional de Segurança de Barragem (Lei n. 12.334/10); organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Segurança de Barragem (SNISB), que envolve desde a concepção das estratégias e diretrizes até sua disponibilização para os atores diretamente envolvidos na temática e para o público em geral; coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens (RSB); e fiscalizar e monitorar, em conjunto com agências estaduais de recursos hídricos, a segurança das barragens de usos múltiplos. A Agência Nacional de Mineração (ANM) é responsável pela fiscalização das barragens de mineração, acumula tanto a função outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária destes rejeitos; fiscalização e monitoramento destas barragens. Aos proprietários de barragens cabem executar ações de segurança e elaborar plano de segurança de Barragem (SB). Barragens de deposição de resíduo industrial e barramentos com finalidade de geração de energia elétrica apresentam órgãos fiscalizadores e outorgantes específicos, sendo o IBAMA e a Agência Nacional de Energia elétrica responsável, respectivamente.



Fonte: adaptado de GALLEN, 2016

Legenda: SB – segurança de barragem; OERHs - órgãos estaduais de recursos hídricos; OEMAs – órgãos estaduais de meio ambiente.

**Figura 2.** Sistema Nacional de Segurança de Barragens

A classificação das barragens se dá conforme suas características estruturais (altura) e volume do seu reservatório bem como os danos potenciais em caso de ruptura. Barragens de grande porte (> 15 metros de altura); qualquer barragem com altura de 5 a 15 metros em que o comprimento da crista seja maior que 500 metros; volume do reservatório maior que 3 milhões de m<sup>3</sup> ou capacidade de descarga maior que 2 mil m<sup>3</sup>/s e/ou com fundações pouco usuais são as barragens de interesse para a Política Nacional de Segurança de Barragem (PNSB).

A lei n. 12.334/10 estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). São objetivos desta a garantia dos padrões de segurança de barragens desde sua concepção até seu descomissionamento e usos futuros. Destaca-se ainda: o empreendedor é o

responsável pela segurança da barragem e deverá empenhar ações específicas e prover os recursos necessários para tal (inciso I); providenciar o projeto final “as built”, organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes à barragem (inciso III); informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa comprometer sua segurança (inciso IV); manter serviço especializado em segurança de barragem (inciso V); providenciar Plano de Segurança de Barragem, incluindo o Plano de Ação de Emergência (incisos VII e X), quando necessário; realizar as inspeções de segurança (inciso VIII) e as revisões periódicas de segurança (inciso IX), além de implementar os mecanismos de controle social e do acesso à informação (SILVA; SILVA, 2020).

O último relatório de segurança de barragens, divulgado pela ANA (BRASIL, 2018), apresenta dados que levam a reflexão sobre a implementação da PNSB no setor de mineração. No total são 935 barragens de contenção de rejeitos de mineração cadastradas no sistema, 53% (492) estão submetidas à PNSB. O plano de segurança e sua revisão periódica foram regulamentados por 87% (427) dos empreendedores, enquanto apenas 5% (25) fizeram inspeções regulares e 51% realizaram inspeções especiais no ano da análise. Quando consideradas o total de barragens de contenção de rejeito, 39% apresentam plano de ação e emergência, conforme estabelece os artigos 11º e 12º da lei. Outro aspecto relevante apontado pela ANA é que até 2017, 23% (214) das barragens receberam ações de fiscalização e 33% (305) das barragens foram autuadas, fator imprescindível para que inconformidades sejam corrigidas.

Quando analisadas apenas as barragens classificadas quanto à categoria de risco (CRI) e dano potencial associado (DPA) (Tabela 1). Primeiro ponto que preocupa é a ausência de informação, uma vez que 473 (51%) barragens não são classificadas quanto ao risco. daquelas que possuem alto DPA (256), são 232 com CRI alto e médio. Quando combinadas alto risco e alto dano potencial, identificam-se 6 estruturas nessa situação.

**Tabela 1.** Número de barragens segundo categoria de risco e dano potencial associado no Brasil, 2017.

		Dano potencial associado				%
		Alto	Médio	Baixo	Total	
Categoria de risco	Alto	6	1	1	8	1%
	Médio	226	118	57	401	43%
	Baixo	24	33	7	64	7%
	Não Classificada	0	0	462	462	49%
Total		256	152	527	935	100%
%		27%	16%	56%	100%	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNISB/ANA, 2018 (BRASIL, 2018)

A incerteza quanto ao risco real permanece alta, 87% do total das barragens de contenção de rejeito não possuem documento de Projeto “Como construído” (as built) com localização conhecida e 13% (123) não apresentaram qualquer informação a respeito (BRASIL, 2018). O projeto de construção tem como principal objetivo registrar todo o processo gerido na barragem e aferir se as condições previstas vêm sendo respeitadas, o que garantirá a adequada segurança da barragem bem como de sua operação.

Segundo a PNSB, todas as barragens que apresentam o potencial de causar altos danos associados deveriam apresentar o Plano de Ação de Emergência (PAE). No entanto, nesta categoria, 23 barragens não apresentam tal instrumento, no total são 100 Barragens de contenção de rejeito que não possuem PAE. Em relação ao método construtivo, quando considerados os dados disponibilizados para o ano de 2017, são 69 estruturas que declararam utilizar o método de alteamento à montante, o mesmo tipo utilizado nas barragens da Samarco(2015) e da Vale (2019) que se romperam, sendo que o Estado de Minas Gerais foi a unidade da federação que apresentou a maior quantidade desse tipo de estruturas. Não obstante, 98 empreendimentos não declararam o método construtivo de sua estrutura de barramento (Quadro 2).

**Quadro 2.** Método de construção por unidade da federal brasileira, ano de 2017.

Método Construtivo						
Estado da Federação	Etapa única	Alteamento a montante ou desconhecido	Alteamento a jusante	Alteamento por linha de centro	Indefinido	Total
AM	14		1			15
AP	4	1	2		5	12
BA	14	3	24	26	6	73
ES	1					1
GO	4	3	5	3	1	16
MA				1	2	3
MG	215	49	63	14	17	358
MS	16	1		1		18
MT	15	2	45	11	18	91
PA	72	3	13	12	8	108
PB					1	1
PI					2	2
PR	1		1	1		3
RJ	2				1	3
RO	18				15	33
RS	2	3			1	6
SC	11				1	12
SE	3					3
SP	37	4	7	4	19	71
TO	4		1		1	6
<b>Total Geral</b>	<b>433</b>	<b>69</b>	<b>162</b>	<b>73</b>	<b>98</b>	<b>835</b>

Fonte: Fonte: Elaboração própria a partir de dados (BRASIL, 2017)

Quando se discute rompimentos de barragens no Brasil, a ênfase incide sobre o Desastre da Samarco e da Vale, em Mariana e Brumadinho, ambos em Minas Gerais. No entanto, entre os anos de 1986 a 2019, o Brasil registrou 7 acidentes graves envolvendo barragens de contenção de rejeito de mineração no estado de Minas Gerais. Decorrente desses eventos, ao menos 304 pessoas vieram a óbito (quadro 3). Quando contabilizado acidentes e incidentes, para o período de 2011-2019, ano de vigência da PNSB, há em média, 1 evento envolvendo barragem de contenção de rejeito de mineração a cada três anos.

**Quadro 3.** Acidentes com barragens no Brasil.

Ano	Empresa	Tipo de barragem	Município	Breve descrição
1986	Mineração Herculano	Barragem de Rejeito	Itabirito	Rompimento de Barragem: 7 óbitos.
2001	Mineração Rio Verde	Barragem de Rejeito	Nova Lima	Rompimento de Barragem: assoreamento do córrego taquara e 5 óbitos.
2008	CSN	Barragem de Rejeito	Congonhas	Rompimento de vertedouro: 40 famílias desalojadas.
2008	N/D	Barragem de Rejeito	Itabira	Rompimento de Barragem: danos ambientais.
2014	Herculano Mineração	Barragem de Rejeito	Itabirito	Rompimento de Barragem: 3 óbitos.
2015	Samarco S.A	Barragem de Rejeito	Mariana	Rompimento de Barragem (34 milhões m <sup>3</sup> ): 19 óbitos (12 terceirizados, 1 prestador de serviço, 1 funcionário e 5 moradores).
2019	Vale S.A	Barragem de Rejeito	Brumadinho	Rompimento de Barragem (>11 milhões m <sup>3</sup> ): 259 óbitos e 11 pessoas desaparecidas.

Fonte: adaptado de Silva e Silva, (2020).

### Segurança de barragens de mineração: desafios na redução dos potenciais riscos à saúde pública

Desastres tecnológicos são eventos que derivam dos processos sociais e produtivos, constituem fraturas expostas das organizações, permitindo vislumbrar um universo pouco acessível em “situações normais”, em que as falhas e anormalidades, incidentes e acidentes de menor impacto tornam-se invisíveis e são transformados em “normalidades” (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016). Dessa forma, desastres, independentes da causalidade imediata que forem atribuídas, evidenciam situações ou eventos de riscos que traduzem a acumulação de aspectos organizacionais e gerenciais, fragilidades das políticas e despreparo das instituições encarregadas pela gestão e redução do risco.

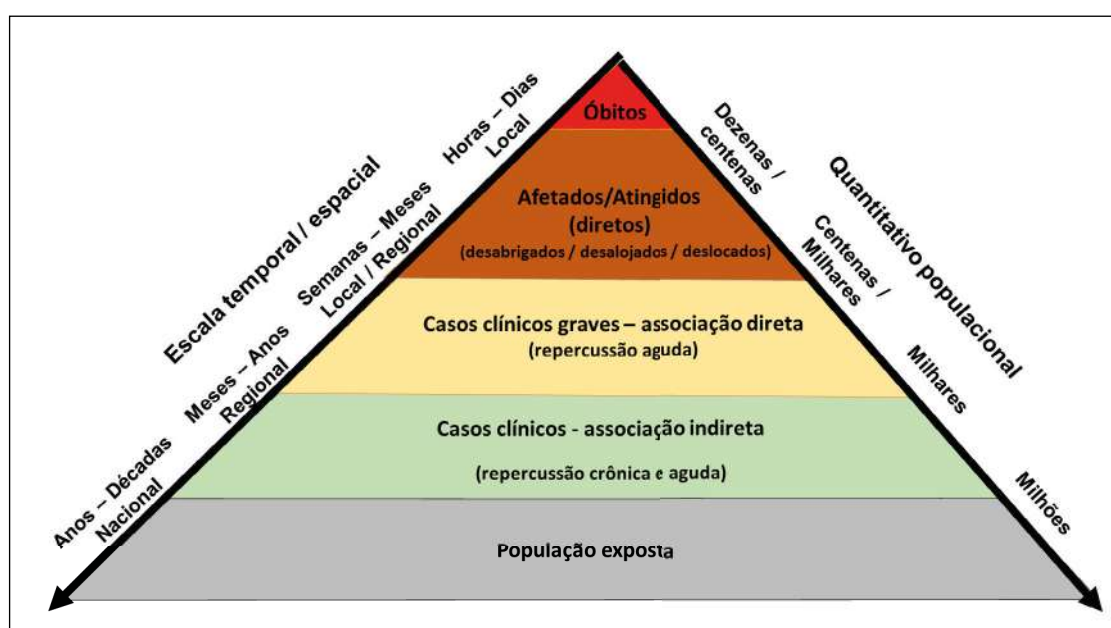
Sob a perspectiva das ciências sociais, ainda que sejam diversas as causas que levam à ocorrência de desastres tecnológicos, suas dimensões organizacionais (“riscos intensivos” ou “causas profundas”), revelam que algumas destas decisões são claramente erros; outras são julgamentos que podem ter sido considerados aceitáveis em determinado momento, mas que provaram ser catastróficos quando conjugados com outros eventos ou situações (PATÉ-CORNELL, 1993). Assim, esses processos estão relacionados com as concepções do projeto e/ou ausência de atualização; do licenciamento; da fiscalização, monitoramento e gerenciamento dos riscos (técnicos ou organizacionais) que foram tomadas e identificadas ao longo do tempo (LLORY; MONTMAYEUT, 2014).

Situações e/ou eventos de riscos, como os desastres da Samarco em 2015 e da Vale S.A em 2019, representam mudança dos cenários de riscos passados (ICOLD, 2001), isso inclui tanto os relacionados aos sistemas de risco intensivos, ligados ao projeto e operações das atividades tecnológicas de mineração e suas barragens, assim, como todos os procedimentos de controle e gestão de risco, mas também à situação de saúde; condições de vida; riscos ambientais; e processos de produção e reprodução social que já se constituíam nos territórios afetados.

Por outro lado, a partir do momento em que ocorrem, produzem novos cenários de riscos (NARVÁEZ; ORTEGA; LAVELL, 2009) e problemas extensivos (WYNNE, 1988), como os problemas ambientais e à saúde, que se estendem no espaço, atuam em unidades interescares - indo do local ao regional-, assim como no tempo, produzindo uma multiplicidade e sobreposição de situações de exposições, riscos e efeitos sobre a saúde, que vão dos imediatos aos de longo prazo (SILVA; SILVA, 2020). Os novos cenários de risco envolvem impactos que vão além dos dados oficiais da defesa civil e incluem contaminação e alterações ambientais (impactos sobre a biodiversidade e alterações dos ciclos de vetores, hospedeiros e reservatórios de doenças), como também a alteração abrupta da organização social e dos modos de viver e trabalhar historicamente constituídos nos territórios, com efeitos sobre a saúde

Dessa forma, os desastres tecnológicos interferem nas relações humanas com os ecossistemas, determinando e contribuindo para a existência de condições ou situações de riscos que influenciam o padrão de saúde das populações - causam alteração do perfil de morbimortalidade, em função da exposição desses grupos a diferentes fatores de risco ambientais. A exposição é central e *estabelece as possíveis interrelações entre a população presentes em um determinado lugar e as situações ambientais alteradas pelos eventos físicos ou por condições latentes de degradação ambiental* (OPAS, 2014, p. 14).

Na Figura 3, apresenta-se os possíveis desfechos negativos em decorrência de desastres de rompimento de barragem de mineração. Podemos notar que, os registros oficiais de populações afetadas diretamente (óbitos, afetados e desfechos negativos à saúde diretos) são populações que apresentam casualidade direta e imediata com o desastre. Para os demais segmentos afetados, são populações que dificilmente apresentarão desfechos atribuídos ao evento em si, porém são afetados por efeitos indiretos mediados e modulados pelo novo cenário de risco gerado a partir do desastre. Não obstante, afetados indiretamente são constantemente negligenciados no processo de reconstrução e dificilmente são inclusos entre os beneficiários de políticas públicas indenizatórias/reparatórias, porém poderão ao longo do tempo apresentar desfechos negativos sobre seu processo de saúde e doença no médio e longo prazo. No entanto, infelizmente, esses tipos de eventos colocam o desafio à saúde pública na compreensão dos mesmos, mas também na emergência de identificação e gestão de novos problemas e necessidades de saúde, pois nem sempre é possível estabelecer uma relação direta entre a exposição da população aos eventos e seus efeitos sobre a saúde esperados (OPAS, 2014).



Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 3.** Possíveis efeitos negativos à saúde nos eventos de desastres de rompimento de barragem de mineração.

Nesse tocante, uma visão simples e linear de causa e efeito são inadequados para definição e gestão do risco de desastres tecnológicos, como os rompimentos de barragens de rejeito de mineração, onde nem a suposta causa (agente/fator negativo) nem o efeito esperado (desfechos negativos) são facilmente detectáveis ou imagináveis. As limitações do conhecimento científico disponível estão, como sugere Wynner (1992), na própria aplicabilidade das técnicas analíticas existente. Assim, reduzir a análise aos componentes isolados do problema implicaria tanto no aumento da incerteza como na restrita compreensão do problema, resultando em estratégias limitadas de prevenção e controle do risco (FUNTOWICZ; RAVETZ, 2003).

É inegável que a construção de uma barragem pode trazer benefícios sociais e econômicos, mas também apresentam riscos significativos e impactos de modo sistêmicos ao meio onde se integram. Porém, a partir do desastres e falhas em sua operação, apresentam o potencial de causarem tragédias pessoais e sofrimento coletivo, altos níveis de mortalidade e morbidade, impactos diretos e indiretos no progresso político, social e econômico, criando ciclos viciosos de vulnerabilidade; favorecem condições para o surgimento de doenças e agravos em saúde, bem como, afetam as condições de vida como um todo (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016; FREITAS *et al.*, 2019). As consequências na saúde pública e no bem-estar são diversas (figura 3 e quadro 4), não se limitam apenas ao limite geográfico que estão situados e apresentam efeitos de longo prazo e de difícil gestão e avaliação (FREITAS, SILVA; MENEZES, 2016; FREITAS; BARCELLOS, 2019; SILVA; SILVA, 2020).

Segundo Freitas e Gomes (1996), esses desastres tecnológicos revelam algumas características que devem ser destacadas. A primeira é envolver instalações fixas de processamento de materiais perigosos, localizadas muito próximas de áreas densamente povoadas. A segunda é que para além do ponto de origem do desastre, os danos e degradação ambiental, bem como agravos à saúde, se ampliam no espaço e tempo. A terceira se refere ao fato que mesmo com tecnologias de segurança disponíveis, o desenvolvimento de sequência de eventos incontrolados no processo de produção acaba por resultar em desastres, apresentando liberação de produtos perigosos para a saúde e o meio ambiente para além das fronteiras físicas da empresa. Como observa o

autor, incidentes e acidentes nesses tipos de instalações são mais frequentes do que a imagem pública que as empresas envolvidas procuram divulgar, de modo que em todos esses desastres, investigações posteriores demonstraram falhas e até mesmo degradação nos sistemas de segurança e prevenção de acidentes (BRASIL, 2016; 2019). Por fim, em alguns casos, como Seveso e Bophal, Three Mile Island e Chernobyl, houve demora na obtenção de informações precisas sobre os produtos envolvidos e seus riscos e efeitos para a saúde pública, resultando na demora em ações de emergência para redução da exposição e riscos das populações atingidas, bem como comprometimento do tratamento inicial dos diretamente expostos aos produtos perigosos.

Essas características estiveram presentes em dois dos mais graves desastres tecnológicos em barragens de mineração no mundo, ambos ocorridos no Brasil. O primeiro, da empresa Samarco em 2015, com 19 óbitos, atingiu 36 municípios em uma extensão de 650 km ao longo do rio Doce. O segundo envolvendo a Vale S.A, em 2019, entre óbitos e desaparecidos, totaliza cerca de 270 vítimas. Além de vítimas fatais e atingidos, esse desastre atingiu, ao menos, 18 municípios em uma extensão centenas de quilômetros (FREITAS *et al.*, 2019). No Quadro 4, apresentamos os possíveis cenários de risco para além dos dados gerados no curto prazo.

**Quadro 4.** Principais efeitos negativos à saúde, meio ambiente e condição socioeconômica, em caso de incidente de barragens de mineração.

	<b>Curto prazo (dias, semanas e meses)</b>	<b>Médio e longo prazo (meses e anos)</b>
<b>Impacto à saúde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· óbitos diretamente associados;</li> <li>· afogamentos e sufocamento;</li> <li>· impacto social (desabrigados, deslocados, desalojados);</li> <li>· comprometimento dos serviços de provisão de alimentos e água potável;</li> <li>· doenças transmitidas pelo uso de água não adequada para o consumo humano;</li> <li>· doenças respiratórias e contaminação com a transformação da lama em fonte de poeiras e material particulado;</li> <li>· dermatites;</li> <li>· impactos psicossociais e na saúde mental (ansiedade, transtornos mentais, depressão);</li> <li>· parasitoses, mordeduras e picadas;</li> <li>· arboviroses (dengue, zika, chikungunya, febre amarela, malária);</li> <li>· hipertensão arterial sistêmica;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· intoxicação e danos à saúde resultado da toxicidade;</li> <li>· doenças respiratórias e contaminação com a transformação da lama em fonte de poeiras e material particulado;</li> <li>· impactos psicossociais e na saúde mental;</li> <li>· doenças transmitidas pelo uso de água não adequada para o consumo humano;</li> <li>· doenças respiratórias e contaminação com a transformação da lama em fonte de poeiras e material particulado;</li> <li>· Dermatites;</li> <li>· arboviroses (dengue, zika, chikungunya, febre amarela, malária);</li> <li>· desfechos negativos à saúde derivado das águas, solo e cadeia alimentar contaminados;</li> </ul>
<b>Impacto ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· contaminação química (mentais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do manancial e sedimento;</li> <li>· contaminação química (mentais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do solo e atmosférica;</li> <li>· modificações na qualidade da água e dos sedimentos;</li> <li>· escassez hídrica;</li> <li>· biota aquática e terrestre potencialmente afetado por centenas de quilômetros;</li> <li>· supressão da vegetação ripária;</li> <li>· morte e impacto sobre a fauna e flora aquática e terrestre;</li> <li>· remobilização de contaminantes não disponível;</li> <li>· alteração dos ciclos de vetores, hospedeiros e reservatórios de doenças;</li> <li>· de regulação do clima local;</li> <li>· erosão das margens;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· alteração da dinâmica fluvial;</li> <li>· alteração da qualidade atmosférica;</li> <li>· alteração do leito da bacia hidrográfica impactada;</li> <li>· elevação do risco de inundações e enxurradas;</li> <li>· contaminação química (mentais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do manancial e sedimento;</li> <li>· contaminação química (mentais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do solo e atmosférica;</li> <li>· bioacumulação e biomagnificação trófica;</li> <li>· de regulação do clima local;</li> </ul>

continua



continuação

	<b>Curto prazo (dias, semanas e meses)</b>	<b>Médio e longo prazo (meses e anos)</b>
Impacto socioeconômico	<ul style="list-style-type: none"> <li>· interrupção da atividade econômicas associadas e de entorno;</li> <li>· desemprego;</li> <li>· perda de recursos ecossistêmicos;</li> <li>· danos às habitações e infraestrutura;</li> <li>· perda de equipamentos públicos (impactos sobre os serviços públicos essenciais);</li> <li>· interrupção de dessedentação animal e práticas agrícolas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· interrupção da atividade econômicas associadas e de entorno;</li> <li>· impactos econômicos sistêmicos;</li> <li>· desemprego;</li> </ul>

Fonte: adaptado de Silva e Silva (2020)

Considerando os dados apresentados (Quadro 4), a complexidade dos desastres tecnológicos está na forte relação dos diversos níveis de indeterminância e nossa ínfima capacidade de controle e previsibilidade da situação; envolvem problemas extensivos com grande variedade de interações que são inerentes aos sistemas abertos e suas relações de causa e efeito indeterminados (WYNNE, 1992). Envolvem desde contaminantes ambientais, dispersos e acumulados em diferentes compartimentos (ar, água, solo, alimentos etc.); múltiplas formas de uso e ocupação humana que se utilizam desses serviços ecossistêmicos até os efeitos sobre a saúde – efeitos subclínicos, desenvolvimento de doença e agravos ou mesmo a morte – a depender da nocividade do poluente, da intensidade e tempo da exposição e da suscetibilidade individual (SILVA *et al.*, 2020).

Para populações mais vulneráveis, os impactos serão intensos, as respostas mais lentas e a distribuição dos problemas de saúde se darão em tempos diferenciados, tanto no espaço como sobre as diferentes populações (SILVA, *et al.*, 2020). A exposição ocorre em um contexto espacial (país, estado, município, bairro, setor censitário, assentamento rural, distrito sanitário, etc) e os impactos sobre a saúde podem ocorrer em escalas temporal particular, caracterizando-se em períodos que variam entre (dias, semanas, meses, anos) (figura 3) (OPAS, 2014). Assim, apesar do risco de ser atingido por desastre ocorra indistintamente, a condição social particulariza seus efeitos, em especial aos grupos populacionais de maior vulnerabilidade, como gestantes, crianças e idosos, podendo resultar em desfechos negativo à saúde, não necessariamente de caráter agudo, e com possíveis repercussões clínicas tardias (BRASIL, 2011).

Para além da magnitude e da probabilidade dessas consequências, reconhecer que grupos estão expostos de forma diferenciada frente ao risco é ainda um desafio ao setor público. Nesse sentido, as soluções de enfrentamento da situação devem envolver, simultaneamente, distintas perspectivas, dinâmicas e visões de conhecimento, não podendo limitar-se a mentalidade científica tradicional. Como observam De Marchi & Ravetz (1999), quaisquer decisões sobre os riscos envolvem vários tipos de incerteza e compromissos de valores e, por isso, o lado científico de qualquer análise deve ser complementado por outra vertente de análise derivadas, principalmente, mas não exclusivamente, os aspectos políticos. Muitos dos novos riscos, como os gerados pelos desastres em barragem de mineração, combinam incertezas e ignorância e tomada de decisão sobre os problemas extensivos e irreversíveis, exigindo novas formas de processos decisórios.

Para Narváez, Ortega e Lavell (2009) estas condições estão intimamente relacionadas nos processos de gestão de risco que necessitam de maior articulação intra e intersetorial e na participação social para a tomada de decisão. Assim, é do encontro da necessidade de ampliar as abordagens sobre gestão, bem como de se

ampliar as abordagens sobre riscos, que nos propomos a apresentar os dois maiores desastres envolvendo barragens de mineração no Brasil.

## Desastre tecnológico de Barragem de Mineração

No dia 05 de novembro de 2015, o rompimento da barragem de rejeito de fundão (BRF), controlada pela mineradora Samarco, uma joint-venture da companhia Vale S.A e a anglo-australiana BHP Billiton, se rompeu e liberou ao meio ambiente um volume estimado de 34 milhões de metros cúbicos ( $m^3$ ) de lama. Esta barragem, que se destinava a armazenar rejeitos da extração de minério de ferro possuía armazenado volume estimado em 55 milhões de  $m^3$  de rejeito (BRASIL, 2016). O evento, ocorrido no município de Mariana (MG), levou 19 pessoas a óbito. Quando considerado o volume de rejeito liberado; extensão geográfica atingida; e custos econômicos associados (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016; PIMENTEL, 2016), este evento é, até então, o mais grave desastre envolvendo barragens de rejeito de mineração do mundo.

Passados três anos, no dia 25 de janeiro de 2019, em Brumadinho (MG), o Brasil voltou a registrar o rompimento da barragem de rejeito (B1) do complexo minerário Córrego do Feijão, um empreendimento da mineradora Vale S.A. No momento do acidente, a estrutura possuía, entre barramento e rejeitos armazenados, aproximadamente 11.600.000  $m^3$ . Em seu caminho, formou uma enxurrada de rejeitos que avançou sobre trabalhadores e sede administrativa da empresa; encontrou as barragens de contenção de sedimentos B IV e B IV-A, que também se romperam. Totalizam-se, entre vítimas reconhecidas e desaparecidas, 270 óbitos (BRASIL, 2019).

No caso do Rompimento da BRF, da mineradora Samarco, o rejeito, inicialmente, foi carregado até o Rio Gualaxo do Norte, à 55 km da barragem, atingiu o leito do Rio do Carmo e seguiu em direção ao Rio Doce; chegando, após 16 dias, em 21 novembro, ao litoral do Espírito Santo; contaminou a zona costeira do mar capixaba com uma pluma de dispersão de mais de 60 km (7.000 $Km^2$ ) (42,1).

O desastre tecnológico da BRF, que é o mais grave desastre socioambiental da história brasileira e um dos maiores do mundo, afetou no primeiro momento, de forma direta 10.482 pessoas nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz Escalvado, desabrigando 644 pessoas e desalojando 716 (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016). Os danos agudos se concentraram, principalmente, nos dois primeiros municípios, respectivamente. De maneira indireta, estima-se que tenham sido afetados 1,4 milhão de pessoas em 38 municípios, sendo 35 no estado de Minas Gerais e 3 no Espírito Santo (SEDRU, 2016). O desastre foi classificado pela defesa civil como nível IV, isto é, "desastre de porte muito grande", o que significa que os danos causados são graves e os prejuízos muito vultosos e consideráveis (FEMA, 2016).

O volume armazenado na BRF era de cerca de 50 milhões de  $m^3$  (IBAMA, 2015). Nos primeiros dias, estima-se que um volume de cerca de 34 milhões de  $m^3$  de rejeito de minério de ferro tenha sido liberado ao meio ambiente. Deste total, 16 milhões de  $m^3$  permaneceram acumulados e, ao longo dos meses seguintes, parte desse material foi carregado ao curso hídrico (ANA, 2015). No trecho mais próximo a barragem que se estende até a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves (também conhecida como UHE Candonga), localizada no município do Rio Doce, os danos agudos ocorreram de forma intensa (GRUPO DA FORÇA-TAREFA, 2016).

No caso da Vale, ocorrido em Brumadinho, os danos humanos e socioeconômicos ocorreram de forma degressiva à barragem. Segundo Romão *et al.* (2019), o rejeito atingiu 9 setores censitários com população municipal estimada em 3.485 pessoas e 1.090 domicílios, o que representa mais de 10% da população municipal atingidas de forma

direta e imediata. As áreas atingidas pelo rejeito em Brumadinho são, de acordo com a classificação do IBGE, em sua maioria zonas rurais. Destacam-se, entre as áreas próximas a mineradora, a vila Córrego do Feijão e Parque Cachoeira, as maiores densidade habitacional atingidas, apesar de ser considerada zona rural pelo IBGE (MILANZEZ *et al.*, 2019).

A partir do evento, o novo cenário de risco gerado, apresentou-se como um grande desafio de gestão sobre a organização do setor saúde. No município de Brumadinho, por exemplo, a implementação de um conjunto integrado de ações de prevenção (ações de comunicação de risco), imunização (para difteria, tétano, hepatites A e B, sarampo, caxumba, rubéola, febre amarela), vigilância em saúde (epidemiológica e sanitária) e atenção em saúde (UPA, hospital, laboratórios, Centros de Atenção Psicossocial - CAPS, Núcleo de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde - NUPIC, unidades básicas de saúde - UBS, Estratégia Saúde da Família - ESF, e Núcleos de Apoio à Saúde da Família - NASF) permitiu ofertar à população serviços à saúde estratégicos para reduzir os danos do evento. Esse conjunto de ações contou com o apoio tanto do Ministério da Saúde quanto da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, permitindo também ações articuladas ao longo do Rio Paraopeba, envolvendo a vigilância da qualidade da água nos 18 municípios atravessados pelo o mesmo (FREITAS *et al.*, 2019).

Para a Saúde Coletiva os desafios no enfrentamento desses tipos de eventos não são pequenos. Pois, para além das pessoas definidas oficialmente como afetadas, temos diversas populações à jusante da barragem que tiveram múltiplas rupturas e perdas, simbólicas, culturais, econômicas, infraestrutura, familiares, rupturas comunitárias e lugares de referência. O número de expostos pode ser ainda maior se consideramos populações que se beneficiam dos serviços ecossistêmicos (rios, solos e matas) para seus usos e ocupações do solo historicamente constituídos

Entre as alterações ambientais estão aquelas associadas à supressão de ambientes naturais florestais e a sobreposição das faixas marginais dos mananciais atingidos. Segundo o órgão ambiental, estima-se que o desastres da Samarco, a partir do rompimento da barragem de fundão, causou destruição de 1.587 hectares (ha), dos quais 1.026,65 ha de cobertura vegetal, sendo que 511,08 ha de Mata Atlântica preservada, foram atingidos e danificadas. Já em Brumadinho, nas localidades mais próximas do empreendimento minerário da Vale S.A, estima-se que o evento causou a destruição de 269,8 ha. Foram subtraídos, com a passagem da lama, 133,27 ha de vegetação nativa de Mata Atlântica e 70,65 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APP). Dos 269,8 ha de área atingida diretamente pelos rejeitos, aproximadamente 218,1 ha estão situados dentro da Zona de Amortecimento (ZA) do Parque Estadual Serra do Rola Moça (IBAMA, 2019).

As modificações registradas no curso das bacias foram intensas e deletérias ao meio ambiente. Alterações no curso do rio e, portanto, na dinâmica fluvial, são registrados no leito do Rio Doce (GRUPO FORÇA-TAREFA, 2016). Este fator vem favorecendo maior e frequência e intensidade de inundações na bacia afetada, mesmo após anos do evento da Samarco (RODRIGUES, 2020). Observou-se também, nessa área a deposição de rejeitos sobre o leito dos rios e vastas áreas marginais, soterrando a vegetação aquática e terrestre, destruindo habitats e impactando negativamente a fauna aquática (GRUPO FORÇA-TAREFA, 2016). Para o IBAMA, *"o nível de impacto foi tão profundo e perverso ao longo de diversos estratos ecológicos que é impossível estimar um prazo de retorno da fauna ao local"* (IBAMA, 2015).

À medida que a onda de rejeitos avançava, danos principalmente associados à poluição hídrica foram causados, e registrou-se a interrupção do abastecimento de água em vários municípios (ANA, 2015). O monitoramento realizado entre os meses de novembro e dezembro de 2015, nas águas brutas e superficiais captadas nos

Municípios de Barra Longa, Rio Doce, Ipatinga, Governador Valadares, Baixo Guandu, Colatina e Linhares, evidenciou que os parâmetros de turbidez e metais ficaram, em regra, acima dos valores máximos permitidos pelo CONAMA (Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces – Classe 2) (MPF, 2016).

Segundo a empresa Samarco, responsável pelo desastre, o rejeito liberado no ambiente “é inerte” e “composto, em sua maior parte, por sílica (areia) proveniente do beneficiamento do minério de ferro e não apresentava nenhum elemento químico que seja danoso à saúde humana” (MPF, 2016). Conforme a NBR 10.004, o resíduo da barragem era classificado como não perigoso e não inerte para ferro e manganês (IBAMA, 2015). Para a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), com a onda de cheia diversos metais e metaloides apresentaram elevações significativas em suas concentrações (alumínio, arsênio, cádmio, cobre, cromo, fósforo, manganês e níquel). Elementos como chumbo e mercúrio apresentaram níveis superiores ao limite da legislação de 165 e 1465 vezes, respectivamente (EMBRAPA, 2015; ANA, 2018).

O monitoramento ambiental realizado ao longo da bacia do Rio Doce, por exemplo, ainda apresenta concentrações muito elevadas de substâncias perigosas nos diversos compartimentos ambientais afetados (solo, água, ar) envolvendo, inclusive, a presença de contaminantes metálicos (SILVA, 2019; IGAM, 2018). Há de se considerar que os elementos metálicos, ao contrário de muitos compostos orgânicos, não apresentam degradação ao longo do tempo para “espécies” menos tóxicas. Alguns tornam-se, inclusive, mais tóxicos com o passar do tempo (SILVA, 2019).

Tal situação ambiental comprometeu temporariamente a capacidade de tratamento da água pelas estações de tratamento e, conseqüentemente, atendimento aos valores máximos permitidos pela legislação, em especial dos parâmetros turbidez, metais e organolépticos - resultando na interrupção total ou parcial do abastecimento de água em 12 cidades, afetando uma população estimada de 424 mil pessoas. No estado do Espírito Santo, os Municípios de Colatina e Baixo Guandu sofreram total interrupção na distribuição de água captada do rio Doce. Já em Minas Gerais, parcela da população de Aimorés, Marilândia, Resplendor, Galiléia, Tumiritinga e Ituêta tiveram a distribuição de água proveniente do rio Doce temporariamente interrompida, afora o Município de Governador Valadares, com população superior a 30.000 mil habitantes, que suspendera integralmente o serviço de abastecimento e distribuição de água à população (MPF, 2016). Passados os primeiros dias/meses, verificou-se o decaimento do parâmetro, no entanto, variações durante os períodos chuvosos foram aferidas nos meses seguintes (IGAM, 2018).

Na bacia do Rio Paraopeba, manancial superficial afetado pelo rompimento da barragem da Vale S.A, os resultados do monitoramento superficial não demonstram situação ambiental diferente. A análise da caracterização química do rejeito da barragem realizada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2020) apontaram elevados teores de ferro e manganês em 100% das amostras. O parâmetro manganês chegou a ser registrado com valores de até 27 vezes o teor médio encontrados na região. Os parâmetros Cobre e Bário foram encontrados acima do preconizados pela legislação vigente, em 60% e 10%, respectivamente, das amostras. A agência estadual ambiental (IGAM) destacou as concentrações de ferro total (3095,5 mg/L) que superaram em até 2.200 vezes o valor máximo permitido para mananciais classe II; manganês total (736,500 mg/L) foi encontrado em valor de 7.365 vezes maior que o máximo permitido. Dentre os metais pesados, os parâmetros chumbo total e mercúrio total apresentaram valores de até 21 vezes acima do limite preconizado (IGAM, 2019).

Thompson *et al.* (2020) realizaram monitoramento da qualidade de água em 7 locais ao longo do manancial afetado. Imediatamente após o desastre, o ponto de coleta à 6 km da barragem registrou elevação de turbidez (3000 NTU) 30 vezes maior que o valor recomendado pela legislação. Ainda, os teores de Ferro, Alumínio, Cadmio

e Cobre apresentaram registro, respectivamente, de 2.8, 1.9, 6, 7.7 acima dos valores preconizados. Em relação as amostras realizadas no mês de maio, os teores de Fe apresentaram alteração em relação a legislação em 5 pontos, Alumínio em 7 pontos, Cobre em 5 pontos e Cádmio em 1 ponto. Em outro estudo, o parâmetro cobre chegou a ser registrado com valores de até 600 vezes o permitido. Além do Cobre, outros elementos como o Ferro, Manganês e Cromo, encontrados em nível elevados, são de interesse à saúde pública (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

Em relação as soluções de abastecimentos humano, o Ministério da Saúde coletou 1.847 amostras em 16 municípios afetados. Foram utilizados 104 pontos de coleta, a uma distância de até 100 metros das margens do rio Paraopeba. Os resultados indicam valores insatisfatórios para os parâmetros: Ferro em 336 amostras; Alumínio em 117 amostras; e Manganês em 207 amostras, sendo que em 38 amostras todos esses contaminantes estiveram acima do valor permitido. Os parâmetros microbiológicos e organolépticos estavam insatisfatórios, embora tenham sido identificados, pontualmente, valores insatisfatórios para os parâmetros Antimônio, Arsênio, Bário, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel e Selênio (BRASIL, 2020). As concentrações detectadas para algumas dessas substâncias superam os valores de risco a saúde sugeridos pela Organização Mundial da Saúde e estão em inconformidade com a Norma de Potabilidade Brasileiro.

Em Colatina, município afetado pelo desastre da Samarco, confirmou um significativo aumento de entrada de pacientes relatando dores abdominais, diarreias, náuseas, vômitos e perturbações cutâneas motivados pelo consumo da água captada do rio Doce (SEDRU, 2016). Mesmo um ano após o rompimento, uma série de problemas de saúde decorrentes do consumo da água do rio Doce foram relatados nos municípios: Colatina (ES); Baixo Guandu (ES); Governador Valadares (MG); São Mateus/ES (Barra Nova); Periquito (MG), Ipaba e Belo Oriente (MG), especialmente no distrito de Cachoeira Escura, além de Gesteira, em Barra Longa (MG) (FERNANDES, 2019).

Em relação a população de Mariana, pesquisa realizada envolvendo o grupo populacional de deslocados/desabrigado revelou efeitos na saúde mental associados a discriminação que os afetados e expostos passaram a sofrer (NEVES *et al.*, 2018). Estigmatizados e culpadas pelos prejuízos causados pelo fechamento, mesmo que temporário, da empresa Samarco, esta população passara a sofrer discriminação e assédio na cidade devido a uma relação ambígua, que envolve sentimentos de punição e interrupção da atividade minerária no local, combinados com o risco de desemprego e interrupção dos ciclos econômicos ali instalados. Problemas relacionados a atenção psicossocial (uso de álcool e drogas, tentativas de autoextermínio, uso de medicamento, depressão e tensão pós-traumática) foram registrados no estudo.

Em Brumadinho, dados da secretaria municipal mostraram um aumento de 80% no consumo de ansiolíticos e de 60% no uso de antidepressivos (COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO, 2019). Os dados de Registro das Ações Ambulatoriais de Saúde (RAAS), demonstram aumento dos episódios depressivos em 151%, de 352 casos em 2018 em 2019 houveram 883 registros; reações ao estresse grave aumentara em 1.272% no ano de 2019 em comparação com o ano anterior. No ano de 2019, houveram 52 tentativas de suicídios, sendo que 75% utilizaram medicamentos como agente tóxico (BRASIL, 2020).

Em relação aos habitantes de Barra Longa, município vizinho de Mariana, distante 80 km da barragem, a equipe de campo do EPI\_SUS - Ministério da Saúde- realizou um rastreamento descritivo seccional, em julho de 2016. O Estudo apontou um aumento significativo de manifestação clínicas de Infecção nas Vias Aéreas Superiores (IVAS), parasitoses e diarreias, Dengue, hipertensão sanguínea e diabetes, quando comparado aos anos anteriores ao desastre. Conclui-se que os problemas de saúde identificados, principalmente IVAS, Dengue e transtornos psicossociais, podem estar relacionados ao desastre, encontrando associação

positiva quando comparados as áreas afetadas com áreas não afetadas. Os agravos apresentaram diferenças em relação as duas áreas avaliadas em 70% para insônia; 60% maior para dor muscular; irritabilidade 80%; Dengue 2,9 mais casos registrados.

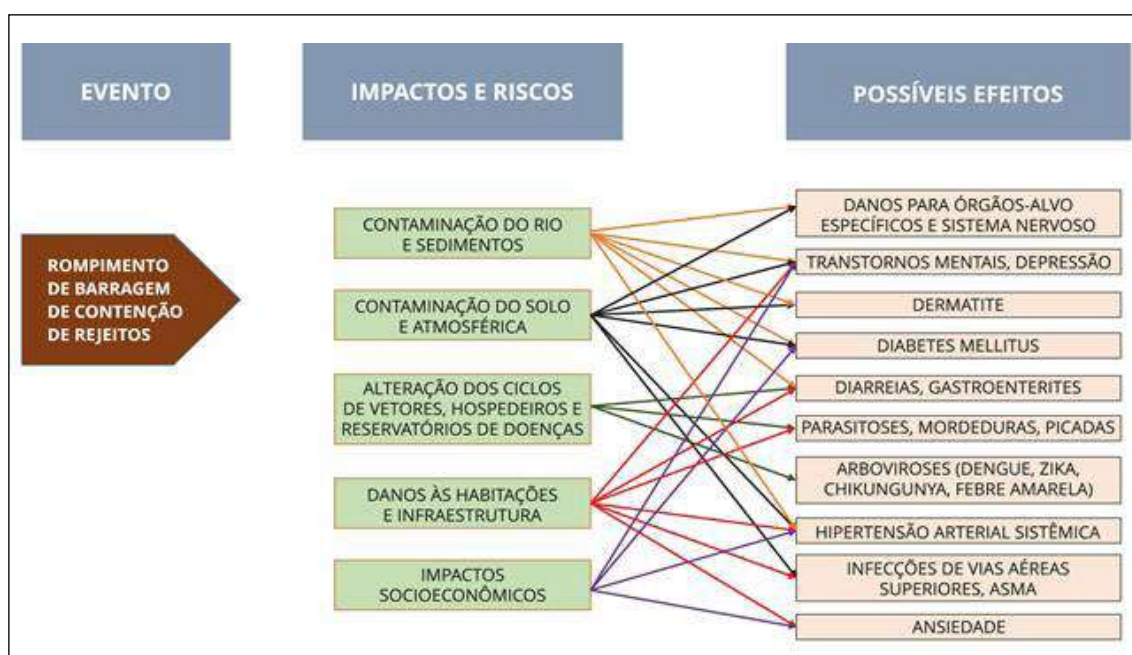
Em outro estudo realizado na mesma região de Barra Longa, o Instituto Saúde e Sustentabilidade (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2017) desenvolveu pesquisa exploratória transversal e descritiva com a finalidade de rastrear a situação de saúde da população residente na área urbana e rural (comunidades de Gesteira e Barreto). A pesquisa conclui que os sintomas neurológicos são os mais prevalentes, aferido em 45% da população investigada, seguidos por sintomas respiratório (42,2%), osteoarticulares (39,3%), gástricos (37,3%) e dérmico (33,9%). A amostragem incluiu 507 indivíduos entrevistados por meio de questionário estruturado de auto avaliação de saúde. Os resultados apontam, que entre os participantes, 37% deles alegaram piora na saúde após o desastre. Dentre os problemas relatados, queixas ligadas ao sistema respiratório foram as mais frequente (40% para a população em geral e, na faixa etária infantil - 0 a 13 anos, o índice alcançou 60%); 15,8% afecções de pele; 11% transtornos mentais e comportamentais; 6,8% doenças infecciosas; 6,3% doenças de olho; e 3,1% problemas gástricos e intestinais. Em relação aos sintomas emocionais, 83,4% dos participantes alegaram comprometimento após o desastre, a insônia foi o mais frequente dentre esses (36,9% para a população geral e 19% nas crianças entre 6 a 13 anos.); seguido por preocupação ou tensão (21,7%).

Em relação aos agravos de saúde registrados na bacia do Paraopeba, o boletim epidemiológico do ministério da Saúde apontou um aumento significativo de manifestação clínicas ao longo do primeiro ano pós desastre. Em 2019, o município de Brumadinho apresentou elevação de cerca de 31,22% nos registros de doenças diarreicas agudas quando comparadas ao ano de 2018. De acordo com a agência, o aumento dos casos pode estar relacionado a inconformidade da qualidade da água analisadas.

Uma possível alteração nos ciclos de vetores e de hospedeiros de doenças também é destacado para ambos os desastres. Os registros de dengue em 2019, em relação ao mesmo período do ano anterior, apresentaram incremento de 4.028% no município de Brumadinho (BRASIL, 2020). Na região do Rio Doce, afetada pelo desastre, surtos de dengue, zika e chikungunya e febre amarela foram registrados nos meses seguintes a ocorrência. Segundo especialistas, a degradação ambiental é um importante componente no alastramento do surto. Para a secretaria de saúde do Estado de Minas gerais (SES\_MG), de acordo com o veiculado na mídia nacional, destaca-se três fatores que se sobrepõem no tempo e no espaço para o aumento do número de casos: armazenamento de água de maneira inadequada; ausência de protocolo de acompanhamento e atendimento; baixos índices de imunização.

São muitos os casos semelhantes apresentados ao longo da Bacia do Rio Doce, além da poluição ambiental constatada, danos sobre os recursos ecossistêmicos são inúmeros: redução dos recursos pesqueiros; recursos hídricos poluídos; produção agrícola impactadas; geração de energia hidrelétrica interrompida; e impacto sobre os ciclos de produção de matérias-primas (FERNANDES *et al.*, 2016). As ameaças às comunidades ribeirinhas são particularmente críticas, pois são populações vulneráveis do ponto de vista econômico e habitantes de áreas remotas desprovidas de serviço público e dependente da agricultura de subsistência e pesca; devido ao seu modo de vida, estarão provavelmente mais vulneráveis e exposta a situações deletérias à saúde (mental, física e biológica) no longo prazo.

Na Figura 4 e tendo como referência o desastre da Samarco, apresentamos o conjunto de impactos e riscos ambientais, bem como efeitos sobre a saúde que se sobrepõem no tempo e no espaço nos territórios afetados.



Fonte: reproduzido de Freitas et al. (2019)

**Figura 4.** Potenciais efeitos relacionados aos impactos e riscos causados pelo desastre.

O desastre não só envolveu danos humano, ambientais e sobre a infraestrutura, mas também as perdas de receitas arrecadas, que se reflete na capacidade de oferta dos serviços essenciais como a saúde, educação, saneamento, entre outros. Mariana e os municípios do entorno apresentaram retração na base tributária após a abrupta paralisação da atividade de mineração da empresa Samarco, ocasionando impactos diretos sobre a economia regional. No município de Mariana, o sistema econômico era pouco diversificado e “minério-dependente” (95% da atividade econômica estava baseada em extração de minério de ferro ou em sua economia periférica), após o desastre a retração da receita municipal representou 80% (SEDRU, 2016). No período 2014-2018, as receitas correntes foram reduzidas de R\$ 445 milhões para R\$ 264,6 milhões (MILANEZ *et al.*, 2019).

Para a organização do setor saúde em Brumadinho, no médio longo prazo, os desafios também não são menores. O desastre provocou uma sobrecarga no sistema de saúde: os atendimentos na atenção básica apresentaram aumento de 63% no primeiro quadrimestre de 2019. Tal alteração da rotina exigiu a contratação de mais de 80 profissionais, além dos que já existiam, com um custo de mais de 1,5 milhão de reais por mês. Com isso, os gastos da prefeitura com saúde – devem chegar a R\$ 70 milhões no ano de 2019, contra R\$ 55 milhões em 2018 (COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO, 2019).

Como ocorreu no desastre da Samarco, tal situação pode se agravar nos próximos meses, devemos considerar que para além das situações já definidas e contabilizadas, temos diversas populações a jusante da barragem que tiveram múltiplas rupturas e perdas e modificação de seu processo de saúde e doença. Realidade que exige continuidade do monitoramento e a garantia da prestação dos serviços estratégicos, uma vez que muitos efeitos podem se manifestar de forma tardia, exigindo sensibilidade dos serviços públicos, inclusive os de saúde, no médio e longo prazo (BRASIL, 2020).

Além disso, Freitas *et al.* (2019) salientam para o risco de interrupção da cadeia econômica formada por pequenas e médias empresas que gravitam entorno da prestação de serviços à mineração, levaram ao declínio do ciclo econômico local/regional. Esses processos afetam populações e territórios de modo mais amplo e sistêmico, gerando impactos sobre as condições de vida e situações de saúde (tensões,

depressões, inseguranças, ampliação e agravamento das doenças crônicas como as reportadas no caso de Barra de Longa) com elevação dos problemas e necessidades de saúde, exigindo maiores investimentos financeiros para a ampliação dos serviços, exatamente quando as receitas tendem a diminuir ao longo do tempo.

Em algumas localidades o risco de impacto econômico sistêmico pode não ter sido ainda estimado com precisão. Segundo o MPF (2016), graves prejuízos estão relacionados ao comprometimento no fornecimento de água para consumo de animais de criação; irrigação de campos de produção agrícolas; prejuízos econômicos sobre as indústrias extrativistas (economia pesqueira, na extração de areia) e no turismo.

Além de perda de produtividade das propriedades, do acesso a renda e de bens de uso coletivo. Temos também danos imateriais, como a perda de padrões de organização social, identidade coletiva, vínculos de vizinhança e comunitários, como as diversas práticas culturais que configuram os modos de vida (RAMBOLL, 2018). Na Bacia do rio Doce, alguns dos grupos afetados são comunidades tradicionais, como Quilombolas, Pomeranos, Areeiros, Faiscadores, Pescadores, enquanto outros são remanescentes e representantes legítimos de comunidades indígenas da região: Krenak, Tupiniquim e Aymorés (ÁIRESA *et al.*, 2018). Já no Paraopeba, tendo como referência os dados do Censo Agropecuário de 2017 e considerando um raio de 500 e 1000 metros ao longo dos 18 municípios em que a lama atingiu o rio Paraopeba, numa extensão aproximada de 250 km, estima-se que há respectivamente 147 e 424 comunidades (indígenas, quilombolas, silvicultores e pescadores artesanais) atingidas (ANA, 2015).

Nesse sentido, o desastre lesou direitos fundamentais das populações afetadas, especialmente se considerarmos que a recuperação das condições ambientais poderá demorar décadas para se concretizar. Após o desastre da Samarco, diversas medidas na esfera judicial e extrajudicial foram adotadas em face dos empreendedores responsáveis, entre elas, a celebração do termo de ajustamento de conduta (TAC), instituído por uma ação civil pública (ACP), assinados com Ministério Público Federal (MPF) e Ministério Público Estadual de Minas Gerais (MPE/MG). Não havia dúvida naquele momento, de que a Samarco, como operadora da Barragem de fundão, era a poluidora direta e a principal responsável pela reparação integral do dano ambiental causado (ADAMS *et al.*, 2019).

A Fundação Renova, solução institucional adotada no desastres da Samarco, visando a necessária agilidade para receber recursos financeiros e efetuar despesas levou com que os fundos compensatórios e reparatórios ficassem “sob total controle” da empresa e com “deplorável falta de transparência” e participação das comunidades atingidas no processo de negociação (UNITED NATIONS HUMAN RIGHTS, 2016 *apud* HELLER, 2019). Apesar de haver participação de componente governamental e das empresas responsáveis, essa última possuía um poder desproporcional para influenciar as decisões (ADAMS *et al.*, 2019). Assim, a Renova se tornou responsável por gerir todas as informações e decisões do ponto de vista ambiental, social e econômico. Conferindo à empresa autonomia na celebração de acordos extrajudiciais e na definição de quem é ou não “atingido” (MILANEZ; MAGNO; PINTO, 2019).

## **Desafios atuais e futuros na Redução de Risco de Desastres Tecnológicos de Barragem de Mineração**

Se destes desastres podemos extrair lições, estas deveriam resultar em políticas e ações para a redução de riscos de desastres mais efetivas. Isto significa incorporar no modelo de desenvolvimento os custos ambientais e humanos internalizando aos custos de produção, evitando assim novas tragédias; termos planos e ações de redução de riscos em que as injustiças ambientais não seja tolerada; que as incongruências



e contradições das políticas e dos planos sejam expostas e enfrentadas com efetiva transparência e participação da sociedade. Sem isto, teremos certamente muitos empenhos sociais imediatos e pontuais, mas insuficientes para gerar lições para a redução de riscos de desastres no país.

Atualmente, temos no território Brasileiro um total de 935 barragens de contenção de rejeitos de mineração cadastradas no sistema, deste total são classificados 492 pelas autoridades nacionais como barragens particularmente perigosa, e, portanto, inseridas na PNSB. Dasquelas que possuem alto DPA (256), são 232 com CRI alto e médio. Quando considerados as barragens que não foram classificadas quanto a sua categoria de risco (49% do total das barragens) não podemos deixar de considerar que temos ainda 87% do total das barragens sem documento de Projeto “Como construído” (as built) com localização conhecida e 13% (123) não apresentaram qualquer informação a respeito. Tal situação é um indicativo da necessidade de esforços para a reconfiguração de um cenário de risco nacional que ainda é opaco em relação as funções públicas de regulação e gestão de risco.

Ainda temos 100 Barragens de contenção de rejeito que não possuem Plano de Ação de Emergência (PAE). Nesse sentido, o sistema de gestão de risco de desastre na mineração avançou pouco sobre o princípio 5 do Marco de Sendai - Aumentar substancialmente o número de países com estratégias nacionais e locais de redução do risco de desastres até 2020- configurando um cenário pouco prospectivo. A ausência desse tipo de informação, envolve não só a indisponibilidade e o acesso a sistemas de alerta precoce com informações disponíveis ao escrutínio público, mas também, impossibilita a preparação e avaliações sobre o risco de desastres de outros setores estratégicos, como o setor saúde e de meio ambiente.

E é nesse contexto que se inserem uma tendência internacional de aproximação e integração das agendas de Redução de Riscos de Desastres (RRD) com outros setores correlatos, entre eles o ambiental, o de saúde e o de desenvolvimento econômico. Nesse sentido, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, que inclui um conjunto de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para 2015-2030 representam o plano abrangente de ação no mundo para a inclusão social, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento econômico que em conjunto com o Marco de Sendai, eleva e protagoniza a necessidade de preparação e fortalecimento da capacidade de gestão de risco de emergências e desastre dos sistemas nacionais de RRD e do setor saúde.

As consequências dos desastres à sociedade são muitas. O impacto na saúde humana e sobre os sistemas social, ambiental e sanitário que nos últimos anos, as questões de saúde passaram a ganhar reconhecimento e defesa de causa nos círculos de políticas internacionais. Como resultado, a saúde é um ator claramente transversal na gestão de Risco de Desastres, não só para o momento imediato ao evento.

Não faltam evidências de que o setor saúde deve se preocupar com a gestão de risco de desastres tecnológicos, uma vez que elas podem influenciar na propagação de vetores, na poluição do ar, na qualidade das águas para consumo humano, dentre outras questões pertinentes ao setor. A ênfase está claramente no processo, onde a combinação dos fatores, tanto físicos como humanos, se juntam em tempo e lugar específico para expor algumas populações de maneira diferenciada.

Atualmente, as políticas, ações e estratégias para resposta aos desastres em saúde são quase sempre separadas dos objetivos de desenvolvimento e recuperação, reabilitação e reconstrução de longo prazo. No entanto, as populações e comunidades, ao mesmo tempo em que enfrentam esses eventos como ocorrências restritas a temporalidades específicas (de horas a anos, a depender do evento), necessitam muitas vezes que as respostas pontuais e focais específicas sejam acompanhadas de políticas que contribuam para reduzir suas condições de vulnerabilidade e exposição, o que envolve o desenvolvimento econômico

e social de longo prazo, incluindo a necessidade de implementar meios de subsistência sustentáveis e equitativos. Nessa perspectiva, a redução de riscos de emergências e desastres em saúde torna-se não só um resultado dos ODS e de toda a agenda pós-2015, mas também uma contribuição fundamental da saúde pública para a sua implementação. E, nesse processo, o Marco de Sendai torna-se de grande importância para orientar as políticas, as ações e estratégias de redução de riscos de emergências e desastres associadas às políticas de desenvolvimento sustentável.

Desastres, como os de 2015 e 2019, nem sempre promovem o aprendizado social e não se obtêm respostas legais no tempo esperado, e, tampouco, a elaboração de um conjunto de políticas saneadoras necessárias. É fundamental que o poder Judiciário, a Assistência Social, a Defesa Civil, o Meio Ambiente e a Saúde do Trabalhador e o SUS, estejam preparados para o desafio de indenizar, reparar e restaurar as histórias perdidas, envolvendo-se imediatamente nas respostas não só de curto prazo, mas também de médio e longo prazo, pois os inúmeros impactos sociais, econômicos, ambientais e sanitários desses eventos se prolongam por anos.

Por fim, será necessário anos de esforços e trabalho para amenizar os efeitos à saúde causados pelos desastres, bem como a implementação de um conjunto de serviços públicos prestados estrategicamente aos atingidos e integrados com os de reconstrução. Ao ser um problema mais grave e mais intenso para as comunidades mais vulneráveis (economicamente, socialmente ou politicamente) a relação entre sociedade civil e Estado – vínculo esse indispensável na gestão de risco de desastre – mostra-se em profunda tensão. Ao mesmo tempo, no atual contexto global e nacional do setor de extração mineral, os mecanismos de produção de condições de vulnerabilidades e riscos são aprofundados, ampliando a necessidade de fortalecimento das capacidades de preparação e respostas nos municípios vulneráveis aos riscos de barragens nos seus órgãos de defesa civil, meio ambiente, saúde e assistência social; garantindo que os processos de recuperação ambiental e da saúde das populações e trabalhadores afetados sejam combinados com a reconstrução melhor e mais segura das condições de vida e trabalho das pessoas.

## Nota

3 A redução do risco de desastres abrange as atividades científicas, políticas e práticas que visam reduzir as perdas em vidas, meios de subsistência e saúde. Assegurar que a resposta emergencial aos desastres seja adequada e implemente os mais altos padrões de gestão clínica e de recursos para minimizar ferimentos, sofrimento e perda de vidas, requer prevenção e preparação em todo o ambiente de serviços de emergência em saúde e outros setores (AITSI-SELM; MURRAY, 2016).

## Referências

- ADAMS, L. I. L. *et al.* **Saindo da lama:** a atuação interfederativa concertada como melhor alternativa para solução dos problemas decorrentes do desastre de Mariana. Belo Horizonte: Fórum, 2019.
- AIRESA, U. R. V. *et al.* Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. **Land Use Policy**, v. 70, p. 63-70, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.026>.
- AITSI-SELM, A.; MURRAY, V. Protecting the health and well-being of populations from disasters: Health and health care in the Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030. **Prehospital and disaster medicine**, v. 31, n. 1, p. 74-78, 2016.

- ANA-AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Encarte especial sobre a bacia do Rio Doce: rompimento da barragem em Mariana MG.** Brasília/DF: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos-SPR/Ministério de Meio Ambiente, 2016. 50 p.
- ANA-AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Encarte especial sobre a bacia do Rio Doce: rompimento da barragem em Mariana MG.** Brasília/DF: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos-SPR/Ministério de Meio Ambiente, 2015. 50 p.
- ANA-AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Relatório de segurança de barragens 2017.** Brasília, 2018. 81 p.
- AZAM, S.; LI, Q. Tailings dam failures: a review of the last one hundred years. **Geotechnical news**, v. 28, n. 4, p. 50-54, 2010.
- BOWKER, L. N.; CHAMBERS, D. M. The risk, public liability, & economics of tailings storage facility failures. **Earthwork Act**, p. 1-56, 2015.
- BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. Secretaria do Trabalho. Subsecretaria de Inspeção do Trabalho Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais SEGUR. Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador. **Relatório de análise de acidente de trabalho: rompimento da barragem B I da Vale S.A. em Brumadinho/MG em 25/01/2019.** Belo Horizonte, 2019. 238 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores.** Brasília, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Um ano do desastre da Vale Organização e resposta do Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico.** Secretaria de Vigilância em Saúde, v. 51, n. esp., p. 1-35, jan. 2020.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. **Relatório de análise de acidente rompimento da barragem de rejeitos fundão em Mariana, MG.** Brasília, 2016. 138 p.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens–SNISB. Agência Nacional das Águas. **Relatório de segurança de barragens 2018: cadastro de barragens.** planilha excel. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2018>. Acesso em: 25 fev. 2020.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens–SNISB. Agência Nacional das Águas. **Relatório de segurança de barragens 2017: cadastro de barragens: planilha Excel.** Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2017>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- BREDOW, S. M. S.; LÉLIS, M. T. C.; CUNHA, A. M. O ciclo de alta nos preços das commodities e a economia brasileira: uma análise dos mecanismos externos de transmissão entre 2002 e 2014. **Economia e Sociedade**, v. 25, n. 3, p. 695-731, 2016.
- CHAMBERS, D. M.; HIGMAN, B. Long term risks of tailings dam failure. **Center for Science in Public Participation.** Montana, p. 1-34, out. 2011.
- COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO. **Relatório: rompimento da barragem de Brumadinho.** Brasília, 2019. 2287 p.
- DAVIES, M.; MARTIN, T. Mining market cycles and tailings dam incidents. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TAILINGS AND MINE WASTE, BANFF, A.B. 13., 2009. **Proceedings [...].** 2009. Disponível em: <http://www.infomine.com/publications/docs/Davies2009.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.
- EBI, K. L.; HESS, J. J. The past and future in understanding the health risks of and responses to climate variability and change. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 1, p. 71-80, 2017.
- EMBRAPA. **Avaliação dos impactos causados ao solo pelo rompimento de barragem de rejeito de mineração em Mariana, MG: apoio ao plano de recuperação agropecuária.** Brasília, 2015.
- FEMA. **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: FEMA, 2016. p. 54.

- FERNANDES, D. J. A Lama da Samarco e a saúde dos atingidos. *In*: TARCÍSIO, M. P.; POLIAGNANO, M. V.; ANDRADE, M. **Mar de lama da Samarco na bacia do rio Doce**: em busca de respostas. Belo Horizonte : Instituto Guaicuy, 2019. Cap. 10, p. 316.
- FERNANDES, G. W. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. 2, p. 35-45, 2016.
- FREITAS, C. M. D. *et al.* Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. **Cad. Saúde Pública [online]**, v. 35, n. 5, mar. 2019.
- FREITAS, C. M. de; BARCELLOS, C.(Coord.). Mudanças climáticas, redução de riscos de desastres e emergências em saúde pública nos níveis global e nacional. **Iniciativa Brasil saúde amanhã**: prospecção estratégica do sistema de saúde brasileiro. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2019. p. 119. Disponível em: <https://saudeamanha.fiocruz.br/wp-content/uploads/2020/02/FREITAS-CARLOS-et-al-Mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas-redu%C3%A7%C3%A3o-de-riscos-de-desastres-e-emerg%C3%Aancias-em-sa%C3%BAde-p%C3%BAblica.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.
- FREITAS, C.; GOMEZ, C. Análise de riscos tecnológicos na perspectiva das ciências sociais. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 3, n. 3, p. 485-504, 1996.
- FREITAS, C. M. D.; PORTO, M. F. D. S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 29, p. 503-514, 1995.
- FREITAS, C. M.; SILVA, M. A. D. Acidentes de trabalho que se tornam desastres: os casos dos rompimentos em barragens de mineração no Brasil. **Rev Bras Med Trab**, n. 17, 2019.
- FREITAS, C. M. D.; SILVA, M. A. D.; MENEZES, F. C. D. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Cienc. Cult**, v. 68, n. 3, p. 25-30, set. 2016.
- FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. Post-normal science. **International Society for Ecological Economics. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics**. 2003. Disponível em: <http://isecoeco.org/pdf/pstnormsc.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2020.
- GRUPO DA FORÇA-TAREFA. **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana-Governo de Minas Gerais, 2016. p. 273.
- HELLER, L. Desastres de mineração e saúde pública no Brasil: lições (não) aprendidas. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, maio 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00073619>.
- IBAMA. **Laudo técnico preliminar**: impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. IBAMA; MMA. Brasília, 2015. p. 38.
- IBAMA. **Nota Técnica nº 5/2019/NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG**. [S.l.], 2019. p. 3.
- ICOLD. **Tailings dams**: risk of dangerous occurrences: lessons learnt from practical experiences. Paris: Commission Internationale des Grands Barrages, 2001.
- IGAM-INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da barragem de fundão 2015-2018**. Belo Horizonte/MG: SEMAD, 2018. p. 65.
- IGAM-INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Informativo diário dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Paraopeba, após o desastre na barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho – Minas Gerais. **Informativo nº 3**. [S.l.], 2019. p. 25.
- INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa/MG afetada pelo desastre**. São Paulo, 2017. 217 p. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/04/Resumo>. Acesso em: 18 abr. 2017.

- KOSSOFF, D. E. A. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. **Applied Geochemistry**, v. 51, p. 229-245, 2014.
- LLORY, M.; MONTMAYEUT, R. **O acidente e a organização**. Belo Horizonte, MG: Fabrefactum Editora, 2014. Disponível em: <http://renastonline.ensp.fiocruz.br/recursos/acidente-organizacao>. Acesso em: 25 fev. 2020.
- MILANEZ, B. *et al.* Minas não há mais: avaliação dos aspectos econômicos e institucionais do desastre da Vale na Bacia do Rio Paraopeba. **Versos: Textos para Discussão**, v.3, n. 1, p. 1-114, 2019.
- MILANEZ, B.; MAGO, L.; PINTO, R. G. Da política fraca à política provada: o papel do setor mineral nas mudanças da política ambiental em Minas Gerais, Brasil. **Cad Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, maio 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00051219>.
- MPF-MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Parecer Pericial nº 115/2016/6ªCCR: Impactos do desastre socioambiental causado pelo rompimento da Barragem do Fundão, em Mariana, sobre as comunidades indígenas Tupiniquim e Guarani das TIs. Caieiras Velhas II, Comboios e Tupiniquim**. [S.l.]: MPF, 2016. 25 p.
- NARVÁEZ, L.; ORTEGA, G. P.; LAVELL, A. **La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos**. Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina - PREDECAN. Lima, Perú: Secretaria General de la Comunidad Andina, 2009. p. 105.
- NEVES, M. *et al.* **Pesquisa sobre a saúde mental das famílias atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana**. Belo Horizonte: Corpus, 2018.
- OPAS. **Desastres naturais e saúde no Brasil**. Brasília: OPAS, Ministério da Saúde, 2014. (Série Desenvolvimento sustentável e saúde, 2).
- OPAS. **La salud en las Américas**, 2002, v. 2. (Publicación Científica y Técnica, 587).
- PATÉ-CORNELL, M. E. Learning from the piper alpha accident: a postmortem analysis of technical and organizational factors. **Risk Analysis**, v. 12, n. 2, p. 215-232, 1993.
- PIMENTEL, T. MPF pede R\$ 155 bilhões em ação civil contra Samarco, Vale e BHP. **Desastre Ambiental em Mariana**. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/05/mpf-pede-r-155-bilhoes-em-acao-civil-contrasamarco-vale-e-bhp.html>. Acesso em: 10 set. 2019.
- RAMBOLL. **Avaliação do programa de reparação integral da Bacia do Rio Doce**. São Paulo, 2018. p. 48.
- RICO, M. *et al.* Reported tailings dam failures: a review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of hazardous materials**, v. 2, n. 152, p. 846-852, 2008.
- ROBERTSON, M. Risk analysis: failure modes and effects analysis. In: SEMINÁRIO GESTÃO DE RISCOS E SEGURANÇA DE BARAGENS DE REJEITOS, 2., 2012, Belo Horizonte-MG. **Anais [...]**. Belo Horizonte, MG: FMEA, 2012.
- RODRIGUES, L. Enchentes em rios afetados por lama da Samarco e da Vale preocupam MP. **Agência Brasil**, 2020. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/enchentes-em-rios-afetados-por-lama-da-samarco-e-da>. Acesso em: 08 fev. 2020.
- ROMÃO, A. *et al.* **Nota técnica: avaliação preliminar dos impactos sobre a saúde do desastre da mineração da Vale (Brumadinho, MG)**. Rio de Janeiro: Fiocruz - Observatório de Clima e Saúde, 2019. p. 21.
- SEDRU. **Força-tarefa: avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG**. Belo Horizonte/MG: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana, 2016. p. 289.
- SILVA, A. P. (Coord.). **Estudo de avaliação de risco à saúde humana em localidades atingidas pelo rompimento da barragem do fundão – MG**. São Paulo: Ambios Engenharia e Processos, 2019. 369p.
- SILVA, M. A. *et al.* Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho. **Ciência e Cultura**, Belo Horizonte, 2020 (prelo).
- SILVA, E. L.; SILVA, M. A. Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública.

**Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. especial 2, 2020 (prelo).

SILVA, M.; XAVIER, D.; ROCHA, V. Do global ao local: desafios para redução de riscos à saúde relacionados a mudanças climáticas, desastre e Emergências em Saúde Pública.

**Saúde em debate**, Rio de Janeiro, 2020 (prelo).

SOS MATA ATLÂNTICA. **O retrato da qualidade da água nas bacias dos rios Paraopeba e Alto São Francisco após o rompimento da barragem Córrego do Feijão – Minas Gerais**. [S.l.]: Fundação SOS Mata Atlântica, 2019. p. 7.

THOMPSON, F. *et al.* Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River. **Science of The Total Environment**, v. 705, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135914>.

UNISDR. **Bangkok principles for the implementation of the health aspects of the Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030**. [S.l.]: United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2016.

UNISDR. **Hyogo Framework for Action: 2005–2015**. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2005.

UNISDR. **Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030**. [S.l.]: nited Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2015.

UNISDR. **Words into action man-made and technological hazards practical considerations for addressing man-made and technological hazards in disaster risk reduction**. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2018. 66 p.

WANDERLEY, L. J. *et al.* Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socio ambientais. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 30-5, 2016.

WHO. **Revision of the international health regulations**. [S.l.]: World Health Assembly (WHA), 2005.

WYNNE, B. Uncertainty and environmental learning: reconceiving science and policy in the preventive paradigm. **Global Environmental Change**, v. 2, n. 2, p. 111-127, 1992.

WYNNE, B. Unruly technology: practical rules, impractical discourses and public understanding. **Social Studies of Science**, v. 18, p. 147-167, 1988.



# CICLOVIAS, POLÍTICAS PÚBLICAS E DESASTRES: ESTUDO DE CASO PARA SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

Luciana Resende Londe<sup>1</sup>

Lívia Rodrigues Tomás<sup>2</sup>

## Introdução

Um modo simplificado de saber se uma cidade é um bom lugar para se viver é ouvir a opinião de crianças e idosos sobre o local. Eles conseguem se deslocar com segurança e facilidade? Têm doenças causadas por poluição? Têm acesso a áreas de lazer e áreas ensolaradas? Se a cidade não for acolhedora para estes dois grupos, estará deficitária em vários aspectos. Mas como melhorar a qualidade de vida nas cidades?

Os indicadores de qualidade de vida são variados e o próprio conceito tem variações: pode ser entendido simplesmente como saúde (MICHALOS; ZUMBO; HUBLEY, 2000; SCHMIDT *et al.*, 2005) ou como estilo de vida (NAHAS, 2003), mas também pode ser interpretado de acordo com as condições de vida (BUSS, 2000) ou com a felicidade e satisfação pessoal (RENEWICK; BROWN, 1996).

Partindo da premissa de que direitos básicos devem ser universais, não é suficiente melhorar a qualidade de vida de apenas um grupo de cidadãos, sendo necessária a qualidade das cidades, do ambiente e conseqüentemente da sociedade como um todo. A agenda 2030, que discute os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), é “um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Ela também busca fortalecer a paz universal com mais liberdade.” (ONU, 2015).

Todos os 17 ODS estão relacionados direta ou indiretamente com os temas deste capítulo – ciclovias, preservação ambiental e gestão de riscos e desastres – de forma que avanços e melhorias em um deles promovem avanços e melhorias nos demais. Neste capítulo exploramos estas relações, usando como estudo de caso a cidade de São José dos Campos (SP), por meio de análises documentais e de materiais diversos produzidos pelo Coletivo de Ciclistas de São José dos Campos.

---

<sup>1</sup> Pesquisadora em desastres no Cemaden. E-mail: luciana.londe@cemaden.gov.br.

<sup>2</sup> Bolsista do Programa de Capacitação Institucional - PCI no Cemaden. E-mail: liviatomas@gmail.com.

### Agradecimentos

Ao coletivo Independente de Ciclistas de São José dos Campos: <https://www.facebook.com/ciclistas>.

## O processo de urbanização no Brasil

A migração de áreas rurais para áreas urbanas, que ocorreu na América Latina e no Brasil como consequência de um processo de industrialização tardia ou dependente, é uma característica importante da urbanização brasileira.

Nas décadas de 1950 e 1960 ocorreram a concentração fundiária e a centralização do modelo econômico na atividade industrial, produzindo uma urbanização acelerada (GUIMARÃES, 2016). Até os dias de hoje algumas características dos períodos colonial e imperial ainda não foram superadas, como a concentração de terra, renda e poder, o coronelismo e a aplicação arbitrária da lei (MARICATO, 2003).

O modelo industrial, indutor da urbanização brasileira, foi concentrador e excludente, privilegiando algumas classes sociais e suas demandas, como moradia e habitação. As classes sociais sem privilégios ocuparam setores e atividades periféricas. As emergências das cidades, neste contexto, provocaram uma intensa concentração de força de trabalho e de conflitos. Os loteamentos populares e as favelas multiplicaram-se. Apesar de muitos autores considerarem o crescimento urbano brasileiro como “desordenado” e “caótico”, na realidade houve uma ordem, porém ajustada para atender à especulação imobiliária e a grandes interesses privados. A lógica de acumulação do desenvolvimento brasileiro trouxe o desgaste da força de trabalho e da classe operária, explorada e submetida a longas jornadas de trabalho (KOWARICK, 1979).

Nas décadas de 1970 e 1980, as periferias das metrópoles eram definidas como “o urbano possível” (GUIMARÃES, 2016). Este “urbano possível” é resultado do crescimento das metrópoles, por interesses privados e pela ação ineficiente do Estado, provocando a segregação socioespacial e a piora das condições de vida da classe trabalhadora (GUIMARÃES, 2016). Guimarães (2016) relata a situação em que o governo fornece material de construção para associações de moradores, que ficam responsáveis por construir as obras de infraestrutura. Esta forma de produção do espaço explora os moradores, pois as obras seriam pagas por impostos e deveriam ser realizadas pelo poder público. Além disso, o morador se torna objeto de disputa e de manipulação pelo poder político local (GUIMARÃES, 2016).

O processo de acumulação capitalista no Brasil produziu excedentes de capital, apropriados por camadas dominantes da sociedade e investidos na aquisição de terras e na produção de mais capital (GUIMARÃES, 2016).

O modelo de urbanização brasileiro se consolidou com as características de produção de espaços gentrificados e excludentes e a relação com o capitalismo, com a valorização do solo urbano e a constituição de sociedades hierarquizadas (GUIMARÃES, 2016).

A concentração dos “benefícios do desenvolvimento em poucas mãos” (ACSERLRAD, 2010, p. 109) e o acesso desigual aos recursos ambientais (ACSERLRAD *et al*, 2008) geram um mecanismo em que populações de menor renda são empurradas para áreas de mais risco e com menos infraestrutura.

Um dos desafios da urbanização brasileira é atender, de fato, às diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.251/2001), voltadas ao planejamento urbano. O grande desafio, porém, é promover um desenvolvimento capaz de diminuir as desigualdades atuais e promover justiça ambiental e social.

Jacobi e Giatti (2015) descrevem o desenvolvimento econômico como antiético e como uma concepção subdesenvolvida. A supervalorização da questão econômica como meta e a ilusão de que o desenvolvimento possa atender demandas sociais impossibilitaria uma visão integrada das várias dimensões de sustentabilidade (JACOBI; GIATTI, 2015).



## Urbanização, mobilidade urbana e uso de bicicletas

Um dos efeitos do processo de urbanização no Brasil é a segregação socioespacial das cidades. O acesso à moradia, à infraestrutura urbana e aos serviços básicos é restrito a alguns grupos populacionais. Grupos de menor poder político e econômico geralmente precisam fazer grandes deslocamentos diários para trabalhar, estudar, buscar atendimento médico.

A configuração socioespacial do espaço urbano impõe a necessidade de deslocamento, porém este deslocamento tem um custo nem sempre acessível aos moradores de áreas periféricas. Os planejamentos de mobilidade urbana, neste sentido, deveriam ser fatores de correção e não de acentuação das desigualdades sociais. Os serviços de transporte público, por exemplo, usualmente têm sua oferta diminuída durante os fins de semana, dificultando também o acesso a parques, áreas de lazer e atividades culturais. É o que Maricato (2003, p. 157) define como “é admitido o direito à ocupação, mas não o direito à cidade”.

Em muitas situações, por dificuldades financeiras ou por oferta precária de transporte público, o uso de bicicletas acontece por necessidade e não por lazer. A bicicleta, portanto, é uma forma de inclusão social.

Historicamente, porém, tivemos um urbanismo direcionado para o deslocamento de automóveis e políticas públicas que ainda não consideram efetivamente a bicicleta como meio de transporte. Este direcionamento promove direitos desiguais de acesso à cidade e a penalização de alguns grupos populacionais que não possuem automóveis e/ou vivem em áreas periféricas.

Em algumas áreas e vias já construídas e consolidadas, a inclusão de ciclovias é mais desafiadora, porque os projetos iniciais não previram estes espaços. Em novos projetos de vias e de expansão das cidades, entretanto, quando não haveria razões para não incluir as ciclovias, os planos diretores e a Lei de Uso e Ocupação do Solo ainda têm privilegiado o transporte individual motorizado.

## Bicicletas, ciclovias e ciclofaixas

O uso da bicicleta nas cidades é uma alternativa de deslocamento de menos custo, com os benefícios de ajudar a reduzir os engarrafamentos e as poluições sonora e atmosférica.

Uma ciclovia (ou pista ciclável) é um espaço destinado especificamente para a circulação de pessoas usando bicicletas. Há vários tipos de ciclovias, que são classificadas de acordo com a relação entre a ciclovia e as vias de automóveis:

- tráfego compartilhado: a faixa é somente alargada para possibilitar o trânsito de automóveis e bicicletas, mas não há delimitação entre as faixas para cada modal.
- ciclofaixa: é uma faixa de rolamento exclusiva para bicicleta, geralmente no mesmo sentido de circulação dos automóveis e ao lado direito em mão única. Normalmente, há apenas uma faixa ou um separador físico, como blocos de concreto, separando a faixa das bicicletas e as demais faixas.
- ciclovia: é segregada fisicamente do tráfego de automóveis. Pode ser unidireccional (um só sentido) ou bidireccional (dois sentidos) e pode ser adjacente a vias de circulação de automóveis ou ser separada em corredores verdes independentes da rede viária.

Em pesquisa realizada na cidade de Auckland, Nova Zelândia, com cálculo de índices indicativos de custo-benefício para diferentes investimentos em ciclovias, os benefícios de todas as políticas de intervenção superam os danos de 6 a 24 vezes (MACMILLAN *et al.*, 2014).

Entre os benefícios mencionados no estudo, estão a melhora da saúde pública e a redução da mortalidade: quanto maior o número de pessoas que andam de bicicleta, maior a redução de custos de cuidados de saúde. O estudo mostrou que investimentos em infraestrutura cicloviária podem trazer retornos financeiros para as cidades em longo prazo, além do bem-estar físico, social e ambiental.

Também é importante a relação com outras medidas de gestão. Macmillan *et al.* (2014) analisaram dois cenários: se a Prefeitura de Auckland construísse uma rede de ciclovias segregada e diminuísse as velocidades de tráfego, estas medidas poderiam aumentar o ciclismo em 40% até 2040. No segundo cenário, se a Prefeitura decidisse adicionar pistas apenas em alguns pontos estratégicos, isso só aumentaria o tráfego de bicicletas em 5%.

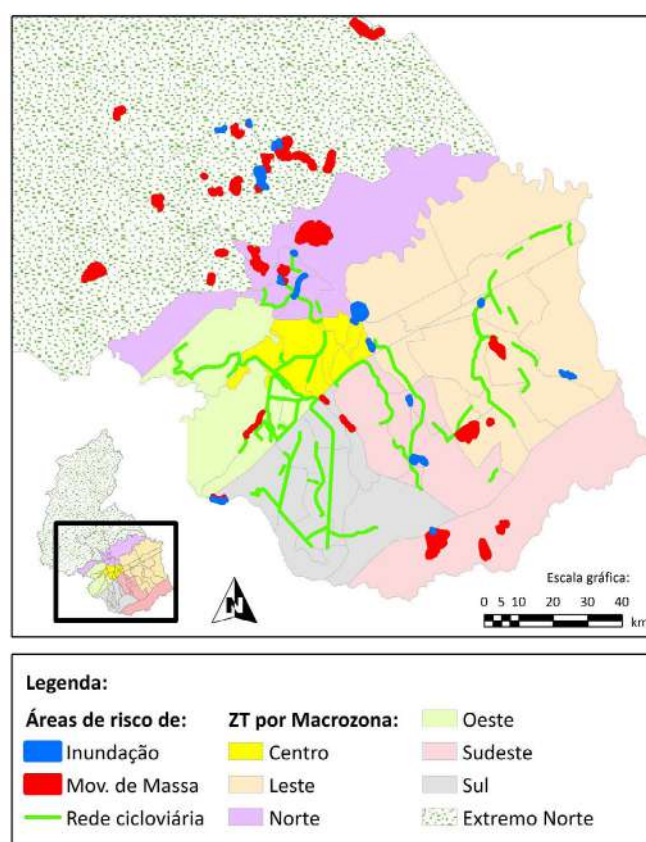
A gestão também é decisiva para incentivar novos usuários de bicicletas, buscando: segurança viária, priorização de rotas diretas (caminhos curtos e rápidos), coerência (padronização de pisos e sinais e rotas fáceis de serem seguidas), conforto, infraestrutura atrativa.

## Mobilidade urbana em São José dos Campos - SP

Entender para onde as pessoas se deslocam e por qual motivo é uma etapa essencial do planejamento urbano. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012) determina que municípios com mais de 20 mil habitantes devem realizar estudos sobre a trafegabilidade local e definir Planos Municipais de Mobilidade Urbana.

Cidades do porte de São José dos Campos, portanto, devem realizar pesquisas de Origem e Destino (OD) para dar suporte aos seus planos diretores. Para a Pesquisa OD de São José dos Campos, o município foi dividido em sete macrozonas: Centro, Sul, Leste e Oeste (estas compatibilizadas com a divisão territorial da Lei de Uso e Ocupação do Solo - LUOS), Sudeste, Norte e Extremo Norte (adaptadas para expressar a origem ou o destino das viagens mapeadas) (IPPLAN, 2014).

Foram estabelecidas 55 Zonas de Tráfego (ZT) contidas nas 7 macrozonas. As zonas de tráfego formam a unidade-base da pesquisa e de análise dos deslocamentos da população (IPPLAN, 2014) (Figura 1).



Fonte dos Dados: Prefeitura Municipal de São José dos Campos. Figura organizada pelas autoras.  
**Figura 1.** Zonas de tráfego, áreas de risco e rede ciclovária no município de São José dos Campos (SP).

A macrozona mais densamente populosa é a Sul, concentrando mais de 37% dos residentes. A macrozona Leste, segunda em população, apresenta densidade inferior à Centro. Já a macrozona Extremo Norte, a mais extensa, tem menos de 3% da população do município e envolve a maior parte do território rural (IPPLAN, 2014). A macrozona Centro é a que tem, proporcionalmente à população residente, o maior número de empregos em comércio e serviços, enquanto as macrozonas Sudeste e Leste oferecem o maior número de empregos na indústria. A macrozona Centro é a que tem maior oferta de empregos proporcionalmente à sua população, o que atrai viagens de pessoas de todas as demais macrozonas.

A macrozona Oeste tem a maior renda média familiar – mais que o dobro da renda média municipal. A macrozona Centro também tem renda média familiar superior à média da cidade. Já as macrozonas Leste, Norte e Sudeste apresentam renda familiar quase 30% inferior à média municipal (IPPLAN, 2014).

O padrão de distribuição dos modos de transporte em São José dos Campos, assim como nas grandes cidades brasileiras, mostra o destaque dos automóveis. O índice de mobilidade por esse meio de transporte na cidade é mais do que duas vezes superior à média nacional (IPPLAN, 2014) e a predominância do automóvel ocorre em quase todas as regiões, com exceção apenas para o Extremo Norte. Nas regiões Oeste e Centro, o percentual de deslocamentos por automóvel que partiram dessas regiões chega a 65% e 50%, respectivamente. Em São José dos Campos, segundo os dados levantados pela OD, há pelo menos um automóvel em 68% dos domicílios.

A taxa de motorização (índice composto pela razão entre o número de habitantes e o número de veículos registrados) é de 1,91 hab./veículo (IPPLAN, 2014), em contraste com a taxa de 3,09 hab./veículo, que era a média para cidades acima de 100 mil habitantes em 2011, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (BRASIL, 2011).

De acordo com o Atlas da Pesquisa OD, são feitas 41.990 viagens diárias por bicicleta, correspondendo a 2,58% do total (IPPLAN, 2014). De acordo com dados da ANTP (2011 apud IPPLAN, 2014), as viagens de bicicleta somam 2,68% nas cidades com população entre 500 mil e 1 milhão de habitantes. Assim, a bicicleta é o quarto modo de transporte mais usado em São José dos Campos – depois do “automóvel”, do “transporte de passageiros” e das viagens “a pé”.

Em São José dos Campos 17,8% das viagens de bicicleta são feitas por homens (IPPLAN, 2014). A duração média das viagens de bicicleta é de 22 minutos. A viagem mais curta reportada durou 1 minuto e a mais longa durou 2 horas e 20 minutos. Um terço das viagens de bicicleta dura mais de 25 minutos (IPPLAN, 2014).

Os horários de uso da bicicleta apresentam padrões coerentes com os horários usuais de entrada e saída do trabalho ou das escolas: 10,6% das viagens na faixa das 7 da manhã; 9,9% das viagens no final da tarde (17 horas). Há também um pico na faixa das 20 horas (9,2%) (IPPLAN, 2014). Este pico de viagens noturnas tem como principal motivo as compras. Também há um pico com motivo no destino igual a “estudo” na faixa das 18 horas (20,9%) e outro pico com “residência” como motivo no destino (IPPLAN, 2014).

As viagens internas (dentro de uma mesma macrozona) sempre se sobressaem em relação às viagens entre macrozonas. Este fato também seria um motivo para maior uso das bicicletas.

## Desastres em São José dos Campos

Os desastres são caracterizados por interrupções do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade, levando a perdas e impactos humanos, materiais, econômicos ou ambientais (UNDRR, 2017). No Brasil, os desastres socioambientais mais

comuns são secas, inundações, movimentos de massa e incêndios florestais. As mudanças climáticas, entre outros efeitos, podem aumentar o número de dias de chuvas capazes de provocar enchentes e inundações graves em determinados locais (NOBRE *et al.*, 2010).

Os usuários de bicicleta como meio de transporte sofrem as consequências dos alagamentos e inundações urbanas que impedem o fluxo normal das pessoas.

Perrella *et al.* (2002) realizaram um estudo de ocorrência de chuva intensa em São José dos Campos (SP), dividindo a análise em duas ocasiões: 1) chuva em grande quantidade e/ou intensidade, provocando efeitos imediatos como alagamentos e movimentos de massa e 2) efeito acumulativo de chuvas amenas intensas, que provocou o desastre. Algumas regiões do município foram identificadas como críticas: Jardim Satélite (13 registros), Vila São Bento (8) e Conjunto Dom Pedro I (27 registros), seguida da região do Parque Industrial (7), Rio Comprido (6) e Bosque dos Eucaliptos (PERRELLA *et al.*, 2002).

Os autores destacam os impactos no bairro Jardim Satélite: “é uma região crítica, apresentando ocorrências em todos os meses chuvosos (com exceção de Março) do período analisado”. O “Fundo do Vale”, na região central da cidade, foi sensível a precipitações intensas, tendo sofrido alagamentos em Dezembro/95 e Março/96 (PERRELLA *et al.*, 2002).

Os mesmos autores também verificaram que a Zona Leste foi a região mais afetada, embora o bairro mais crítico encontre-se na Zona Sul:

*“Pelo fato de a Zona Leste ter tido menor intervenção de ações para melhoria das condições da região, sugere-se que o poder público municipal a considere como prioritária ao estabelecer ações efetivas no processo de planejamento para corrigir os problemas existentes.” (PERRELLA *et al.*, 2002).*

Os efeitos de chuvas e outros fenômenos atmosféricos em São José dos Campos (Tabela 1) têm um histórico de impactos como desabamentos, congestionamentos, interdições de vias, quedas de árvores, danos em veículos e imóveis e bens em geral, e, principalmente, pessoas desalojadas e desabrigadas.

**Tabela 1.** Histórico de eventos de inundação/alagamento em de São José dos Campos

Data	Fenômenos	Danos	Fonte
10/03/1999	Chuvas fortes	Desabrigado(s), Inundações Graduais, Alagamentos, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
04/01/2001	Chuvas fortes	Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais, Queda de Muro, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis e Congestionamento/Interdição de Via Pública	DC
30/01/2002	Chuvas fortes	5 Ferido(s), Movimento de massa, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis e Pessoa arrastada pela enxurrada	DC
08/01/2005	Chuvas fortes	Queda de Árvores, Alagamentos e Danos em Veículos	DC
10/01/2005	Ventos fortes/vendaval e Chuvas fortes	Queda de Árvores, Transbordamento de Rios e Córregos, Danos em Pontes, Inundações Graduais, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis e Destelhamentos	DC

continua

continuação

<b>Data</b>	<b>Fenômenos</b>	<b>Danos</b>	<b>Fonte</b>
26/01/2005	Frente fria/chuvas contínuas	Desalojado(s), Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis e Escorregamento de Encosta	DC
12/02/2005	Chuvas fortes	Alagamentos e Queda de Muro	DC
13/02/2005	Chuvas fortes	Desalojado(s), Transbordamento de Rios e Córregos, Alagamentos e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
04/04/2005	Chuvas fortes	Inundações Graduais e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
23/04/2005	Chuvas fortes	Inundações Graduais e Alagamentos	DC
24/05/2005	Ventos fortes e Chuvas fortes	Queda de Árvores, Alagamentos e 40 Destelhamentos	DC
09/10/2005	Chuvas moderadas	Alagamentos e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
01/01/2006	Frente fria/chuvas contínuas	Queda de Árvores, Alagamentos, Movimento de massa, Queda de Muro e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
03/01/2006	Chuvas fortes	Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais, Alagamentos e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
09/02/2006	Frente fria/chuvas contínuas	Transbordamento de Rios e Córregos, Danos em Pontes, Inundações Graduais, Alagamentos e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
15/02/2006	Chuvas fortes	Queda de Barreira, Queda de Árvores, Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
10/03/2006	Chuvas fortes	Desalojado(s), Queda de Árvores, Inundações Graduais e Danos em Veículos	DC
28/11/2006	Chuvas fortes	Transbordamento de Rios e Córregos, Danos em Pontes, Inundações Graduais, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis, Erosão/Buraco e Acidente com carro	DC
27/12/2006	Raio	Desalojado(s), Queda de Árvores, Alagamentos e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
23/03/2007	Ventos fortes/vendaval	Desalojado(s), Queda de Árvores, Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais, Alagamentos, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis, Danos em Veículos, Erosão/Buraco e Danificação em Pavimentação	DC
12/01/2008	Chuvas fortes	1500 Desalojado(s), 1 Vítima(s) fatal(is), Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais, Alagamentos, Queda de Muro, 500 Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis e Afogamento dentro da residência	DC

continua

continuação

<b>Data</b>	<b>Fenômenos</b>	<b>Danos</b>	<b>Fonte</b>
17/11/2008	Chuvas fortes	Alagamentos	Vnews
15/02/2009	Chuvas fortes	80 Desalojado(s), Queda de Barreira, Transbordamento de Rios e Córregos e Congestionamento/Interdição de Via Pública	DC
26/02/2009	Chuvas fortes	Inundações Graduais e Alagamentos	O Globo e DC
10/03/2009	Chuvas fortes e Chuvas moderadas	Alagamentos	DC
27/11/2009	Chuvas fortes	Transbordamento de Rios e Córregos, Danos em Pontes e Pessoa arrastada pela enxurrada	DC
10/12/2009	Frente fria/chuvas contínuas e Chuvas moderadas	150 Desalojado(s), Transbordamento de Rios e Córregos e Escorregamento de Encosta	DC
15/12/2009	Chuvas fortes e Chuvas moderadas	4 Queda de Árvores, Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais, 5 Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis, Danos em Veículos e Corte no fornecimento de energia e água	DC
31/12/2009	Chuvas fortes, Frente fria/chuvas contínuas e Chuvas moderadas	200 Desalojado(s) e Inundações Graduais	DC
02/03/2010	Chuvas fortes	Alagamentos	G1
11/02/2011	Ventos fortes/vendaval e Chuvas fortes	Queda de Árvores, Alagamentos, Queda de Muro e Erosão/Buraco	DC
28/12/2012	Chuvas fortes	Inundações Graduais, Alagamentos, Movimento de massa e 10 Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
09/01/2013	Chuvas fortes	Inundações Graduais, Alagamentos, Queda de Muro, 9 Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
11/01/2013	Chuvas fortes	Desalojado(s), Transbordamento de Rios e Córregos, Alagamentos, Movimento de massa e 49 Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis	DC
22/03/2013	Chuvas fortes e Chuvas moderadas	13 Desalojado(s), Transbordamento de Rios e Córregos, Danos em Pontes, 3 Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis e Inundações Bruscas	DC
09/01/2014	Ventos fortes/vendaval e Chuvas fortes	3 Desalojado(s), 36 Queda de Árvores, Queda de Muro, 26 Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis, 8 Destelhamentos, Corte no fornecimento de energia e água e Inundações Bruscas	DC

Fonte: IPMET/UNESP Bauru

Legenda: DC = Defesa Civil; G1, Vnews e O Globo são veículos de comunicação online.

## Mobilidade urbana e desastres em São José dos Campos

A mobilidade urbana representa as viagens das pessoas por qualquer modo de transporte e para qualquer finalidade em uma área urbana considerada. De acordo com o

artigo 4º da Lei 12.587/12, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, considera-se a mobilidade urbana como “condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano”. Na definição de Cui (2006), acrescenta-se que este deslocamento é relacionado a atividades diárias em um espaço urbano.

A análise de dados de mobilidade é importante para a compreensão da dinâmica espaço-temporal no planejamento urbano, nos transportes, na demografia e na gestão de emergências (GUO *et al.*, 2012).

As atividades de transporte motorizado constituem um setor que produz fortes impactos no ambiente, tanto diretamente, pela emissão de poluentes ou pelo efeito dos congestionamentos, quanto indiretamente, impulsionando o crescimento econômico e urbano que renova o ciclo dos impactos diretos. Se por um lado a mobilidade altera o ambiente, por outro percebemos que fenômenos naturais podem ter sérios impactos na mobilidade urbana.

Em São José dos Campos, movimentos de massa nas macrozonas norte e extremo norte já causaram a interrupção de vias, impossibilitando temporariamente alguns deslocamentos. Nas outras macrozonas, principalmente central e sul, há inúmeras ocorrências de alagamentos durante a estação chuvosa. Os alagamentos causam a interrupção parcial ou total de algumas vias e também danos a automóveis, estoques de estabelecimentos comerciais, entre outros. No caso dos alagamentos, todos os tipos de deslocamento são prejudicados, inclusive os deslocamentos a pé e por bicicleta.

Hogan e Marandola Júnior (2007) fizeram uma associação entre a mobilidade da população, a vulnerabilidade e as respostas ao perigo. De acordo com os autores, muitas vezes as pessoas se mudam dentro da própria cidade, ou em uma distância curta, para fugir de áreas suscetíveis a inundações e movimentos de massa, buscando áreas mais seguras. Ressaltam também que esta mudança de área é restrita às pessoas que têm condições de arcar com estes custos. Outra consideração dos autores é a viagem diária entre a casa e o trabalho, na qual se evitam áreas de risco:

“As cidades desempenharão um papel específico a esse respeito. Com a população cada vez mais concentrada em espaços urbanos, e considerando sua natureza densa e o desrespeito pelo lugar natural e pelos fenômenos naturais, as cidades figuram entre os espaços de maior vulnerabilidade aos perigos naturais” (p. 83).

A vulnerabilidade das vias e de grandes eixos de circulação é um processo dinâmico, conforme apontado por Veyret (2007, p. 43): “A vulnerabilidade varia tanto no espaço quanto no tempo, especialmente na cidade, em razão, por exemplo, das migrações pendulares”. Como exemplo de variação da vulnerabilidade no espaço e no tempo, podemos considerar a alta vulnerabilidade nas grandes vias de circulação em “horários de pico” (horários de ida e volta do trabalho e horários de almoço) e o deslocamento desta vulnerabilidade para as áreas residenciais durante a noite, quando grande parte da população está dormindo.

As fontes de risco ambiental e de grande impacto ecológico são direcionadas para estas áreas de problemas sociais e ambientais, com riscos de inundações e movimento de massa, bem como ambientes poluídos e serviços sociais precários (quando existentes) (ALVES; TORRES, 2006).

A combinação de áreas de risco com mobilidade urbana pode maximizar os riscos de forma geral.

## **A questão ambiental e suas interfaces com Mobilidade, bicicletas e desastres**

Há mais relações entre estes temas – ambiente, mobilidade, bicicletas, desastres - do que geralmente imaginamos. Por exemplo, a implantação de ciclovias pode coincidir

com áreas de alagamento e de inundação (como as ciclovias em áreas marginais de cursos d'água), podendo gerar riscos e impedir o fluxo normal das pessoas aos locais pretendidos, seja para o trabalho ou lazer (COUTINHO *et al.*, 2016).

Coutinho *et al.* (2016) fizeram a análise da proximidade entre pontos de alagamentos e ciclofaixas na região metropolitana de São Paulo, apontando vários pontos de confluência. Os dados sobre o traçado de ciclovias e seus pontos de alagamentos e inundações são uma forma de informar os cidadãos sobre estratégias de prevenção durante a estação chuvosa e representam um instrumento de apoio à gestão de riscos.

O município de São José dos Campos é voltado principalmente para a área industrial-tecnológica, abrigando muitas indústrias. Além disto, é cortado pela Rodovia Presidente Dutra, que liga São Paulo ao Rio de Janeiro e concentra intenso tráfego de veículos diariamente. Devido às características deste município, os ciclistas estão diariamente expostos a material particulado em suspensão, proveniente das grandes indústrias instaladas na cidade. O exercício ao ar livre propiciado pelas bicicletas pode ser extremamente benéfico, mas, em casos de poluição, aumenta a exposição dos ciclistas a este material. Em caso de inundações e alagamentos, os ciclistas podem se contaminar com a água poluída. Em caso de movimentos de massa, os ciclistas que passam pela área de risco estão mais expostos do que motoristas de veículos motorizados.

Por outro lado, as bicicletas podem ser um instrumento de redução da poluição na cidade, quando substituem automóveis, atuando para não somar à poluição causada pela atividade industrial. Por ser um veículo mais versátil que os automóveis, as bicicletas podem ser úteis para o deslocamento em situações específicas de desastres. Por exemplo, em uma condição de interdição parcial da via por inundação ou alagamento, pode haver trechos estreitos para automóveis, mas suficientes para bicicletas. Se estes estiverem seguros e secos, podem ser usados pelos ciclistas e reduzir o impacto no trânsito.

## Resiliência e Inovação

No item anterior mencionamos a definição atual de desastre pela Organização das Nações Unidas. Este conceito envolve três outros: exposição, vulnerabilidade e capacidade. A capacidade é a combinação de forças, atributos e recursos disponíveis em uma organização, comunidade ou sociedade para gerenciar e reduzir riscos de desastres e fortalecer a resiliência (UNDRR, 2017).

Resiliência, por sua vez, tem sido um termo amplamente usado em diferentes esferas. É comum vermos referências aos estudos de física e de resistência dos materiais, que pressupõem uma "capacidade de voltar ao estado natural (ou ao estado anterior ao impacto)". Na discussão dos riscos e desastres, entretanto, entendemos que o estado anterior ao impacto não funcionava bem, pois o impacto ocorreu e causou danos. A última definição de resiliência pela UNDRR (2017) considera este questionamento, relacionando o conceito de resiliência com a proposta "build back better" (reconstruir de forma melhor).

Para a redução de riscos e desastres, uma das formas de reconstruir melhor é considerar elementos de mobilidade que causem menos agressão ao ambiente e que diminuam a sobrecarga e a pressão nas vias durante as estações chuvosas.

A construção e expansão de ciclovias podem atuar como um agente de benefícios ambientais e redução de riscos e desastres – mas pode também ser um agente de sobrecarga nos problemas ambientais e nos riscos, dependendo de como os projetos são feitos. É neste contexto que a inovação se insere. Um dos papéis da inovação é de quebrar paradigmas que não são mais úteis. Um exemplo é a tendência de se construir vias retilíneas, que é uma tendência herdada dos projetos voltados para a circulação de veículos motorizados. No caso das ciclovias esta ideia de vias retilíneas não é mais



necessária e pode ser ajustada a outros elementos do cenário urbano. Em alguns municípios se discute a retirada de árvores para construção de ciclovias. Neste contexto, por exemplo, o papel da inovação seria a proposta de projetos que considerassem a manutenção das árvores originais construindo vias menos retilíneas. Outro papel da inovação seria também de encontrar boas propostas de respeito ao ambiente urbano sem elevar os custos da obra, analisando caminhos, recursos e alternativas.

## Conclusão

Bicicletas e desastres são termos aparentemente sem relações, mas que carregam muitos problemas semelhantes na rotina das cidades. Um deles é a “culpabilização” da vítima. Nos desastres, os moradores de áreas de risco são comumente responsabilizados por terem “escolhido” morar naqueles locais, e, portanto, pelas perdas que sofrem a cada estação chuvosa. No caso das bicicletas, o coletivo de ciclistas de São José dos Campos aponta a culpabilização de ciclistas vítimas de acidentes, com argumentos diversos, como falta de atenção e uso incorreto do material de proteção. Nas duas situações, ignoram-se os processos históricos, sociais, culturais e políticos que criaram as condições inseguras, transferindo equivocadamente e injustamente à vítima a responsabilidade pelas perdas e danos.

Nos dois casos, também falamos da vulnerabilidade dos grupos de ciclistas e de moradores de áreas de riscos, da invisibilização destes grupos pelo poder público e por parte da população. A invisibilização os desconhece como cidadãos e nega seu acesso à cidade e a direitos básicos.

Os dois grupos são submetidos a comunicações do tipo “top-down”, em que técnicos ou peritos comunicam suas decisões sem dialogar (ou com diálogo insuficiente) com os grupos envolvidos. As comunicações não oferecem abertura para questionamentos, quando idealmente os planejamentos participativos, com projetos construídos em conjunto por cidadãos e peritos, seriam os únicos realmente eficazes no sentido de atender às demandas de diferentes parcelas da população, criando soluções inovadoras e consensuais.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) prevê a prioridade dos modos de transportes não motorizados (pedestres e ciclistas) sobre os motorizados, porém na maioria das cidades brasileiras ainda não se observa esta prioridade na prática, tampouco nas discussões dos planos diretores. Em São José dos Campos há ciclovias e ciclofaixas já implantadas e várias outras em planejamento. Esta expansão das ciclovias pode trazer grandes benefícios ambientais e sociais, se devidamente discutida com a população para atender às suas demandas.

Um sistema de mobilidade resiliente também deve ser capaz de se preparar, responder e se recuperar após um evento extremo. Também deve prever redundâncias para o funcionamento do sistema em casos extremos, como: rotas alternativas em caso de enchente de algumas vias, sistemas alternativos de comunicação. Ainda com foco na questão climática, deve prever o controle de emissão de gases tóxicos na atmosfera. As bicicletas são um grande aliado nesta busca pela mobilidade resiliente, consonante com a preservação ambiental e com a redução de riscos e desastres.

## Referências

- ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p.103-119, 2010.
- ACSELRAD, H. *et al.* **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.
- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade Ambiental, processos e relações. *In*: ENCONTRO

- NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS, 2., 2006; Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006a.
- ACSELRAD, H. As cidades e as apropriações sociais das mudanças climáticas. **Cadernos IPPUR**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 77-106, 2006b.
- ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo: Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 44-60, jan/mar. 2006. Disponível em: <http://www.seade.gov.br>. Acesso em: 11 dez. 2016.
- BRASIL. Governo Federal do. **Sistema de Indicadores de Percepção Social (SIPS): mobilidade urbana: análise preliminar dos dados coletados em 2011**. 2. ed. Brasília: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – IPEA, 2012.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências: Estatuto da Cidade. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm). Acesso em: 11 dez. 2016.
- BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 163-77, 2000.
- COUTINHO, M. P.; LONDE, L., DE SANTOS, R.; LEONARDO, B. L. Análise de proximidade entre ciclovias e pontos de alagamentos em São Paulo/SP. *In*: ENCONTRO SOBRE IMPACTOS POTENCIAIS DE DESASTRES NATURAIS EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA-IPTMU. 2., 2016, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos, 2016.
- CUI, A. **Bus Passenger Origin-Destination Matrix Estimation Using Automated Data Collection Systems**. 2006. Dissertation (Master of Science in Transportation) - Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- GUIMARÃES, L. S. O modelo de urbanização brasileiro: notas gerais. **GeoTextos**, v. 12, n. 1, p. 13-35, jul. 2016.
- GUO, D.; ZHU, X.; GAO, H. J. P., ANDRIS, C. Discovering Spatial Patterns in Origin-Destination Mobility Data. **Transactions in GIS**, v. 16, n. 3, p. 411-429, 2012.
- HOGAN, D. J.; MARANDOLA JUNIOR, E. Vulnerabilidade a Perigos Naturais nos Estudos de População e Ambiente. *In*: Hogan, D. J. (org.). **Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro**. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp, 2007. p. 83-112.
- INSTITUTO DE PESQUISA, ADMINISTRAÇÃO E PLANEJAMENTO-IPPLAN (coord.). **Atlas da pesquisa origem e destino: panorama da mobilidade em São José dos Campos**. São Carlos: Editora Cubo, 2014. 144 p.
- JACOBI, P. R.; GIATTI, L. L. The ambivalence of development and the search for novel pathways toward sustainability. **Ambient. Soc.**, São Paulo, v. 18, n. 3, set. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOCeditorialV1832015>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2015000300001&lng=p&t&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2015000300001&lng=p&t&nrm=iso). Acesso em: 26 nov. 2015.
- KOWARICK, L. **A espoliação urbana**. São Paulo: Paz e Terra, 1979. 297 p.
- MACMILLAN, A.; CONNOR, J.; WITTEN, K.; KEARNS, R.; REES, D.; WOODWARD, A. The Societal Costs and Benefits of Commuter Bicycling: Simulating the Effects of Specific Policies Using System Dynamics Modeling. **Environmental health perspectives**. 2014. DOI: 10.1289/ehp.1307250.
- MARICATO, E. MetrÓpole, legislação e desigualdade. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 48, 2003.
- MICHALOS, A. C.; ZUMBO, B. D.; HUBLEY, A. Health and the quality of life: social indicators research. **Social Indicators Research**, Prince George, v. 51, n. 3, p. 245-86, 2000.

NAHAS, M. V. **Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo**. 3. ed. Londrina: Midiograf, 2003.

NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J. A.; NOBRE, A. D.; JUNIOR, S. A.; SILVA, G. C. M. da; LOMBARDO, M. Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo. **Sumário Executivo**, 2010. Disponível em: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo\\_megacidades.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf). Acesso em: 04 ago. 2014.

ONU, 2015. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org>. Acesso em: 04 ago. 2014.

PERRELLA, A. C. F.; FERREIRA, M. E. Um estudo sobre as inundações em São José dos Campos – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 12., 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2002.

PERRELLA, A. C. F.; SANTO, C. M. E.; SILVA, T. C.; VERGUEIRO, T. S. **Distribuição de intensidade das chuvas em São José dos Campos e suas consequências**. 2002. Disponível em: [http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/10.15.14.25/doc/1998\\_perrela.pdf](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/10.15.14.25/doc/1998_perrela.pdf). Acesso em: 04 ago. 2014.

RENWICK, R.; BROWN, I. The center for health promotion's conceptual approach to quality of life. In: RENWICK, R.; BROWN, I.; NAGLER, M. (eds.). **Quality of life in health promotion and rehabilitation: conceptual approaches, issues and applications**. Thousand Oaks: Sage, 1996. p.75-86.

SCHMIDT, S.; POWER, M.; BULLINGER, M.; NOSIKOV, A. The conceptual relationship between health indicators and quality of life: results from the cross-cultural analysis of the EUROHIS field study. **Clinical Psychology & Psychotherapy**, Hoboken, v. 2, n. 1, p. 28-49, 2005.

UNDRR. **Terminology**. 2017. Disponível em: <https://www.undrr.org/terminology>. Acesso em: 09 jul. 2020.

VEYRET, Y. (org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo, SP: Contexto, 2007.



# GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS E INCÊNDIOS EM ESCALA ESTADUAL: CONHECER PARA PREVENIR

André Luiz Nascentes Coelho<sup>1</sup>

Ana Christina Wigner Gímenes<sup>2</sup>

Antônio Celso de Oliveira Goulart<sup>3</sup>

## Introdução

Os incêndios e as queimadas<sup>4</sup> sem controle são um dos principais responsáveis por danos aos ecossistemas florestais e dependendo da área de abrangência, das características do local e intensidade pode resultar em prejuízos expressivos ao ambiente com a supressão da flora e fauna, além de perdas materiais e humanas (COELHO; GOULART, 2019; KAZMIERCZAK, 2015). Costa *et. al.* (2018) mencionam que os incêndios, sobretudo os florestais, configuram-se como um dos problemas ambientais de maior relevância a nível global, o que os caracterizam como um tema de grande interesse para toda a sociedade, na qual se inclui a comunidade científica, principalmente no que tange a elaboração de metodologias e técnicas para o monitoramento deste tipo de evento.

Para a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC, 2003), os incêndios florestais e as perdas de controles de queimadas se configuram em desastres humanos de natureza social resultantes de desequilíbrios provocados por ações ou por omissões tanto no meio rural quanto na área urbana.

No Brasil este processo materializa-se de maneira mais intensa com a pressão antrópica sobre o ambiente, através da substituição de remanescentes de paisagens conservadas com novos usos das terras, notadamente, relacionadas às atividades pecuárias e agrícolas, fazendo o uso de práticas não conservacionistas com a supressão da vegetação nativa pelas queimadas e incêndios (ROSS, 2009). A essa condição se soma o efeito da localização das florestas que, muitas vezes, mostram-se consoantes com zonas potenciais de altas suscetibilidades meteorológicas e climatológicas, aumentando assim o grau de risco a esse fenômeno.

Nesta linha de discussão Coelho e Goulart (2019, p. 70), fazendo referência ao estado do Espírito Santo, objeto deste estudo, apontam que,

---

1 Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/CEPEDES-UFES e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – LCGGEO. E-mail: alnc.ufes@gmail.com.

2 Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/CEPEDES-UFES e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – LCGGEO. E-MAIL: acw.gimenes@gmail.com.

3 Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/CEPEDES-UFES e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – LCGGEO. E-mail: celsoliveiragoulart@gmail.com.

“O baixo risco natural a incêndio florestal, neste caso, não equivale, necessariamente, a risco nenhum e, portanto, essa condição, se a princípio não causa alarme às condições climáticas locais no SE do Brasil, em geral, e ao Espírito Santo, em particular, serve de alerta para condições conjunturais que respondem por contingências importantes como a coincidência do período mais seco do ano na região e elevação da temperatura do ar na baixa atmosfera. As ondas de calor podem incrementar a queda sustentada da umidade atmosférica e favorecer a intensificação de incêndios florestais, principalmente porque os reflorestamentos (silvicultura) são realizados com coníferas, situação que amplifica a susceptibilidade florestal ao ressecamento e a sua predisposição à combustão”.

Cardoso *et. al.* (2013) e Jensen (2009) argumentam que o incêndio possui importância ambiental expressiva em função da sua influência sobre a poluição, nas mudanças climáticas e nos impactos diretos e indiretos, tais como o empobrecimento do solo e desencadeamento de processos erosivos, poluição atmosférica, problemas de saúde pública, destruição do patrimônio público e privado com prejuízos econômicos e sociais em diversas escalas, tanto local em uma parcela de terra, como em escala global, a exemplo da emissão de dióxido de carbono - CO<sub>2</sub> na atmosfera, pelo uso de combustíveis fósseis em veículos e indústrias que dependem dessa energia, além, das mudanças do uso da terra com a queima de florestas.

Uma importante componente geográfica associada aos incêndios se dá através da urbanização e da distribuição dos eixos de circulação entre as localidades urbanas, sejam eles os caminhos históricos constituídos pelos canais fluviais, sejam os caminhos rodo-ferroviários, os quais condicionaram a formação e o desenvolvimento de núcleos matriciais dos atuais centros urbanos locais.

O estado do Espírito Santo conta com o seu mais longo eixo rodoviário constituído pela BR-101, a qual cruza o seu território no sentido norte-sul, integrando as diversas localidades urbanas de maior adensamento. Essa via de circulação viária cruza os compartimentos geomorfológicos do estado em sua extensão sul, desde o limite com o estado do Rio de Janeiro até as proximidades do município de Aracruz, adentrando o domínio dos relevos que compõe a margem sul da bacia do rio Doce no estado, assentada sobre morfologias de baixas colinas e morrotes dominantes, pontuadas por maciços costeiros isolados, relevos esses que marcam a posição transicional para os tabuleiros costeiros e as planícies costeiras, em um segmento estreito na qual a topografia favoreceu, no passado, a instalação dos caminhos pioneiros, atualmente consolidados nessa rodovia federal. Ao norte de Aracruz, rumo à divisa com o estado da Bahia, a BR-101 verifica-se assentada predominantemente sobre as colinas de topos planos que constituem o relevo dominante dos tabuleiros costeiros, cuja extensão de ocorrência nesse setor do estado cresce no sentido leste-oeste tomando características hegemônicas na paisagem marginal à estrada. Nas duas direções, a estrada principal e as secundárias cortam áreas úmidas apenas nos fundos dos vales, onde Gleissolos e Organossolos contribuem para a manutenção da umidade e barreira contra queimadas e incêndios.

Essa condição topográfica junto à margem litorânea do território, que induziu o assentamento da estrada pela minimização dos esforços para a sua implantação foi também responsável em grande medida pela localização dos sítios urbanos históricos, sempre diretamente associáveis aos eixos de circulação pioneiros formados por eixos terrestres, assim como os eixos aquáticos-fluviais. Centros urbanos desenvolveram-se ao longo dessas vias, com topografia plana ou pouco inclinada e, com a sua evolução, o surgimento de áreas que se mostram ameaçadas pela suscetibilidade a incêndios, condições impostas que pressionam e intensificam as manifestações desses eventos.

Áreas de descartes de resíduos sólidos (lixões e aterros clandestinos) nas proximidades de comunidades urbanas da periferia dos principais centros urbanos; terrenos baixos de brejos e alagados de solos com ou sem depósitos de turfa, drenados e aterrados para formação de áreas voltadas à expansão imobiliária e a forte pressão exercida sobre franjas externas das Unidades de Conservação - UCs ou, quando próximos ao centro urbanos, pela invasão das áreas para ocupação imobiliária são indutores antropogênicos para a suscetibilidade a incêndios e queimadas a partir de práticas negligentes de manejo dessas atividades, seja pela ação dos indivíduos que as executam, seja pela omissão dos gestores públicos que não as fiscalizam e a não as inibem condizentemente.

Outras condições desfavoráveis à redução do risco vêm dos poucos debates na sociedade em diferentes esferas. O contrário disso, são discussões em todos os setores da educação, elaboração de planos de gestão de risco de incêndio por distrito e conjuntos de propriedades rurais, redes de comunicação e colaboração entre os atores envolvidos, cadastro de voluntários e cursos de combate a incêndios.

Fica evidente, a partir dessas considerações, que há uma importante interação entre as atividades rurais e urbanas, proteção ambiental e redução de risco dessa natureza que ratifica a importância no processo de planejamento territorial da prevenção dos desastres, a ser contemplado de maneira clara e permanente, ao longo de todo o processo do desenvolvimento, e os efeitos desses fatos estão enfaticamente presentes na atualidade.

Nesse sentido, torna-se importante compreender a variação espacial e sazonal da ocorrência dos incêndios no sentido de estabelecer ações de monitoramento, controle, combate, resiliência/recuperação de paisagens, incluindo também, orientações de prática de queimadas controladas, evitando sua propagação.

Existem, na atualidade, variados métodos de monitoramento de acordo com as especificidades do local, da estrutura, da extensão da área monitorada através de postos de vigilância terrestres e/ou torres de observação, pelo patrulhamento por veículos, sobrevôo de avião/helicópteros e do uso de drones/vants, ações estas que são pontuais e de elevados custos econômicos, sobretudo, para órgãos públicos como prefeituras/governos (COELHO; GOULART, 2019). O uso das ferramentas computacionais como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) integrado com as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e de produtos derivados acessíveis, a exemplo do banco de dados de queimadas, são uma alternativa de baixo custo, de elevada eficiência e precisão que possibilita desenvolver o mapeamento, propiciando uma ampla visão sobre a distribuição temporal e espacial das queimadas em diferentes escalas, além de possibilitar análises das interações do fogo relacionado com fatores culturais e socioambientais. Kazmierczak (2015) enfatiza que o Sensoriamento Remoto pode ser considerado a tecnologia ideal para identificação, monitoramento de queimadas e incêndios, por sua praticidade, rapidez, acessibilidade e baixo custo, adequado para análises de áreas territoriais extensas.

Nesta perspectiva, as Geotecnologias<sup>5</sup>, entendida como um conjunto de técnicas possuindo uma ou mais funções como coleta, processamento, análise e disponibilidade de informação com referência geográfica, composta de soluções de *hardware* (plataforma computacional utilizada), *software* (programas, módulos e sistemas) e *peopleware* (profissionais ou usuários especializados) têm sido responsáveis por uma expressiva revolução e contribuição nos estudos geoambientais, propiciando avanços na obtenção de dados, tratamento e geração de informações relacionadas ao uso e cobertura terrestre e marinha (COELHO, 2017; PIROLI, 2017).

A este propósito, Coelho (2013) recomenda que o emprego das ferramentas SIG e SR devem ser operadas, preferencialmente, por um especialista, de maneira cautelosa. Considerada como instrumento de apoio e não de decisão nas diversas modalidades

de aplicação, como a geração de modelos que apontam áreas susceptíveis a riscos de desastres, que necessita, após a elaboração, a exemplo dos mapas, ser comprovado e aprovado com base em estudos pontuais e/ou campanhas de campo viabilizando, assim, o tratamento mais eficiente do problema.

Nessa linha de abordagem, a meta deste trabalho é colocar em evidência a importância do desenvolvimento de uma análise espaço-temporal das queimadas e incêndios no estado do Espírito Santo (ES) com emprego de dados obtidos por Sensoriamento Remoto, entre 2008 e 2018, aplicado na redução dos riscos causados por esse fenômeno e suporte na resiliência das paisagens.

Busca-se responder às seguintes indagações: 1) É possível elaborar uma cartografia de incêndios florestais para o estado do Espírito Santo, a partir, de um conjunto representativo de dados geoespaciais acessíveis, integrados em ambiente SIG? 2) Qual o nível de confiabilidade dos dados de queimadas disponibilizados de forma gratuita? E como verificar/validar? 3) Como se dá a distribuição anual e mensal das queimadas no estado Capixaba? 4) Quais as regiões/áreas mais afetadas pelas queimadas no ES? 5) Quais os Municípios do ES que registraram os maiores focos? 6) Qual é a susceptibilidade a incêndios nas Unidades de Conservação e entorno destas? 7) Com base nos dados e informações geradas é possível contribuir com o estabelecimento de planos/ações, buscando a redução deste fenômeno?

### Princípios e metodologia adotados na elaboração e análise dos dados

A elaboração e análise espaço-temporal das queimadas/incêndios deve partir de referenciais que abordam a temática no sentido de obter o conhecimento recente através dos relatórios, estudos, práticas e ações nesta linha, em instituições como INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, no Portal do Programa Queimadas (INPE, 2019); junto ao IBMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, no Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios - PREVFOGO (IBAMA, 2019); das universidades, entre outras bases. A partir desta compilação e leituras sobre o assunto, a etapa seguinte se detém a aquisição e tratamento de planos de informações vetoriais e matriciais, em instituições de referência, para uso no SIG/GIS, a exemplo dos temas utilizados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Base de Dados Geográficas / Planos de Informações utilizados

Dado	Tema Cartografado	Fonte	Ano	Escala / Resolução
UFs	Limite Estadual	IBGE	2017	1:100.000
Limite Municipal	Município	IJSN/CGEO	2017	1:1.000
UCs	Unidades de Conservação	IJSN/CGEO	2017	1:1.000
Área Urbana	Área Urbana	IJSN/CGEO	2017	1:100.000
Corpo d'água	Rios, Lagos, Oceano	IBGE	2017	1:100.000
Queimadas/Incêndios	Focos de Calor	INPE	2019	250 mts

Organizado pelos autores.

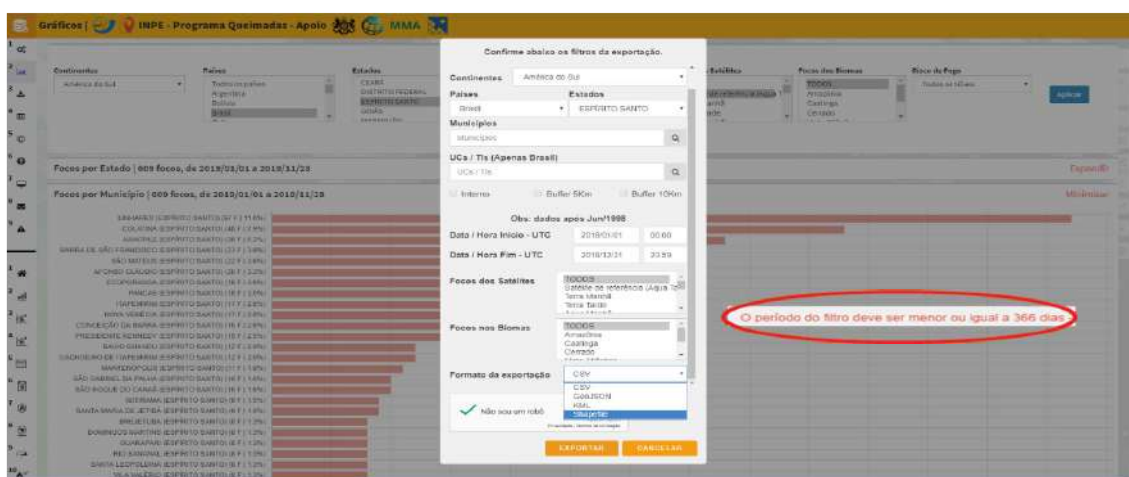
De posse dos dados vetoriais e matriciais, esses são inseridos no software de SIG ArcMAP<sup>6</sup> ajustando, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000, Zona 24 Sul (IBGE, 2005), com todo o mapeamento elaborado, seguindo

uma padronização cartográfica como as propostas de Menezes e Fernandes (2013); Fitz (2008); Lo e Yeung (2007) e Slocum *et. al.* (2008) no sentido de desenvolver uma comunicação cartográfica eficiente e objetiva.

Os dados de queimadas foram adquiridos gratuitamente no Portal do Programa Queimadas do INPE (2019) que promove o monitoramento dos focos de calor/queimada desde 1987, utilizando diversos satélites<sup>7</sup> dotados de sensores óticos, operando na faixa termal-média no intervalo de 4µm (micrómetros) para detecção de frentes de incêndios/queimadas. A partir desses dados, podem ser extraídas diversas informações, como por exemplo, o número de queimadas por estados em um período máximo de 366 dias, coordenadas geográficas dos focos, alertas por e-mail de ocorrências em áreas de interesse especial, risco meteorológico de fogo, estimativas de concentração de fumaça, mapeamento de áreas queimadas, etc. (INPE, 2019).

Para os objetivos desta pesquisa foi utilizado registro de focos no período de 01 janeiro de 2008 e 31 de dezembro de 2018, com o download (Figura 1) dos dados no formato *shp/shapefile* para cada ano (2008, 2009, 2010, 2011, 2012 [...], 2018), formando 11 Bancos de Dados Geográficos - BDG anuais, seguido da junção destes bancos em um único com o software de SIG e aplicação do filtro para o satélite de referência<sup>8</sup> AQUA\_M-T<sup>9</sup>, sensor MODIS.

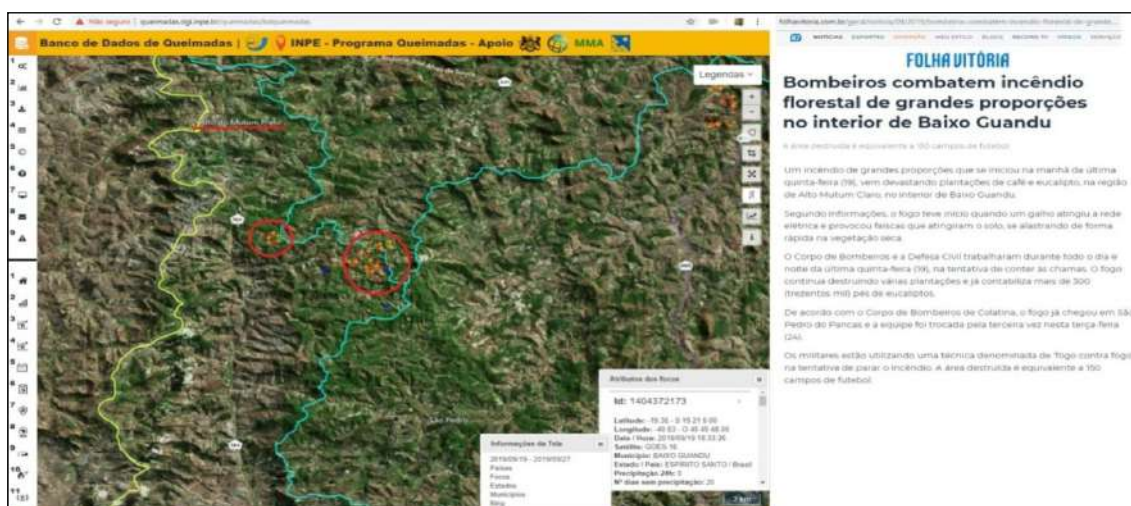
A partir desse BDG que conta com a série histórica de focos entre 2008 e 2018, os dados foram exportados para o formato Excel, seguido da elaboração de gráficos e tabelas. Também com esse banco de dados da série histórica realizou-se no SIG a análise da intensidade dos focos a partir do estimador de densidade Kernel e o processamento e espacialização das ocorrências de queimadas por municípios, além do mapeamento de incêndios no interior das Unidades de Conservação e 1km em torno delas.



**Figura 1.** Captura de tela do banco de dados de queimadas e seleção de filtros para exportação no formato shapefile e uso em ambiente computacional SIG/GIS. Organizado pelos Autores.

A verificação dos dados, isto é, a checagem dos focos detectados pelos satélites e o local da ocorrência, tomou como referência as validações no próprio portal do Programa Queimadas do INPE<sup>10</sup> que apresenta um padrão de confrontação, como o da Figura 2, mostrando do lado esquerdo a interface do portal, apontando no círculo vermelho os focos detectados.





**Figura 2.** Exemplo de validação de incêndio extraído do portal do Programa Queimadas do INPE. Organizado pelos autores

Uma das janelas, no centro inferior da Figura 2, traz as informações das coordenadas geográficas (latitude e longitude), data e hora do registro, nome do satélite que fez a leitura/varredura e o município. A outra janela maior, à sua direita, traz um noticiário, relatando o incêndio na região/município de ocorrência.

A confiabilidade e potencial desses dados de queimadas já foi demonstrado por diversos pesquisadores, em inúmeras publicações no INPE, em periódicos e relatórios, discorrendo sobre a natureza e causas dos incêndios e desmatamentos, a partir da montagem de séries temporais diversas, através de gráficos e mapeamentos (INPE, 2019; KAZMIERCZAK, 2015).

Cabe salientar, no que se refere à detecção das queimadas por satélites, algumas condições que impedem o registro, sendo as mais frequentes: frentes de fogo com menos de 30 m; fogo apenas no chão de uma floresta densa, sem afetar a copa das árvores; nuvens de umidade/chuva cobrindo a região (às nuvens de fumaça não atrapalham); queimada de pequena duração, ocorrendo no período de tempo entre cada uma das imagens disponíveis; fogo em uma encosta de montanha/serra oposta do posicionamento de observação do sistema sensor do satélite; imprecisão na localização do foco de queima, que no melhor caso é de cerca de 250 metros, mas podendo chegar a 6 km<sup>11</sup> (INPE, 2019; VALLEJO, 2012; IBAMA, 2009).

## Análise Geoespacial dos Focos Detectados por Satélite: Espírito Santo

### - Exposição Quantitativa

A Figura 3 apresenta, em um gráfico de registros anuais, o número dos 4.196 focos de queimadas e incêndios para o estado do Espírito Santo detectados pelo sensor MODIS nos 11 anos (2008 e 2018), apresentando uma média de 381 focos/ano e as maiores concentrações nos anos de 2015 com 940 e, 2016 com 599 focos, respectivamente (36,7% ou 1.539 queimadas/incêndios). Ao analisar a média anual, suprimindo os picos de 2015 e 2016, têm-se 295 registros, resultando em uma queda de mais de 100 focos por ano.

Um fator potencializador destes picos de incêndios, detectados nos anos de 2015 e 2016, está relacionado a dinâmica meteorológica que foi marcada por bloqueios atmosféricos (INCAPER, 2017), resultando em chuvas escassas e temperaturas médias elevadas, características que favoreceram a propagação do fogo, sobretudo, em áreas do estado desprovidas de florestas nativas.

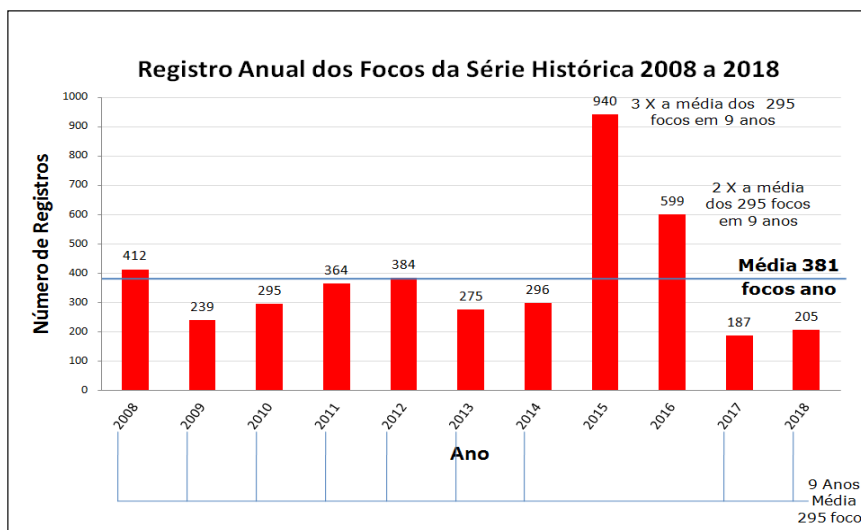


Figura 3. Distribuição anual dos 4.196 focos no estado do Espírito Santo e as respectivas médias anuais.

Já a análise do gráfico da série histórica mensal dos focos de queimadas e/ou incêndios (Figura 4) revela os maiores valores nos meses entre agosto a outubro, marcados por baixos índices pluviométricos, secos e de reduzida umidade relativa do ar, concentrando mais de 50% ou 2.108 das 4.196 ocorrências no território, notadamente nos períodos de maior estiagem (setembro e outubro). Coincide também, com a estação seca em grande parte do território brasileiro, entre agosto a outubro, época de preparo do solo para o plantio das culturas de verão, crítica para o desencadeamento de incêndios (TORRES *et al.*, 2016; KAZMIERCZAK, 2015, 2011; CARDOSO *et al.* 2013).

Nesses meses do ano, o material combustível como capim, galhos e folhas depositados no solo, especialmente nas áreas formadas por pastagens, que é o predomínio do uso antrópico no Brasil<sup>12</sup> (IBGE, 2018) e no Espírito Santo (IJSN, 2018), apresentam elevada susceptibilidade à ocorrência do fogo.

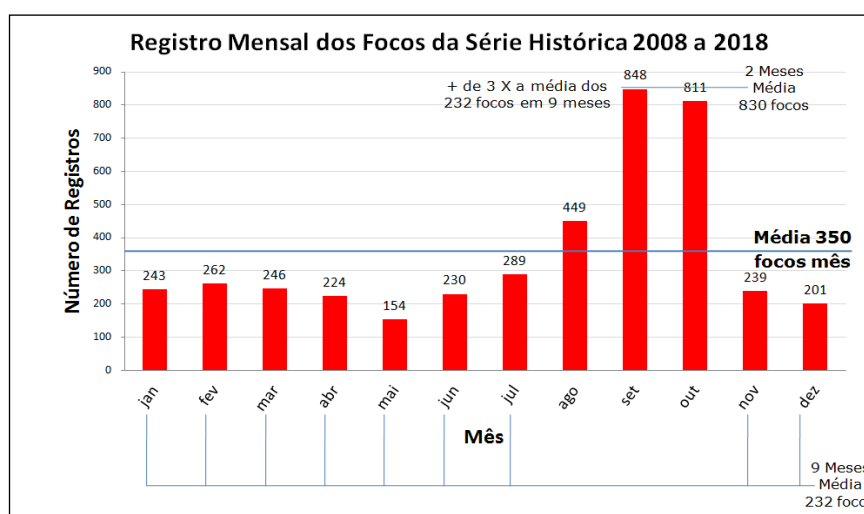


Figura 4. Média mensal da série histórica 2008-2018 dos focos no estado do Espírito Santo.

## - Distribuição Geográfica das Queimadas/Incêndios

A Figura 5, mostra em um mapa, a nuvem de pontos com a localização dos 4.196 registros de incêndios/queimadas para o estado do Espírito Santo, fornecendo uma visão geral da distribuição espacial, e também a densidade destes focos reclassificados em 3 tipologias significativas de ocorrências: 1) Média, 2) Alta, e 3) Muito Alta.

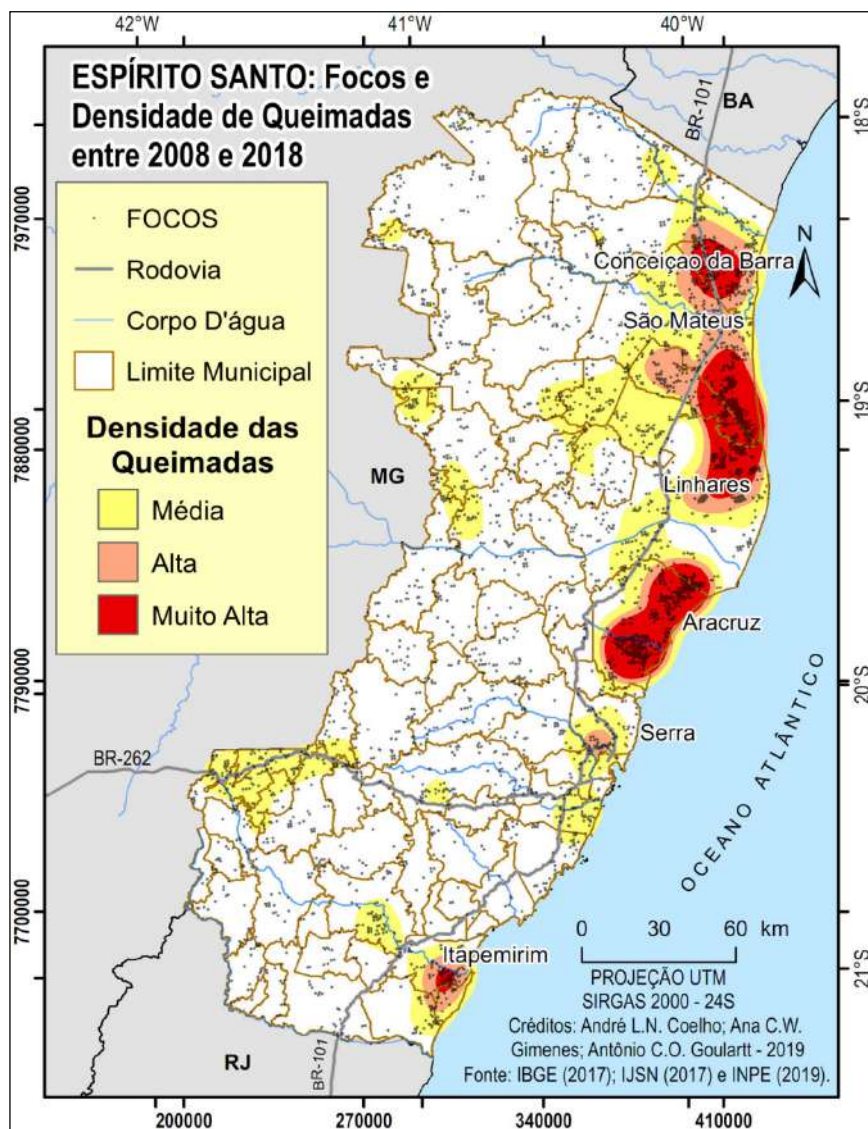
Revela os “*arcos de queimadas e incêndios*” estadual, nas cores rosa e vermelho, apontando as áreas mais críticas, com registros das classes Alta e Muito Alta, situando-se, sobretudo, no litoral centro-norte capixaba entre Linhares, passando por São Mateus, até Conceição da Barra. Na porção sul do canal principal do rio Doce, os municípios de Aracruz, seguido de Linhares, se destaca como Muito Alta a intensidade de ocorrência.

Esses *arcos* coincidem com as áreas de maior concentração de queimadas, observadas por Giacomini (2014) entre 2008 e 2012, nas regionais no estado do Espírito Santo, contabilizando 5.491 de ocorrências de incêndios em São Mateus e 2.404 em Aracruz, com base nos dados obtidos por uma empresa produtora de madeira de eucalipto.

No entorno da RMGV – Região Metropolitana da Grande Vitória há o registro de densidade Média a Alta no município de Serra, nas áreas com ocorrência de solos turfosos, porção sul-sudoeste do Maciço Mestre Álvaro. Já no sul do estado ocorreu uma concentração em entorno da cidade de Itapemirim com Alta e Muito Alta densidade dos focos de queimadas e incêndios.

As regiões com Média densidade dos focos, em amarelo no mapa, estão localizadas principalmente no sudoeste do estado nos municípios de Ibitirama, Ibatiba e Lúna. Na região centro-norte, densidade Média para os municípios de Sooretama, Vila Valério e Rio Bananal, enquanto a noroeste, a densidade Média nos municípios de Alto Rio Novo, Pancas e Mantenópolis (Figura 5).

As causas principais da concentração/densidade destes incêndios estão associadas as práticas do uso das terras como a queima de lavoura de cana-de-açúcar (parte dos municípios de Itapemirim, Marataízes e Presidente Kennedy no sul do estado, e norte, em Pedro Canário, Boa Esperança e Conceição da Barra); nas áreas de monoculturas de eucalipto, sobretudo, a partir do município de Aracruz até Conceição da Barra. Além dessas, outras causas estão associadas a práticas de queimadas nos locais de forrageiras que ocupam grande parte do estado.



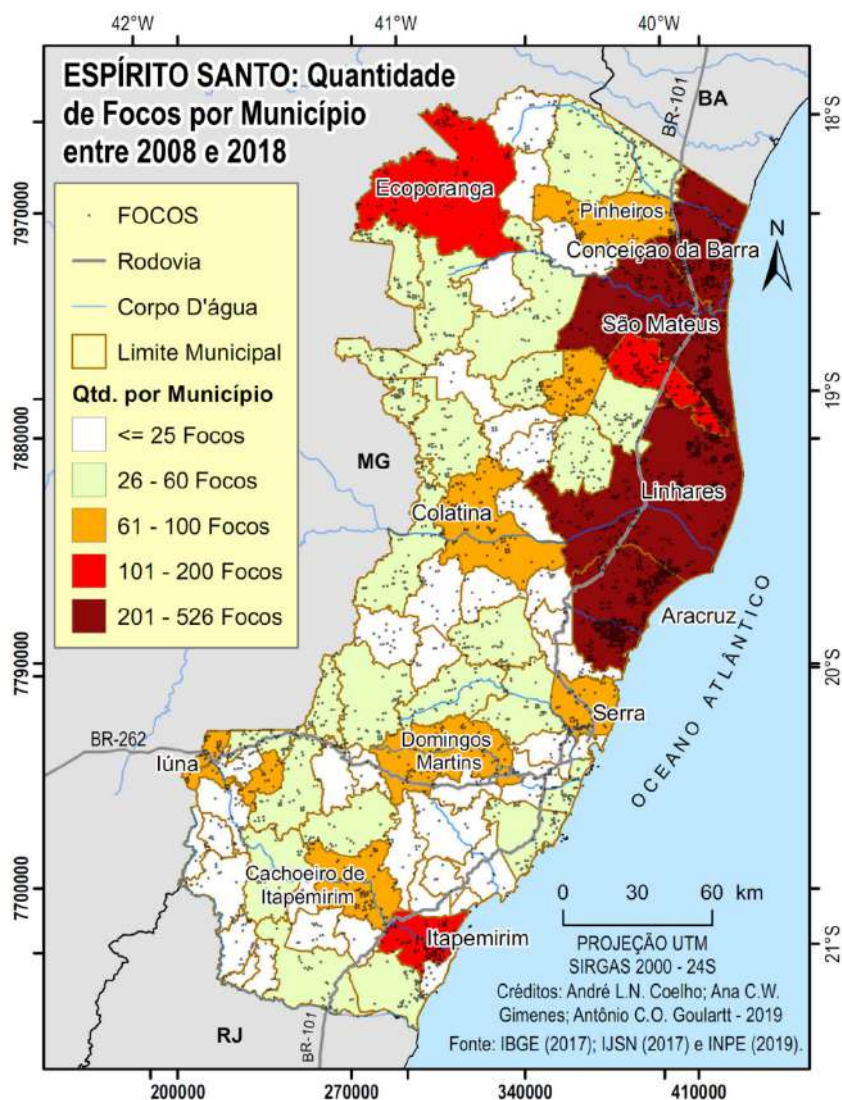
**Figura 5.** Nuvem de pontos e densidades/arcs das queimadas no estado do Espírito Santo.

Acrescenta-se também, em parte destas regiões, as queimadas de entulhos depositados de forma irregular, em beira de estradas ou em terrenos baldios, que se alastram com os ventos fortes, transformando-se em incêndios, fato constatado por Coelho e Ferreira (2011) nas áreas de descarte de resíduos sólidos (lixo e entulho) nos solos turfosos no município de Serra.

Estudos como Torres *et. al.* (2016), Kazmierczak (2015) e IBAMA (2009) mencionam que as características dos incêndios variam segundo a vegetação, o clima, a topografia e as atividades decorrentes da ação humana ao longo do tempo, sendo o *clima* um dos elementos que potencializa a ocorrência dos focos de incêndios, uma vez que influencia na quantidade de biomassa e no teor de umidade do combustível, seguido dos *incêndios causados por ações de vandalismo* em suas várias formas (de transeuntes, queima para limpeza de terrenos, incendiários envolvidos no conflito de interesses de terra, etc.).

Nunes *et. al.* (2013) ao analisarem três décadas de incêndios florestais em Portugal destacam que as condições climáticas e meteorológicas desempenharam um papel crucial no desencadeamento do fogo. Chang *et. al.* (2015) apontam também que os incêndios florestais observados em países como a China são decorrentes das complexas interações entre a vegetação, clima, topografia e das atividades antrópicas ao longo do tempo.

A Figura 6 apresenta a cartografia com a distribuição dos 4.196 focos por municípios, no período 2008 e 2018, revelando as maiores ocorrências, superiores a 201 focos para quatro municípios, todos eles situados no litoral centro-norte do estado, com São Mateus, liderando 526 detecções, seguido de Aracruz (497 focos), Linhares (481 focos) e Conceição da Barra com 243 focos. Já as detecções entre 101 e 200 focos concentraram-se em três municípios: Jaguaré com 181, seguido de Itapemirim com 106 e Ecoporanga com 102, respectivamente (Tabela 2).



**Figura 6.** Detecções de queimadas/incêndios por município do estado do Espírito Santo.

A Tabela 2 lista, em ordem de quantidade de detecções de queimadas e incêndios pelo sensor MODIS, os vinte municípios capixabas com registros superiores a 50 ocorrências, cobrindo 70,3% dos focos do período de 2008 e 2018. Revela ainda que, 7 dos 78 municípios do estado apresentaram registros superiores a 100 detecções, correspondendo a 50,91% (ou 2.136 dos 4.196 focos contabilizados), cobrindo, apenas, 26% da área estadual ou 11.971,9 km<sup>2</sup> do território total do estado do Espírito Santo de 43.835,5 km<sup>2</sup>.

**Tabela 2.** Ordem dos registros de queimadas por município a partir de 50 focos

Ordem	Município	Deteções de Queimadas/ Incêndios	Percentual das 4.196 Deteções	Área do Município km <sup>2</sup> *	Percentual da Área dos 78 Municípios *
1	São Mateus	526	12,5 %	2.343,8	5,1 %
2	Aracruz	497	11,8 %	1.419,7	3,1 %
3	Linhares	481	11,5 %	3.494,5	7,6 %
4	Conceição da Barra	243	5,8 %	1.186,4	2,6 %
5	Jaguare	181	4,3 %	659,4	1,4 %
6	Itapemirim	106	2,5 %	550,7	1,2 %
7	Ecoporanga	102	2,4 %	2.317,2	5,0 %
8	Colatina	83	2,0 %	1.416,8	3,1 %
9	Domingos Martins	81	1,9 %	1.229,4	2,7 %
10	Serra	75	1,8 %	547,4	1,2 %
11	Cachoeiro de Itapemirim	70	1,7 %	865,0	1,9 %
12	Vila Valério	69	1,6 %	470,2	1,0 %
13	Pinheiros	69	1,6 %	972,7	2,1 %
14	Lúna	61	1,5 %	459,2	1,0 %
15	Baixo Guandú	59	1,4 %	915,7	2,0 %
16	Pancas	52	1,2 %	829,9	1,8 %
17	Nova Venécia	51	1,2 %	1.439,4	3,1 %
18	Montanha	51	1,2 %	1.099,4	2,4 %
19	Água Doce do Norte	51	1,2 %	474,6	1,0 %
20	Sooretama	50	1,2 %	586,8	1,3 %
<b>Totais dos 50 municípios com mais 50 focos</b>		<b>2.958</b>	<b>70,3 %</b>	<b>23.278,2</b>	<b>50,6 %</b>

\* a área total do estado do Espírito Santo corresponde a 43.835,5 km<sup>2</sup>

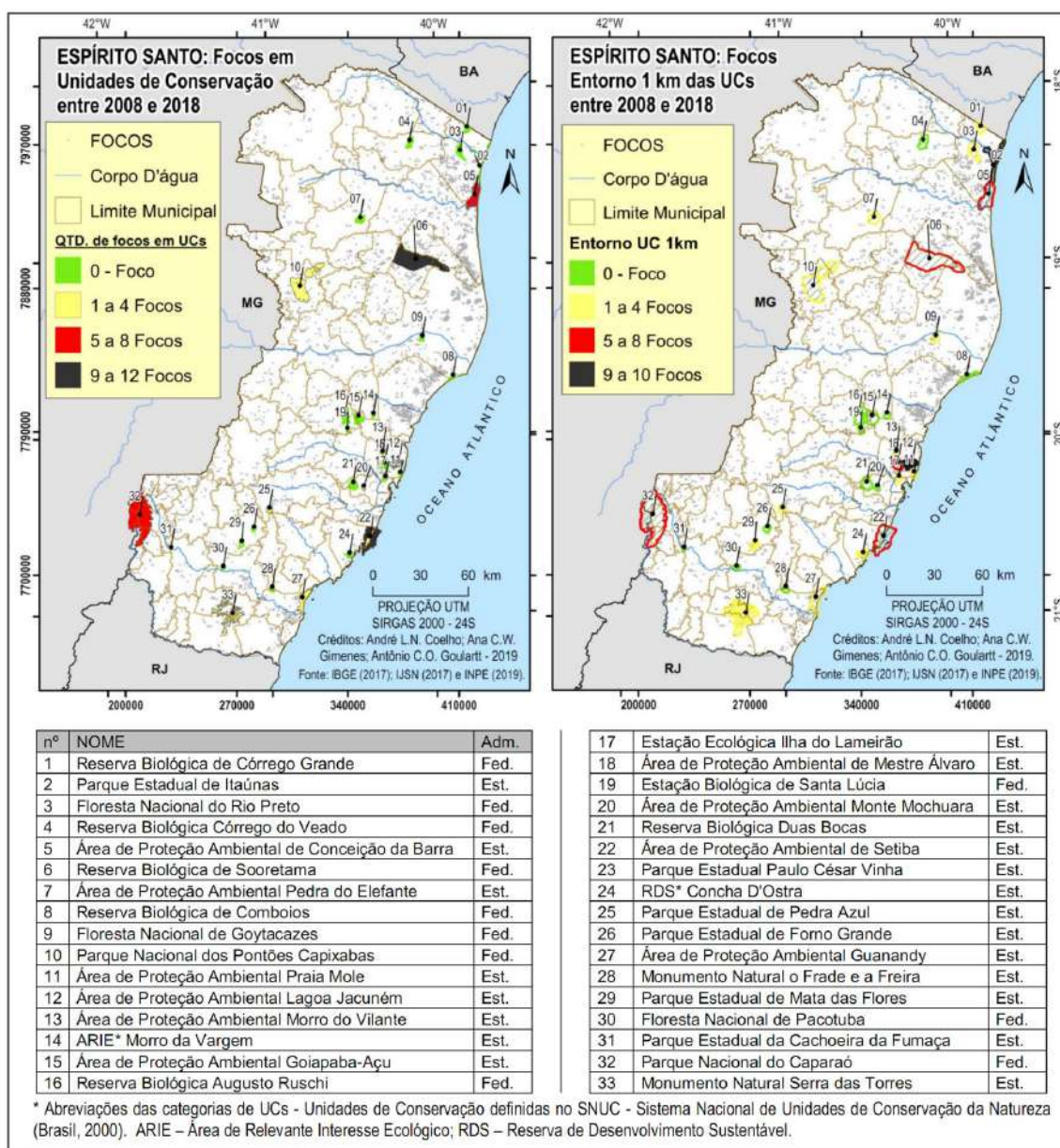
Esses dados indicam que os modelos de queimadas e incêndios recorrem muito mais, entre 481 e 526, naqueles municípios – Linhares e São Mateus - com relevos mais planos com domínios de monoculturas, menor diversidade de práticas agrícolas e que detêm maiores áreas de Unidades de Conservação, fatores que tendem a estar mais recorrentemente associados a episódios de queimadas e incêndios. De qualquer modo, cada município apresenta particularidades em relação às políticas adotadas de prevenção e combate aos incêndios. Outra análise compreende a contribuição em percentual da área total do Espírito Santo.

Em uma outra análise, a Figura 7 apresenta a distribuição das 33 Unidades de Conservação – Ucs no estado do Espírito Santo em dois mapas. Um com as ocorrências de incêndios no interior das UCs (esquerda) e noutro, da direita, os focos no entorno/borda de 1 km das UCs. A cartografia da esquerda classificou na cor preta as ocorrências/registros com 9 a 12 focos com destaque para a Rebio Sooretama com 12 e a APA de Setiba com 10 focos de queimadas, também organizados na Tabela 3 em ordem de ocorrências.

A respectiva tabela e mapa apontam 8 focos no interior do Parque Nacional do Caparaó, 6 na APA de Conceição da Barra, além da contabilização em outras Unidades de Conservação, totalizando 51 deteções durante o período 2008 e 2018.

Uma análise mais particularizada na Tabela 3 mostra, na penúltima coluna da direita, o número de deteções no entorno de 1km das UCs, totalizando 79 focos no

período, com os valores igual ou superior 9 focos registrados nas áreas circundantes do Parque Estadual de Itaúnas com 10 e da APA Lagoa Jacuném com 9 ocorrências, conforme Figura 7 à direita na cor preta, baseado na série histórica analisada.



**Figura 7.** Detecções de queimadas/incêndios no interior das UCs - Unidades de Conservação (esquerda) e entorno de 1 km das UCs (direita) do estado do Espírito Santo.

Já a última coluna da Tabela 3, traz um somatório das detecções no interior e no entorno de 1km das Unidades de Conservação, totalizando 130 registros, sobressaindo as UCs da Rebio de Sooretama com 20 focos, seguido da APA de Setiba com 15, o Parque Nacional do Caparaó com 14 e a APA de Conceição da Barra com 13 ocorrências, revelando a necessidade de se melhorar o controle territorial das UCs, tanto da administração estadual quanto federal, provendo-as de infraestrutura compatível com as necessidades de gestão de cada unidade.

Por envolver amplas áreas com diversos usos e coberturas da terra, a identificação da origem do foco muitas vezes se torna difícil tanto do interior das UCs em direção às áreas adjacentes quanto o contrário. Pequenas fogueiras realizadas por caçadores,

queimadas em pastagem em torno das UCs, churrasqueiras em áreas de lazer de áreas residenciais e condomínios, faíscas produzidas por cigarros dispensados ao longo de estradas, entre outros fatores, podem desencadear os incêndios.

**Tabela 3.** Ordem dos registros de queimadas no interior da Unidade de Conservação - UC e entorno de 1 km da UC.

Nº	NOME	Adm.	Área em Hectare (ha)	Detecções de Queimadas/ Incêndios INTERIOR das UCs (a)	Detecções de Queimadas/ Incêndios ENTORNO 1K das UCs (b)	Soma das Detecções no INTERIOR e ENTORNO das UCs (a) + (b)
6	Reserva Biológica de Sooretama	Federal	12.472,7	12	8	20
22	Área de Proteção Ambiental de Setiba	Estadual	3.481,7	10	5	15
32	Parque Nacional do Caparaó	Federal	7.884,6	8	6	14
5	Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra	Estadual	3.086,1	6	7	13
10	Parque Nacional dos Pontões Capixabas	Federal	5.243,0	4	3	7
27	Área de Proteção Ambiental Guanandy	Estadual	3.525,1	4	4	8
12	Área de Proteção Ambiental Lagoa Jacuném	Estadual	573,5	3	9	12
20	Área de Proteção Ambiental Monte Mochuara	Estadual	953,5	1	--	1
23	Parque Estadual Paulo César Vinha	Estadual	1.196,6	1	--	1
25	Parque Estadual de Pedra Azul	Estadual	1.492,2	1	1	2
33	Monumento Natural Serra das Torres	Estadual	861,4	1	4	5
2	Parque Estadual de Itaúnas	Estadual	3.481,6	--	10	10
18	Área de Proteção Ambiental de Mestre Álvaro	Estadual	2.388,4	--	5	5
9	Floresta Nacional de Goytacazes	Federal	1.259,7	--	4	4
24	RDS* Concha D'Ostra	Estadual	953,5	--	3	3
11	Área de Proteção Ambiental Praia Mole	Estadual	627,5	--	2	2
13	Área de Proteção Ambiental Morro do Vilante	Estadual	301,2	--	2	2
17	ESEC* Ilha do Lameirão	Estadual	860,9	--	2	2
1	Reserva Biológica de Córrego Grande	Federal	1.630,7	--	1	1
3	Floresta Nacional do Rio Preto	Federal	2.842,6	--	1	1
7	Área de Proteção Ambiental Pedra do Elefante	Estadual	2.560,4	--	1	1
29	Parque Estadual de Mata das Flores	Estadual	832,4	--	1	1
<b>Totais de registros nas UCs e Entorno de 1 km</b>			<b>58.509,3</b>	<b>51</b>	<b>79</b>	<b>130</b>

\* Abreviações das categorias de UCs - Unidades de Conservação definidas no SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Brasil, 2000). ESEC – Estação Ecológica; RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável.

Várias investigações do tema queimadas/incêndios mencionam que parte expressiva das Unidades de Conservação no Brasil registram o predomínio dos incêndios decorrentes das atividades antrópicas relacionadas a conflitos de interesses de terras/ propriedades para produção de pastagem e agricultura (KAZMIERCZAK, 2015; VALLEJO, 2012; TORRES *et. al.* 2016; SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006; IBMA, 2006). Vallejo (op. cit.) expõe ainda, que o raio é a causa natural mais comum de incêndios no Brasil.



A cartografia revela que os maiores registros de queimadas/incêndios nas áreas Unidades de Conservação e entorno (Figura 7) estão localizadas em regiões adjacentes ao litoral, com exceção do Parque Nacional do Caparaó, fato também observado por Tebaldi *et. al.* (2012) e Tebaldi *et. al.* (2013) nas UCs do estado do Espírito Santo.

Tebaldi *et. al.* (op. cit.) argumentam também, que as principais causas dos incêndios florestais nas UCs estaduais do Espírito Santo são ocasionadas por queima para limpeza e chamam a atenção para o planejamento e gestão, em particular, para o plano de manejo e o plano de prevenção e combate dos incêndios florestais que são instrumentos, considerados básicos, para uma efetiva estruturação e gestão dessas unidades.

É importante ressaltar que o monitoramento e o conhecimento das áreas de maior susceptibilidade a queimadas e incêndios podem servir de base para o direcionamento de ações de contenção e de prevenção dos desastres dessa natureza, através das pesquisas científicas e de estudos técnicos, ao contribuir com a identificação e análise das áreas propensas a esses eventos a partir da inter-relação entre os aspectos físico-naturais e a forma de uso da terra pela sociedade.

## Conclusões

A utilização das geotecnologias como o Sistema de Informações Geográficas, os dados de Sensoriamento Remoto disponibilizados no portal do Programa Queimadas do INPE, além de outros planos de informações acessíveis em instituições como IBGE, IJSN, essenciais para a execução deste trabalho, possibilitaram o cruzamento de *layes/camadas* distintas, que se transformaram em informações integradas, a exemplo, dos registros de incêndios nas Unidades de Conservação.

Revelou que o padrão de distribuição e localização dos principais focos vem se repetindo ao longo dos anos, notadamente no litoral centro-norte do estado em municípios como Aracruz, Linhares, São Mateus e Conceição da Barra, constituindo-se nos “*arcos de queimadas e incêndios capixaba*”, locais que tem relação direta com as reduzidas quantidades de chuvas, elevadas temperaturas, baixa umidade do ar e usos antrópicos intensos.

Os maiores picos de queimadas e incêndios anuais foram ocasionados por eventos meteorológicos atípicos, marcados por bloqueios atmosféricos, que atingiram o estado do Espírito Santo nos anos 2015 e parte de 2016.

A organização deste banco de dados geográficos da série histórica de queimadas possibilita outras análises espaciais, identificando focos no interior das APPs – Áreas de Preservação Permanentes; dos Corredores Ecológicos; nas margens do eixos viários como as BR-101 e BR-262; no interior das classes de usos da terra praticados como pecuária, floresta plantada, agricultura, regiões de turfeiras, dentre outros. Estudos em escalas de maior detalhe, revelando a densidade dos focos na RMGV – Região Metropolitana da Grande Vitória ou em um município viabiliza correlações espaciais como o cruzamento do mapa de densidade de focos com mapas temporais de temperatura média anual, evapotranspiração anual, deficiência hídrica, além de análises de eventos climáticos de escala regional da Terra como o El Niño e La Niña e seus efeitos locais, Oscilação decadal do Pacífico e sistemas como a Zona de Convergência do Atlântico Sul que trazem muita chuva e sistemas de bloqueio que acentuam as estiagens.

Permite, ainda, o cruzamento desses dados da série histórica com as ocorrências (Registros, Ações/Planos de Contingências) da Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e de dados de queimadas/incêndios obtidos em setores privados de empresas produtoras de madeira de eucalipto, entre outros setores de interesse, ou a correlação de dados espaciais, tais como os de manejo da terra, características de solos, níveis de educação, número de programas de formação e cursos, projetos e campanhas de educação e pesquisa, analisados ao longo do tempo.

A análise espaço-temporal dos focos de incêndios permitiu uma avaliação de todo o estado, podendo ser aplicada em outras Unidades de Federação – UFs ou em outros recortes espaciais. Contribui para as diversas diretrizes de planejamento e gestão territorial, na ampliação dos inventários/mapas de riscos, ao apontar os locais com alta susceptibilidade a este evento, resultando no aumento da eficiência técnica e econômica dos trabalhos de planejamento, controle, previsão e fiscalização. O produto também pode auxiliar a revisão/elaboração de projetos como o Plano Diretor para Redução de Riscos de Desastres, além de proporcionar, subsídios para análises espaciais, estatísticas e temporais dessas ocorrências e para os estudos dos efeitos ecológicos, atmosféricos e de mudanças climáticas.

O emprego desta metodologia associada ao uso das geotecnologias se mostrou eficiente, com a base de dados de focos reprocessados e mais precisos de queima de vegetação do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, oferecendo um produto no qual podem extrair novas informações de locais mais susceptíveis a essa tipologia de desastre, no interior do estado, servindo de base para o direcionamento de ações de redução do risco e a resiliência tanto no meio urbano quanto no meio rural.

## Notas

4 As expressões “Incêndios” e “Queimadas” são muitas vezes empregadas de maneira incerta em relação a sua origem e a seu contexto de ocorrência. Os incêndios segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2012) são considerados um desastre natural climatológico, pois em grande parte das vezes estão associados ao ambiente florestal, como é o caso de incêndio em bioma de cerrado. Os incêndios podem também ser de natureza acidental, indesejados e de difícil controle (KAZMIERCZAK, 2015; VALLEJO, 2012). As queimadas, por sua vez, são consideradas práticas tradicionais controladas e estão associadas à cultura indígena, como também na agricultura, destinada principalmente à limpeza de parcelas para combater pragas e cultivo de plantações ou na formação de pastos. Porém, quando fogem do controle, podem transformar-se em incêndios (KAZMIERCZAK, op cit; VALLEJO, op cit). Neste trabalho, estas expressões serão tratadas de maneira conjugada apontando as áreas mais susceptíveis à incidência de “foco de calor” ou tratado aqui como “foco” que é o registro de calor (queimada/incêndio) detectado na superfície do solo por sensores que operam na faixa do termal a bordo de satélites de observação da Terra.

5 Dentre as Geotecnologias de uso corrente no planejamento e gestão do território destacam-se: o Sistema de Informações Geográficas (SIG/GIS); Produtos de Sensoriamento Remoto a nível aéreo/suborbital e orbital como os satélites de observação da Terra, possuindo sistemas sensores e/ou radar além de outras especificações; Técnicas de Modelagem e Análise Espacial; Cartografia Digital; Sistema de Posicionamento Global (GPS) de navegação e geodésico; Topografia; Vant - Veículo Aéreo não Tripulado; Ground-penetrating Radar (GPR) ou Radar de penetração no solo; dentre outros.

6 Além do ArcMAP 10.7 utilizado neste trabalho, podem ser adotados outros SIGs de acesso livre como: o QGIS, gvSIG, Grass GIS, Spring, uDig, TerraView, SAGA GIS, SOPI, DIVA GIS, OpenJUMP GIS, VSIG ou VisualSIG, Kosmo GIS, entre outros.

7 Em 2019, nove foram os satélites que fizeram parte do programa de queimadas do INPE, sendo: Terra, Aqua, Suomi NPP, NOAA-15, NOAA-18, NOAA-19, Metop-B, GOES-16 e Meteosat-10 MSG-3 (INPE, 2019).

8 É o satélite cujos dados diários de focos detectados são usados para compor a série temporal ao longo dos anos, como é o caso neste trabalho, e assim permitir análises de tendências nos números de focos para mesmas regiões e entre regiões em períodos de interesse (INPE, 2019).

9 O AQUA, Lançado em 05/2002, é um satélite americano, desenvolvido em parceria com o Japão e com o Brasil, operando a 705 km de altitude em órbita heliossíncrona com resolução temporal de 1 a 2 dias e resolução espacial de 250 a 500 metros. Cobre uma área imageada de 2.330 x 5.000 km. Possui 6 instrumentos sensores, sendo o sensor MODIS- *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* que conta com 36 canais/bandas espectrais. As bandas 5 e 7 operam na faixa termal-média de 4 µm calibradas para detecção de focos de calor/queimadas. As outras bandas permitem identificar mudanças no uso e cobertura da terra, atividades vulcânicas, propriedades das nuvens, fluxo de energia radiante, propriedades dos aerossóis, entre outros atributos.

10 Outros exemplos de validação de estados e regiões podem ser consultados no endereço: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/links-adicionais/exemplos-e-validacoes>.

11 O erro máximo na acurácia é de 250 m de uma frente de fogo/incêndio detectada pelos satélites atuais, ou seja, os focos podem estar em um raio máximo de até 1 km das coordenadas indicadas.

12 Segundo o monitoramento realizado no ano de 2016 da Cobertura e Uso da Terra do Brasil (IBGE, 2018) a Pastagem com Manejo são espaços destinados ao pastoreio do gado e outros animais, com vegetação herbácea cultivada (braquiária, azevém, etc.) sendo o uso predominante no que se refere à área antropizada no Brasil com 1.118.893 km<sup>2</sup> seguido da Área Agrícola de 643.769 km<sup>2</sup> caracterizada por lavouras temporárias, semi-perenes e permanentes, irrigadas ou não, com a terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e commodities do agronegócio.

## Referências

BRASIL. **Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm). Acesso em: 10 nov. 2019.

CARDOSO, V. C.; SOUZA, S. A. de; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G. Focos de calor na região Centro-Oeste no período de 2006 até 2012. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 5., 2013, Salvador/BA. **Anais [...]**. Salvador/BA: IBEAS, 2013. p. 1-6.

CHANG, Y.; ZHU, Z.; BU, R.; LI, Y.; HU, Y. Environmental controls on the characteristics of mean number of forest fires and mean forest area burned (1987–2007) in China. **Forest Ecology and Management**, v. 356, p. 13-21, 2015.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres.** 2012. Disponível em: [http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568-e1f00df81ead&groupId=185960](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568-e1f00df81ead&groupId=185960). Acesso em: 04 jan. 2018.

COELHO, A. L. N. Participação popular na gestão pública: indicação de áreas de interesse ambiental no Plano Diretor Municipal. *In: CALDAS, A. S.; BRITO, C.; FONSECA, A. A. M.; PERTILE, N. (orgs.). Gestão do território e desenvolvimento: novos olhares e tendências.* Salvador-BA: JM editora, 2013. v. 1, p. 275-294.

COELHO, A. L. N. Prevenção e mitigação de desastres a partir do mapeamento de fragilidades. *In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D; LOPES, E. S. S.; CAVARSAN, E. A.; VALE, J. M. F.; MAGNONI, M. G. M; TEIXEIRA, T.; FIGUEIREDO, W. S. Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano.* São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p. 112-122.

COELHO, A.L.N.; FERREIRA, A.C.F. Geotecnologias aplicadas em área inundável: o caso de Brejo Grande, Serra-ES. **GeoTextos**, v. 7, n. 1, p. 159-183, jul. 2011.

COELHO, A. L. N.; GOULART, A. C. de O. Cartografia de queimadas e incêndios aplicados à mitigação de desastres e conservação de paisagens. **Revista PerCursos**, Florianópolis,

v. 20, n. 43, p. 66-90, maio/ago. 2019.

COSTA, D. P.; DUVERGER, S. G.; ROCHA, W. de J. S. da F.; BENTO-GONÇALVES, A. Análise multitemporal por processamento digital em nuvens de computadores das áreas com ocorrência de alta severidade de incêndios florestais em Portugal continental. In: ENCONTRO LUSO-AFRO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E AMBIENTE, 2., 2018, Guimarães, Portugal. **Anais [...]**. Guimarães, Portugal, 2018. p. 823-830.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GIACOMIN, G. G. **Ocorrências de incêndios em povoados florestais no norte do Espírito Santo e Sul da Bahia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, da Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Centro nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais (Prevfogo). **Sobre o Prefsogo**. 2019. Disponível em: <http://ibama.gov.br/prefsogo>. Acesso em: 17 dez. 2019.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de ocorrências de incêndios em unidades de conservação federais: 2005-2008**. Brasília: IBAMA: Prefsogo, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). Resolução IBGE nº 1/2005. Altera a caracterização do referencial geodésico brasileiro. **SIRGAS-2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: [ftp://geofp.ibge.gov.br/%2Fmetodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia%2Fnormas%2Fpr\\_01\\_25fev2005.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/%2Fmetodos_e_outros_documentos_de_referencia%2Fnormas%2Fpr_01_25fev2005.pdf). Acesso em: 09 maio 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas interativos do IBGE**: base de dados geográficos. 2017. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04 fev. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2014 – 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IJSN/CGEO. Instituto Jones dos Santos Neves / Coordenação de Geoprocessamento. **Base de dados geográficos**. 2017. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/>. Acesso em: 22 out. 2019.

IJSN/CGEO. Instituto Jones dos Santos Neves / Coordenação de Geoprocessamento. **Uso e cobertura da terra**. 2018. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/>. Acesso em: 12 set. 2019.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Caracterização climática do ES**. 2017. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=carac>. Acesso em: 02 jan. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Portal do Programa Queimadas. **Focos de Queimadas**. 2019. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: 16 out. 2019.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

KAZMIERCZAK, M. L. Sensoriamento remoto para incêndios florestais. In: SAUSEN, T. S.; LACRUZ, M. S. P. (orgs.). **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de textos, 2015. p. 174-211.

KAZMIERCZAK, M. L. Análise da distribuição espacial das queimadas no Brasil no período de 2000 a 2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 15., 2011, Curitiba, PR, Brasil. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7996-8003.

LO, C. P.; YEUNG, A. K.W. Introduction to Geographic Information Systems (GIS). In: LO, C. P.; YEUNG, A. K.W. **Concepts and techniques of geographic information systems**. 2. ed. Hardcover: Pearson, 2007. (Series in Geographic Information Science).

MENEZES, P. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

NUNES, A.; LOURENÇO, L.; BENTO-GONÇALVES, A.; VIEIRA, A. Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incêndio regional e principais factores responsáveis. **Caderno**

**de Geografia**, Coimbra, FLUC, n. 32, p. 133-143, 2013.

PIROLI, E.L. As geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de desastres. *In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D; LOPES, E. S. S.; CAVARSAN, E. A.; VALE, J. M. F. ; MAGNONI, M. G. M; TEIXEIRA, T.; FIGUEIREDO, W. S. Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p. 31-44.

ROSS, J. Paisagem, configuração territorial e espaço total: interação da sociedade com a natureza *In: ROSS, J. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 47-61.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. *Revista Floresta*, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

SEDEC. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Manual de desastres naturais: volume I**. Brasília: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2003. Disponível em: [www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=47a84296-d5c0-474d-a6ca8201e6c253f4&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=47a84296-d5c0-474d-a6ca8201e6c253f4&groupId=10157). Acesso em: 10 dez. 2018.

SLOCUM, T. A.; McMASTER, R. B; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**, 3. ed. Hardcover, 2008. (Series in Geographic Information Science).

TEBALDI, A. L. C. *et al.* **Controle de incêndios florestais: contribuições para o corredor central da Mata Atlântica**. EdicCariacica – ES, 2012. p. 61-67

TEBALDI, A. L. C. *et al.* Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas unidades de conservação estaduais do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, v. 20, n. 4, p. 538-549, out./dez. 2013.

TORRES, F.T.P. *et al.* Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. *Floresta*, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 531-542, out./dez. 2016.

VALLEJO, L. R. Os focos de calor e os incêndios em unidades de conservação brasileiras no ano de 2010. *In: BARBOSA. J. L.; LIMONAD, E. (orgs.). Ordenamento territorial e ambiental*. Niterói/RJ: Editora da UFF, 2012. p. 265-281.



# A GEOTECNOLOGIA NO MONITORAMENTO, ALERTA E PREVENÇÃO DE DESASTRES - OS DESASTRES NATURAIS E TECNOLÓGICOS NO CENÁRIO BRASILEIRO E ESTUDOS DE CASO DO EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS COMO SUBSÍDIO A SUA MITIGAÇÃO

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa<sup>1</sup>

## Desastres e suas classificações

Anteriormente à discussão sobre o emprego de geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de desastres, torna-se necessário esclarecer e compreender as distinções entre os termos “desastre”, “perigo” e “risco”, uma vez que frequentemente são utilizados de forma equivocada e errônea, causando dúvidas e confusões entre a comunidade científica e os tomadores de decisão da esfera pública e privada.

O termo “risco” (*risk*), conforme destacam Kobiyama *et al.* (2006), muitas vezes é tratado como sinônimo para “perigo” (*hazard*) no Brasil, apesar de possuírem distintos significados. **Perigo** se refere a um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa, que pode causar perda de vidas ou ferimentos a pessoas, danos a propriedades, rupturas socioeconômicas ou degradação ambiental. Por outro lado, o termo **risco** é definido como a probabilidade de consequências prejudiciais, ou danos esperados (morte, ferimentos a pessoas, prejuízos econômicos etc.) resultantes da interação entre perigos naturais ou induzidos pela ação humana e as condições de vulnerabilidade (UN-ISDR, 2004). Considerando que o **risco** é um perigo calculável, dois fatores são essenciais em sua formulação: o **perigo** de se ter um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa e a **vulnerabilidade**, ou seja, o grau de suscetibilidade do elemento exposto ao perigo. Isso indica que o impacto do desastre dependerá das características, probabilidade e intensidade do perigo, bem como da vulnerabilidade das condições físicas, sociais, econômicas e ambientais dos elementos expostos (TOMINAGA, 2015a). Adicionalmente, **suscetibilidade** é a componente socioeconômica e demográfica, que captura a predisposição de um grupo populacional de sofrer danos em face de um fenômeno perigoso (BRAGA; OLIVEIRA; GIVISIEZ, 2016).

**Desastre**, por sua vez, é definido como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (CASTRO, 1998). Para Quarantelli (1998), um desastre é um evento concentrado no tempo e no espaço, no qual uma comunidade experimenta severo perigo e destruição de seus serviços essenciais, acompanhado por dispersão humana, perdas materiais e ambientais, que frequentemente excedem a capacidade dessa comunidade em lidar com as consequências do desastre sem assistência externa.

<sup>1</sup> Ecóloga, Geógrafa, MSc. e Dr<sup>a</sup>. em Geociências e Meio Ambiente. Pesquisadora de pós-doutorado em Geociências (UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro). E-mail: claudia.correa@unesp.br.

Os desastres diferem-se entre si quanto a sua intensidade e origem, conforme apontamentos de Castro (1998). Sobre a intensidade, Tominaga (2015b) salienta que sua avaliação em desastres é fundamental, pois facilita o planejamento da resposta e da recuperação da área atingida. Assim, as ações e os recursos necessários para socorro às vítimas dependem da intensidade dos danos e dos prejuízos provocados (TOMINAGA, 2015b) (Quadro 1).

**Quadro 1.** Classificação dos desastres em relação a sua intensidade (adaptado de Castro, 1999; Kobiyama *et al.*, 2006; Tominaga, 2015b).

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte (também chamados de acidentes), onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos (menor que 5% do PIB – Produto Interno Bruto – municipal).	Facilmente superável com os recursos do município.
II	Média intensidade. Os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos (entre 5% a 10% do PIB municipal).	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	Grande intensidade. Danos importantes e prejuízos vultosos, entre 10% a 30% do PIB municipal.	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE).
IV	Muito grande intensidade. Impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos.	Não é superável pelo município sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP).

Sobre a classificação baseada na origem dos desastres, em 2008 o EM-DAT (*The International Disaster Database* – Banco de Dados Internacional de Desastres, vinculado ao CRED - Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres, da Organização Mundial da Saúde) reclassificou os tipos de desastres em seu banco de dados (SCHEUREN *et al.*, 2008). Os desastres foram classificados em dois grandes grupos: naturais e tecnológicos. Os desastres naturais foram divididos em seis sub-grupos: biológicos, geofísicos, climatológicos, hidrológicos, meteorológicos e extraterrestres (meteoritos). Os biológicos referem-se a um desastre causado pela exposição a organismos vivos e suas substâncias tóxicas ou mesmo a doenças transmitidas por vetores, como malária e dengue. Os desastres classificados como geofísicos compreendem aos terremotos e às atividades vulcânicas. Os climatológicos são desastres causados por processos atmosféricos de longo alcance, de escala meso a macro, com variabilidade climática intra-sazonal a multi-decadal, como os incêndios florestais e as estiagens. Os hidrológicos, que englobam escorregamentos, inundações e corridas de massa, caracterizam-se pela ocorrência, movimentação e distribuição de água doce ou salgada superficial e subsuperficial. Os meteorológicos referem-se às condições climáticas e atmosféricas extremas de escala micro e meso, que possuem curta duração (temporalidade de minutos a dias), como tempestades e temperaturas extremas. Os desastres compreendidos como extraterrestres são causados por asteroides, meteoroides e cometas quando passam próximo à Terra, interceptam a atmosfera e/ou a atingem. Podem modificar as condições interplanetárias e afetam a magnetosfera, ionosfera e termosfera terrestre.

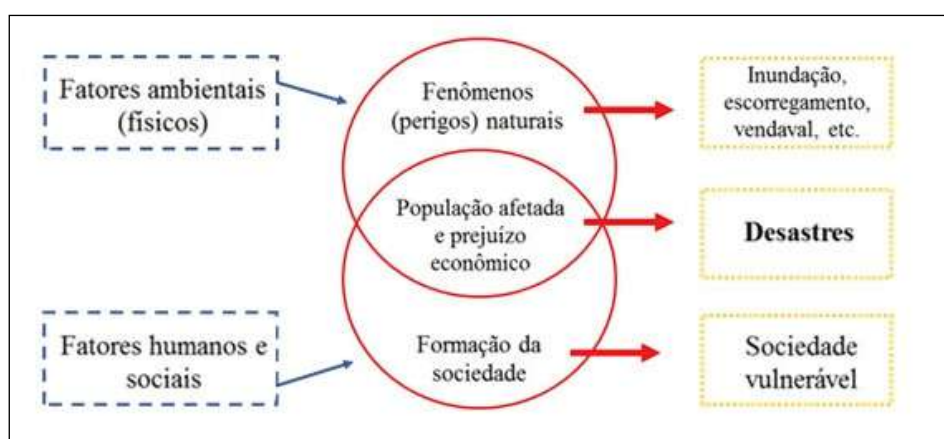
Os desastres tecnológicos são atribuídos em parte ou no todo a uma intenção humana, erro, negligência, ou uma falha de um sistema humano, resultando em danos (ou ferimentos) significativos ou mortes (ZHOURI *et al.*, 2016). Assim, são reconhecidos 3 grupos: os de acidentes industriais (derramamentos químicos, explosões, vazamento de gás, radiação, derramamento de óleo), acidentes de transporte (aéreos, aquáticos e terrestres) e acidentes diversos (incêndios, rompimento de barragens e colapsos).

No âmbito dos desastres naturais, destaca-se que atualmente eles constituem uns dos grandes problemas socioeconômicos mundiais e podem ser provocados por diversos fenômenos, tais como inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. Além da intensidade dos fenômenos naturais e do quadro atual de mudanças climáticas, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais (TOMINAGA, 2015b). Kobiyama *et al.* (2006) salientam que dentre os principais fatores que contribuem para desencadear os desastres nas áreas urbanas, destacam-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar. Nas áreas rurais, a compactação dos solos, o assoreamento dos rios, os desmatamentos e as queimadas são as principais condições para a ocorrência de desastres.

Por definição, os desastres envolvem duas esferas: a social e a ambiental, ou seja, as principais etapas de análise de risco. Diversas disciplinas e ciências podem contribuir para o gerenciamento do risco como a hidrologia, geomorfologia, geologia, sociologia, meteorologia, antropologia, entre outras (GOERL; KOBİYAMA, 2013).

### Os desastres naturais e tecnológicos no cenário brasileiro

Segundo Alcántara-Ayala (2002), as ocorrências dos desastres estão relacionadas às características geoambientais da paisagem e à vulnerabilidade do sistema social sob impacto, isto é, do sistema econômico-social-político-cultural (Figura 1).



**Figura 1.** Fatores envolvidos na ocorrência de desastres. Adaptado de Kobiyama, Goerl e Monteiro (2018).

Tominaga (2015b) aponta que no Brasil, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra, tais como inundações, processos hidrodinâmicos na forma de corridas, escorregamentos, queda de blocos e tempestades. Estes fenômenos ocorrem normalmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, nos períodos chuvosos que correspondem ao verão na região sul e sudeste e ao inverno na região nordeste (TOMINAGA, 2015b).



Nesse contexto, com o aumento populacional das últimas décadas, em sua maioria sem planejamento adequado, o registro de desastres naturais vem aumentando significativamente, principalmente nos países em desenvolvimento (ALCÁNTARA-AYALA, 2002). No cenário nacional, a forma desordenada como as cidades cresceram nos últimos anos é a principal causa da ocorrência de escorregamentos, corridas, inundações (JACOB; SULAIMAN, 2016). Várias cidades no Brasil apresentam condições urbanísticas precárias, na qual vem ocorrendo ocupações em áreas de encostas e margens de rios, tornando-as vulneráveis a eventos de grandes impactos. Wright e Krone (1990) salientam que a ocupação de encostas íngremes e de margens de córregos sem obedecer a critérios técnicos é um fator que aumenta os danos provocados quando desastres naturais são deflagrados.

Ademais, existem discussões na comunidade científica de que o cenário atual de aquecimento global vem contribuindo para o aumento da ocorrência de desastres naturais. Sobre essa afirmação, Marengo (2010) destaca que como um dos resultados das mudanças climáticas provocada pelo homem, a frequência dos eventos climáticos extremos aumentou, tanto em termos de quantidade quanto de intensidade. Tal fato passou a ser observado de modo mais nítido a partir da segunda metade do século 20, e especificamente durante os últimos cinquenta anos no Sudeste da América do Sul (MARENGO, 2010). No Brasil subtropical, Groisman *et al.* (2005) e Marengo *et al.* (2009) identificaram um grande aumento sistemático da precipitação desde os anos de 1950 e, no Sudeste do Brasil, detectaram um aumento na frequência dos eventos pluviiais extremos.

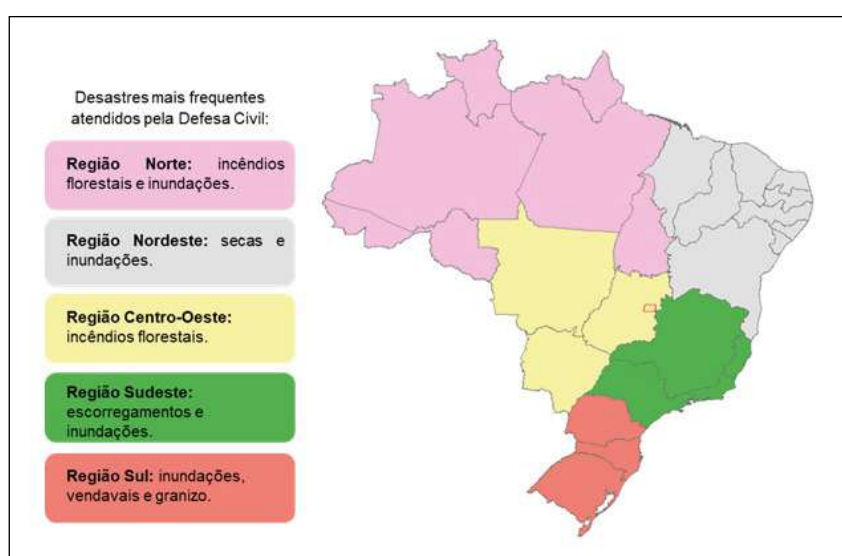
Vários autores afirmam que a consequência direta do aquecimento global é a alteração da dinâmica climática e o incremento de eventos atmosféricos extremos, que podem causar grandes danos socioeconômicos, em virtude dos episódios pluviiais intensos, secas, vendavais, granizo e tornados (EASTERLING *et al.*, 2000; SMITH, 2000; BERZ *et al.*, 2001; HOUGHTON, 2003; MCBEAN, 2004). Debortoli *et al.* (2017) corroboram tal afirmação, apontando que a variabilidade climática também contribuiu para o aumento da severidade dos desastres naturais, como escorregamentos, inundações, corridas e estiagens, devido ao aumento da frequência e intensidade de tempestades e secas.

Assim, entre 1991 e 2012 foram computados quase 39 mil registros de desastres no Brasil, que afetaram, aproximadamente, 127 milhões de pessoas. Portanto, em média, ocorreram 1.772 desastres naturais por ano, considerando o respectivo período, e 5,7 milhões de pessoas foram afetadas de alguma forma pelos fenômenos no país. Em termos de ocorrências extremas, foram verificados 3.448 óbitos nesse período, o que contabiliza cerca de 156 mortes por ano. Em termos econômicos, entre 1995 e 2014, foram estimadas perdas totais de R\$ 182,7 bilhões, o que equivale a perdas anuais de R\$ 9 bilhões, algo como R\$ 800 milhões mensais (BRASIL, 2013).

Os desastres naturais que ocorrem com maior frequência no Brasil são estiagens e secas, inundações, vendavais e granizo (UFSC, 2013a) (Figura 2 e 3), e os municípios mais atingidos localizam-se nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Santa Catarina, Paraná, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Paraíba e Ceará (CARVALHO; GALVÃO, 2006; KOBAYAMA *et al.*, 2006).



**Figura 2.** Desastres naturais mais recorrentes no Brasil entre 1991 a 2012. Adaptado de UFSC (2013a).



Fonte: Brasil (2014).

**Figura 3.** Distribuição por região dos desastres atingidos pela Defesa Civil Nacional.

Entretanto, destaca-se que inundações, escorregamentos e processos hidrodinâmicos na forma de corridas são os eventos que provocam mais impactos na população, considerando o número de pessoas afetadas e de óbitos registrados (BERTONE; MARINHO, 2013).

Em relação aos desastres tecnológicos, considerando o período entre 1900 a 2019, foram registrados no Brasil 151 ocorrências, sendo o mais recente o rompimento da barragem de rejeitos da mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A., no município de Brumadinho (MG), em janeiro de 2019 (EM-DAT, 2019; FREITAS *et al.*, 2019a). De acordo com Freitas *et al.* (2019b), este evento é considerado um dos mais graves desastres com rompimentos de barragens de mineração no mundo desde 1960, no qual foram lançados cerca de 13 milhões de metros cúbicos de lama com rejeitos de mineração. Grandes impactos ambientais foram registrados na região, principalmente sobre o rio Paraopeba, e as perdas humanas superaram 300 óbitos, se considerar que após um mês, além dos 179 óbitos identificados, ainda havia 129 pessoas não localizadas (FREITAS *et al.*, 2019b).

Nesse contexto, outro desastre tecnológico de grande magnitude registrado no Brasil foi o rompimento da barragem do Fundão, operada pela Samarco (Vale/

BHP Billiton), localizada em Mariana (MG), lançando 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração diretamente no meio ambiente (SILVA; CARVALHO; CRUZ, 2018). O fluxo de lama se estendeu por 63 km, até a foz do Rio Doce, no Estado do Espírito Santo, e 36 municípios foram afetados pelo evento (FREITAS *et al.*, 2019a).

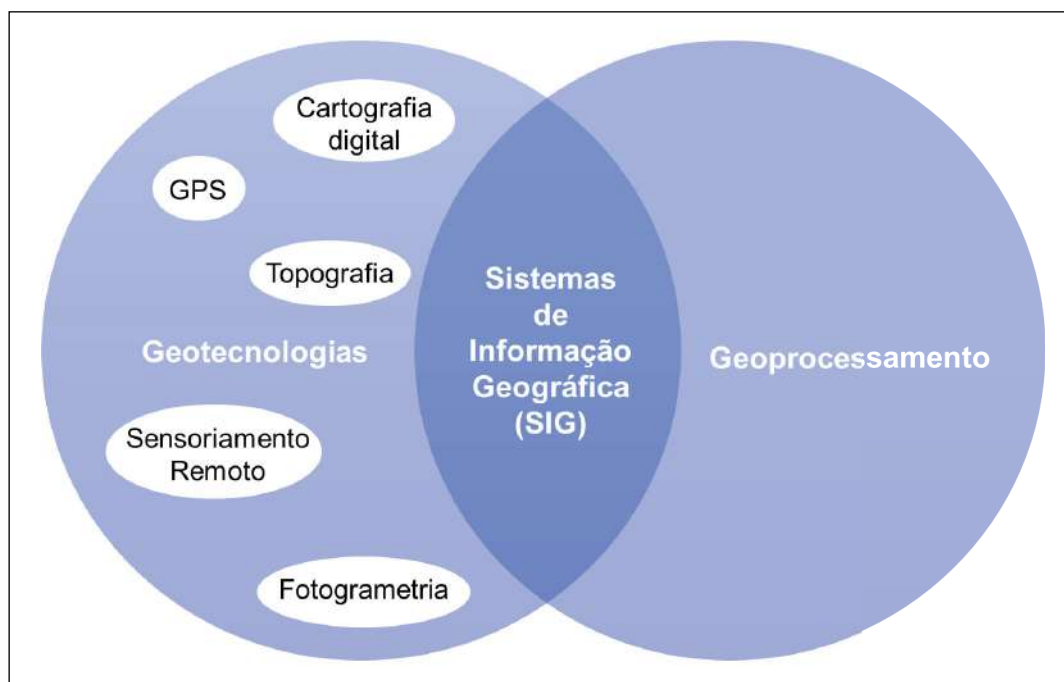
Outro caso de desastre tecnológico relevante no cenário nacional foi a contaminação radioativa por uma fonte de Cs-137 (Césio 137) em Goiânia (GO), em 13 de setembro de 1987. Com a finalidade de vender como sucata os equipamentos deixados pelo Instituto Goiano de Radioterapia, que havia transferido de endereço em 1985, dois catadores de papel violaram uma cápsula de chumbo contendo uma pastilha de sal de cloreto de césio (Cs-137), e no mesmo dia apresentaram vários sintomas relacionados à contaminação radioativa. Dois dias depois, o dono de um ferro-velho comprou a blindagem de chumbo que ainda continha a fonte de Cs137 violada, e, encantado com o brilho azul emitido pelo pó de césio, distribuiu entre familiares e amigos os grãos o tamanho de arroz de cloreto de césio. Cerca de um mês após a abertura da fonte quatro pessoas já haviam falecido, e segundo a Associação de Vítima do Césio 137, até setembro de 2012, 25 anos após o acidente, mais de seis mil pessoas foram atingidas pela radiação, e pelo menos 60 já morreram em decorrência do acidente (OKUNO, 2013).

## O emprego das geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de desastres naturais e tecnológicos

Considerando o cenário nacional frente ao aumento da ocorrência de desastres, várias metodologias e técnicas vêm sendo empregadas no monitoramento, emissão de alertas, prevenção e sua mitigação. Dentre estas, destaca-se a utilização das geotecnologias, representadas principalmente pelos dados oriundos de Sensoriamento Remoto, *softwares* de geoprocessamento, dados de GPS (*Global Positioning System*), da cartografia digital, da fotogrametria e da topografia, que progrediram e evoluíram rapidamente nos últimos anos (Figura 4). Conceitualmente, as geotecnologias podem ser definidas como “as tecnologias envolvidas na aquisição, processamento e manipulação de dados espaciais, possibilitando o armazenamento e apresentação de informações espaciais” (GONZALEZ; COSTA, 2016).

Sensoriamento Remoto se consiste na técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto (MENESES; ALMEIDA, 2012). A respectiva técnica é uma das mais bem-sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoração dos recursos terrestres em escala global, cujo processo para produção de imagens se dá através da utilização da radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais, como o Radar (MOREIRA, 2005). Assim, para Carvalho-Júnior (2018), devido às características de periodicidade de imageamento, visão sinóptica e informações multiespectrais e multiespaciais, as imagens e dados produzidas pelos sensores remotos se caracterizam como ferramentas úteis na observação do alvo e avaliação integrada do ambiente, pois minimizam custos e facilitam o monitoramento da dinâmica e transformação da paisagem. Nesse contexto, nos últimos anos, a disseminação, evolução e utilização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs – também conhecidos como *drones*) também vem se destacando em levantamentos aerofotogramétricos, cuja aplicabilidade na área de desastres tem mostrado grande relevância, pois possibilitam o mapeamento e monitoramento de áreas afetadas, a medição da pluma de contaminação em acidentes ambientais, a inspeção de incêndios florestais e a

definição de áreas de risco à inundação, a rompimentos de barragens e a processos de escorregamento, por exemplo (GRAMANI *et al.*, 2018; SOARES; PAIXÃO; KOBAYAMA, 2019). Segundo Gramani *et al.* (op.cit.), dentre as principais vantagens apresentadas por esta geotecnologia, destacam-se os fatores resolução espacial, resolução temporal e a possibilidade de aplicação de técnicas estereoscópicas, benefícios que permitem substituir as tradicionais aerofotos, que nem sempre são de fácil acesso ou baixo custo.



**Figura 4.** Inter-relações entre Geotecnologias, Sistemas de Informação Geográfica e Geoprocessamento. Adaptado de Geoplicada (2018).

O termo “geoprocessamento” refere-se à área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Relacionando-se entre as geotecnologias e o geoprocessamento estão os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), ferramentas computacionais que permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diferentes origens e ao criar banco de dados georreferenciados (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Campos-Garcia *et al.* (2019) destacam que nos últimos anos vêm ocorrendo um aumento na disponibilidade de *softwares* com tecnologia SIG, e, em alguns casos, estes podem ser encontrados gratuitamente na *Internet*. Com essa evolução, tornou-se cada vez mais viável e fácil realizar análises complexas com informações espaciais e não espaciais e modelar futuros cenários no âmbito dos desastres.

Por meio de algoritmos matemáticos e computacionais, o geoprocessamento possibilita o tratamento de dados e a geração de informações espaciais em diferentes formatos. Assim, sua utilização permite extrair informações ou realizar o tratamento de dados e objetos coletados de sistemas sensores referentes a objetos ou fenômenos que representam qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, viabilizando estudos e análises na temática dos desastres (CÂMARA; MEDEIROS, 1998; MOREIRA, 2005; MARCELINO, 2008). Para Schimith, Faria e Schimith (2007), a combinação do Geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográfica em análises de cunho ambiental, como no caso dos desastres naturais e tecnológicos, permite uma investigação detalhada das relações espaciais pertencentes a um ambiente-alvo, configurando-se em um sistema de apoio à decisão.

Nesse contexto, a popularização do uso do GPS (*Global Positioning System*), em conjunto com os dados oriundos do Sensoriamento Remoto e os *softwares* com tecnologia SIG, constitui-se em um importante triângulo de ferramentas das geotecnologias, que auxiliam de forma decisiva a identificação, monitoramento e o mapeamento de desastres e eventos extremos em todas as partes do mundo (SAUSEN, 2008).

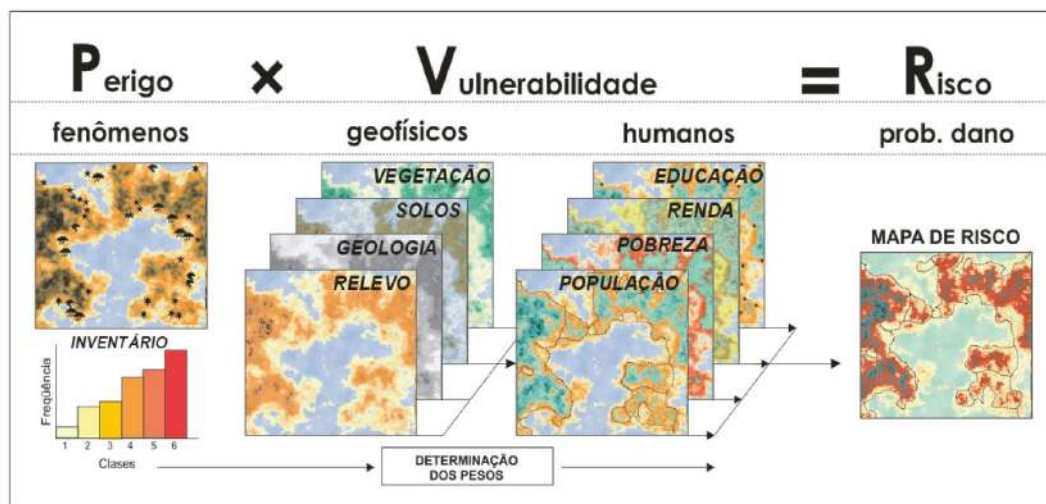
Em síntese, as geotecnologias possibilitam a coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados, viabilizando estudos e análises de desastres ambientais, que devido a sua complexidade, seriam praticamente inviáveis de serem tratados utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais (MARCELINO, 2008). Bonham-Carter (1996) enfatiza que com as ferramentas disponibilizadas pelas geotecnologias produzem-se informações em curto tempo, baixo custo e maior operacionalidade, interpolando dados espaciais multi-fontes, a fim de analisar as interações existentes entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e dar suporte as tomadas de decisões.

Considera-se que um modelo é uma representação simplificada da realidade, que auxilia no entendimento dos processos que a envolvem, e se baseiam em descrição formal de objetos e processos, permitindo realizar simulações. Sobre a simulação de cenários no âmbito de riscos a desastres naturais, destaca-se que a utilização de modelos em estudos geoambientais é cada vez mais frequente, especialmente com o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que auxiliam na compreensão dos mecanismos de modelagem natural da paisagem, sejam por intervenções naturais ou antrópicas, impactos das mudanças no uso e na cobertura da terra, e por previsões sobre alterações futuras nos ecossistemas (REIS; ZAINÉ, 2016).

Marcelino (2008) identificou as possibilidades do emprego das geotecnologias em 4 fases distintas na área de riscos a desastres: **prevenção** e **preparação**, que correspondem ao momento que antecedem o desastre, **resposta**, ação correspondente ao desastre propriamente dito e **reconstrução**, que se refere aos procedimentos empregados depois do evento, com duração de longo a médio prazo.

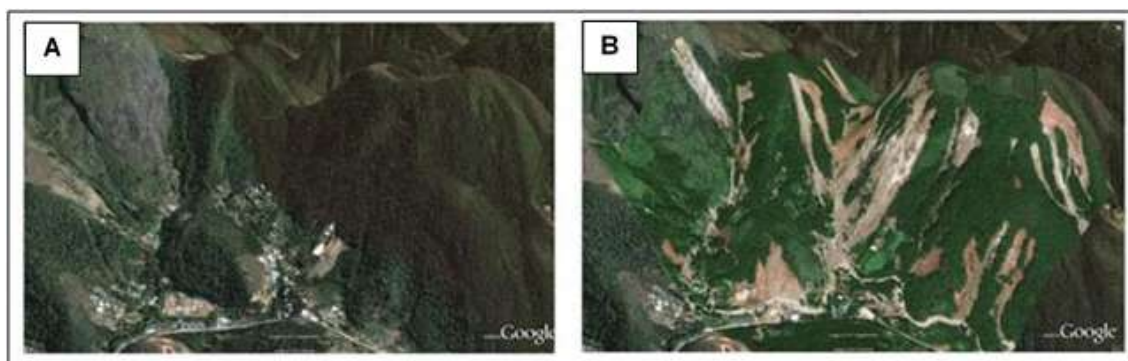
A etapa de **prevenção** concentra basicamente as avaliações de risco, e os dados geoambientais, obtidos com o auxílio de dados de Sensoriamento Remoto e GPS, são transformados em planos de informações no SIG. Assim, dependendo do *software* utilizado, são selecionados modelos matemáticos que serão aplicados na interpolação dos dados, cujos resultados podem ser apresentados através de mapas de perigo, vulnerabilidade e risco (MARCELINO, 2008) (Figura 5).

Na etapa de **preparação**, que consiste no momento prévio ao impacto, as geotecnologias são utilizadas na definição de rotas de evacuação, identificação de abrigos e centros de operações de emergência, criação e gerenciamento de sistemas de alerta e elaboração de modelos meteorológicos e hidrológicos utilizados na previsão. Nesta fase, dados de Sensoriamento Remoto geralmente são empregados para fornecer as informações de base para a caracterização das áreas afetadas, bem como para realizar o monitoramento dos desastres (Figura 6)



Fonte: Marcelino (2008).

**Figura 5.** Distinções dos mapas de perigo, vulnerabilidade e risco produzidos através do emprego de geotecnologias na fase de prevenção a desastres naturais.

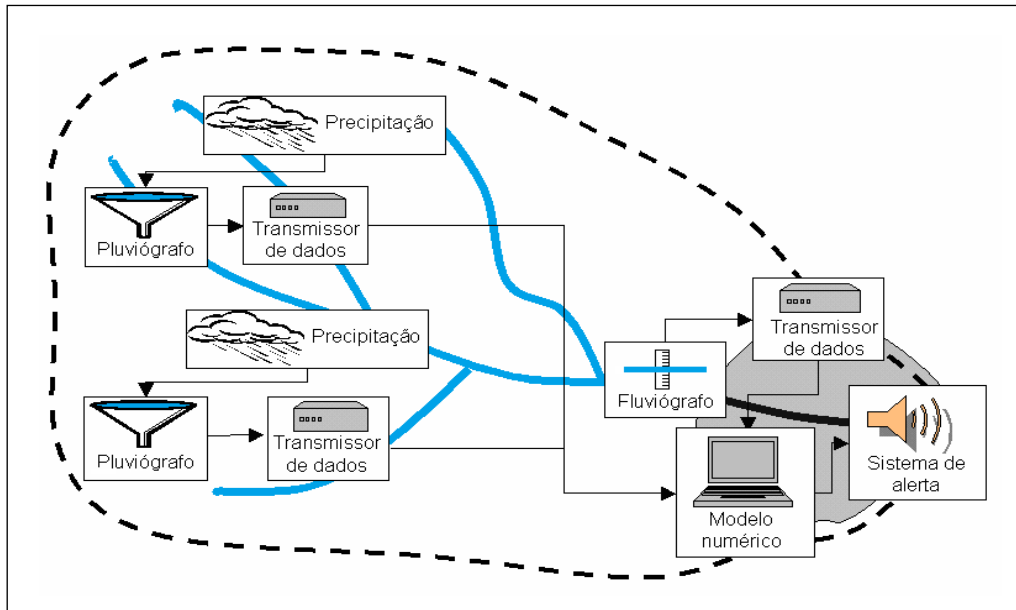


Fonte: Florenzano (2012).

**Figura 6.** Imagens do município de Nova Friburgo (RJ) do satélite GeoEye-1, obtidas antes (A) e depois (B) dos escorregamentos ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011.

Sobre a emissão de alertas, Kobiyama *et al.* (2004) apontam que o sistema a ser implantado é composto por três principais grupos: (1) previsão dos desastres (quando e onde ocorrerá); (2) transmissão das informações sobre a previsão a órgãos públicos e privados; (3) orientação para moradores que possivelmente serão prejudicados. Al-Sabhan, Mulligan e Blackburn (2003) salientam que dentre as ferramentas utilizadas no sistema de emissão de alertas a desastres destaca-se o emprego das geotecnologias, como os dados oriundos de radares meteorológicos e o monitoramento da possível área atingida com sensores remotos a bordo de satélites.

Assim, Kobiyama *et al.* (2004) esquematizaram a implantação de um sistema de alerta em bacias hidrográficas baseados em 4 componentes: (1) monitoramento, (2) transmissão dos dados, (3) modelagem e simulação e (4) orientação para as instituições responsáveis e emissão de alerta para as populações em áreas de risco (Figura 7). Os mesmos autores salientam que os itens 1, 2 e 3 concentram, especialmente, o emprego de geotecnologias em sistemas de alertas a desastres ambientais.



Fonte: Kobiyama *et al.* (2004).

**Figura 7.** Esquema de implantação de um sistema de alerta em bacias hidrográficas.

Para as ações de **resposta**, com um Sistema de Informação Geográfica é possível gerenciar de modo eficiente e rápido as situações mais problemáticas, como as de socorro às populações afetadas pelos desastres. O acesso a um banco de dados associados a um mapa da malha urbana poderá fornecer informações completas sobre serviços essenciais, tais como hospitais, polícia, abrigos e bombeiros. O emprego do GPS também é fundamental, pois auxilia e fornece orientações nas operações de busca e salvamento em áreas que foram devastadas.

Por fim, Marcelino (2008) apontou que na **reconstrução** as geotecnologias são amplamente empregadas na realização do inventário, avaliação dos danos causados pelos desastres e na identificação de áreas seguras para a realocação e reconstrução das comunidades afetadas, cujas informações serão utilizadas novamente nas fases de prevenção e preparação. O autor ainda ressalta que os exemplos supracitados não limitam a utilização das geotecnologias no âmbito dos desastres, já que flexibilidade é uma das vantagens desta técnica.

Partindo desses pressupostos, serão apresentadas a seguir exemplos e estudos de caso de aplicações das geotecnologias no âmbito dos desastres naturais e tecnológicos, especificamente em processos de escorregamentos, inundações, corridas de massa, secas e estiagens e incêndios florestais, identificados como os mais frequentes no cenário brasileiro e que causam mais prejuízos socioeconômicos e perdas de vidas humanas.

### O emprego das geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de escorregamentos (*landslides*)

Os escorregamentos (*landslides*) são processos de movimentos de massa, portanto de ação gravitacional, que envolvem materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação (TOMINAGA, 2015c). São caracterizados especificamente por movimentos rápidos (m/h a m/s), de curta duração, com plano de ruptura bem definido, em que é possível observar a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado (CROZIER, 1986; CRUDEN *et al.*, 1994; FERNANDES; AMARAL, 1996; VANACÔR, 2006).

Os escorregamentos são importantes processos de modelamento do relevo e têm sua ocorrência ligada às encostas. Nas cidades assumem, em geral, proporções catastróficas, uma vez que são feitas diversas modificações na paisagem natural que acabam se relacionando com os fatores naturais, propiciando a deflagração destes processos (FERNANDES; AMARAL, 1996; LARSEN; TORRES-SÁNCHEZ, 1998; LISTO; CARVALHO-VIEIRA, 2012; SAMIA *et al.*, 2017).

A deflagração dos escorregamentos está relacionada especialmente a locais com altas declividades e altos índices pluviométricos, e, portanto, são principalmente registrados nas regiões montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente naquelas onde predominam climas úmidos. No Brasil, país continental de clima tropical e subtropical, os escorregamentos são mais frequentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (PICHLER, 1957; CROZIER, 1986; TOMINAGA, 2015c).

Considerando-se a geometria e a natureza dos materiais instabilizados, os escorregamentos podem ser subdivididos em três tipos: escorregamentos rotacionais ou circulares, escorregamentos translacionais ou planares e escorregamentos em cunha (FERNANDES; AMARAL, 1996; TOMINAGA, 2015c).

Os escorregamentos do tipo rotacional ou circular ocorrem em superfícies de ruptura curvas, na qual o material sofre movimentação côncava para cima. Estão associados a aterros, solos mais espessos e rochas sedimentares (IPT, 1991).

Os escorregamentos classificados como translacionais, ou planares, ocorrem geralmente em solos pouco desenvolvidos, em encostas com elevadas declividades, e estão associados a períodos de pluviosidade intensa ou de longa duração que saturam as camadas de solo, deflagrando a sua desagregação e o seu transporte (AUGUSTO-FILHO, 1994). Fernandes e Amaral (1996) apontam que estes tipos de movimentos são compridos e rasos, onde o plano de ruptura encontra-se, geralmente, em profundidades rasas que variam entre 0,5 e 5,0 metros. Wolle (1988) e Lopes (2006) salientam que escorregamentos translacionais representam a forma mais frequente entre todos os tipos de movimentos de massa, e, no Brasil, são recorrentes na região da Serra do Mar.

Escorregamentos em cunha têm ocorrência mais restrita às regiões que apresentam um relevo fortemente controlado por estruturas geológicas. São associados aos maciços rochosos pouco ou muito alterados, nos quais a existência de duas estruturas planares, desfavoráveis à estabilidade, condiciona o deslocamento de um prisma ao longo do eixo de intersecção destes planos (TOMINAGA, 2015c). Ocorrem principalmente em taludes de corte ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, natural ou antrópico (INFANTI-JÚNIOR; FORNASARI-FILHO, 1998).

Lopes (2006), investigando escorregamentos translacionais na Serra do Mar na região de Cubatão (SP), concluiu que dentre as diversas técnicas de investigação do meio físico, o Sensoriamento Remoto, seja por sensores fotográficos ou a bordo de satélites, possui excelente aplicabilidade para estudos de detecção, mapeamento e monitoramento das ocorrências desses processos. Uma das potencialidades desta ferramenta é viabilizar e otimizar o mapeamento das cicatrizes de escorregamento, caracterizadas como evidências desses processos sob a forma de marcas na paisagem, cujo levantamento é essencial para auxiliar a modelagem física do fenômeno, contribuindo para o seu entendimento e distribuição espaço-temporal (FERNANDES; AMARAL, 1996). Nesse contexto, Lopes (2006) ressalta que as fotos aéreas permitem o mapeamento dos detalhes, como formas e dimensões das cicatrizes de escorregamento, ao passo que as imagens orbitais, com uma visão sinótica da área, permitem detectar apenas as maiores cicatrizes, sem precisão para mapeá-las.

Aliado às técnicas de Sensoriamento Remoto, tem-se utilizado os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como integradores de dados geológicos, geomorfológicos, estruturais, de uso do solo, pedológicos, de declividade etc., com o objetivo de criar mapas de



risco, de susceptibilidade ou vulnerabilidade a escorregamentos (LOPES, 2006). O autor ainda salienta que para realizar a integração dos planos de informação em ambiente SIG, têm-se utilizado regras de cruzamentos com base em operadores espaciais booleanos, ponderado auxílio de AHP (*Analytical Hierarchy Process*), árvores de decisão, *fuzzy* ou *bayseanos*.

Não obstante, Riaz *et al.* (2018) mapearam a susceptibilidade a escorregamentos da porção noroeste do Himalaia, no Paquistão, através do inventário de processos já ocorridos no local por meio da extração de cicatrizes de escorregamento em imagens do satélite *SPOT-5*, do levantamento do uso e ocupação da terra pela classificação não-supervisionada em imagens orbitais do *Landsat* e extração de dados morfométricos do terreno por técnicas de geoprocessamento em imagens do radar *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)*. Para calcular a probabilidade a escorregamentos, os autores utilizaram a ferramenta *Arc-SDM*, uma extensão do Sistema de Informação Geográfica *ArcGIS* desenvolvida pela *USGS (United States Geological Survey - Serviço Geológico dos Estados Unidos da América)* e *GSC (Geological Survey of Canada - Serviço Geológico do Canadá)*. Os resultados produzidos evidenciaram que 79% da área possui baixa susceptibilidade a escorregamentos, 9,26% média susceptibilidade, 5,12% alta susceptibilidade e 6,30% muito alta susceptibilidade. O emprego das geotecnologias para avaliação da probabilidade a escorregamentos pode auxiliar a prever esses processos em áreas estáveis, subsidiando a implantação de sistemas de alertas e o planejamento territorial em áreas de risco (RIAZ *et al.*, 2018).

Nemirovsky, Neves e Fernandes. (2018) apresentaram outra aplicação interessante das geotecnologias como uma ferramenta para avaliar e monitorar processos de escorregamento. Considerando o município de Petrópolis (RJ) como objeto de estudo, que em janeiro de 2011 registrou o maior desastre natural da história do Brasil, os respectivos autores analisaram a distribuição espacial de escorregamentos que ocorreram na região entre 1940 a 2015, utilizando funções estatísticas em ambiente SIG. Para tal, foram adquiridos dados não espaciais com registros históricos dos processos de escorregamento no município, que posteriormente foram especializados no *software QGIS 2.10.1*. através da extensão *MMQGIS*, ferramenta capaz de atribuir coordenadas geográficas a qualquer feição, conferindo-lhe a característica de uma informação geoespacial (MINN, 2019). Ainda em ambiente SIG, com a ferramenta Densidade de Kernel, função estatística que estima a probabilidade de uma variável aleatória a partir de um raio estabelecido em torno das feições da vizinhança, foi realizada a distribuição espacial da densidade dos escorregamentos registrados no período supracitado. Como resultados, os autores observaram que a maior densidade de escorregamentos entre 1940 a 2015 se deu na porção central de Petrópolis, local que concentra a população urbana do município, bem como as construções de casas irregulares, que amplia os impactos causados pelos escorregamentos (NEMIROVSKY; NEVES; FERNANDES, 2018).

Outra possibilidade na análise e avaliação de susceptibilidade a escorregamentos é a combinação de geotecnologias com modelos computacionais de bases físicas, como o *Shalstab (Shallow Landslide Stability Analysis)* e o *Sinmap (Stability INdex MAPPING)*, capazes de realizar previsões de diferentes cenários através de equações físicas, descrevendo os respectivos fenômenos. Nesse contexto, Cabral (2018), com o objetivo de avaliar a suscetibilidade a escorregamentos nas bacias hidrográficas dos rios Mogi e Perequê, no município de Cubatão (SP), aplicou os modelos supracitados em suas análises com o auxílio da caracterização geológica-geotécnica da região. Assim, a partir de produtos de Sensoriamento Remoto (fotografias aéreas, ortofotos) e de técnicas de geoprocessamento (elaboração de Modelo Digital do Terreno – MDT – a partir de curvas de nível previamente mapeadas e interpolação de dados pluviométricos), o autor elaborou o mapa de compartimentação fisiográfica pautado em técnicas fotointerpretativas através do

método de análise geológica de Zaine (2011), que se baseia na delimitação de unidades de compartimentação que apresentam características geomorfológicas e geológicas semelhantes. Os resultados produzidos subsidiaram a etapa de modelagem nos *softwares* *Shalstab* e *Sinmap*, e complementarmente foram extraídas as cicatrizes de escorregamento da área de estudo, com o objetivo de avaliar a performance dos respectivos modelos. Segundo o autor, as áreas mais susceptíveis em Cubatão (SP) estão situadas nas escarpas da Serra do Mar e no contato escarpa/ planície costeira, cujas evidências do processo estão representadas na forma de cicatrizes ao longo das vertentes. Ademais, o modelo *Shalstab* mostrou-se mais eficiente na representação da estabilidade da encosta na região em relação ao *Sinmap*, e o autor ainda destaca que o emprego de produtos de Sensoriamento Remoto e as técnicas de geoprocessamento auxilia o processo de modelagem, fornecendo *inputs* e possibilitando avaliar os resultados produzidos (CABRAL, 2018).

Em síntese, a utilização das geotecnologias torna-se cada vez mais importante no desenvolvimento de diferentes trabalhos voltados para áreas de risco a desastres naturais, especialmente por facilitar e agilizar o processo de elaboração de mapas distintos, agrupando uma gama de informações e possibilitando uma análise mais detalhada dos agentes atuantes no processo (SILVA-PASSOS; GOULART; COELHO, 2018). Assim, vários trabalhos foram publicados nos últimos 20 anos dentro da respectiva temática, a partir de métodos distintos, evidenciando o potencial e a flexibilidade do Sensoriamento Remoto, do Geoprocessamento e de outras ferramentas oriundas das geotecnologias.

### **O emprego das geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de inundações (*floods*)**

Previamente às discussões envolvendo o emprego das geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção das inundações, torna-se necessário conceituá-las corretamente, uma vez são utilizados diversos termos nas literaturas não-científicas e científicas para definir esses processos. Goerl e Kobiyama (2005) apontam que, no Brasil, as nomenclaturas associadas às inundações são: cheia, enchente, enxurrada, inundação gradual, inundação brusca, alagamentos, inundações ribeirinhas, inundações urbanas, enchentes repentinas entre outros. Assim, devido a esta diversidade de termos, há uma divergência e até mesmo confusão quanto à caracterização das inundações, e, portanto, é necessário distinguir corretamente estes fenômenos segundo suas características de ocorrência, de modo que as tomadas de decisões sejam aplicadas de maneira mais eficaz.

Inundação é o processo em que ocorre submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas, como as planícies ou terraços adjacentes. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração na bacia hidrográfica (BRASIL, 2013, p. 58; TOMINAGA, 2015d; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Não obstante, as enchentes ocorrem “quando as águas de um rio se elevam até a altura de suas margens, sem transbordar nas áreas adjacentes” (GOERL; KOBİYAMA, 2005) (Figura 8).



Fonte: Ministério das Cidades/ IPT (2007).

**Figura 8.** Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.

Além de inundação e enchente, existem também os conceitos de alagamento e enxurrada, usualmente empregados em áreas urbanas (TOMINAGA, 2015d). De acordo com o Ministério das Cidades e IPT (2007), alagamento é conceituado como acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem, ao passo que enxurrada é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais (MINISTÉRIO DAS CIDADES/ IPT, 2007, citado por TOMINAGA, 2015d).

Segundo Goerl e Kobiyama (2005), as inundações fazem parte da história da humanidade e, nos últimos anos, o número de ocorrências e o número de pessoas afetadas vêm aumentando significativamente. Considerando o período entre 2001 e 2015, cerca de 1,3 bilhões de pessoas foram afetadas por esse tipo de evento em todo o mundo, no qual 285 mil ficaram feridas e 96 mil óbitos foram registrados, além de prejuízos materiais da ordem de US\$ 400 bilhões. No Brasil, neste mesmo período, 6,8 milhões de pessoas foram afetadas de alguma forma por inundações, com mais de 2.500 óbitos contabilizados e prejuízo aproximado de R\$ 20 bilhões, o que o enquadra como um dos países do mundo mais afetados por inundações e enchentes (TOMINAGA, 2015d; EM-DAT, 2016).

De acordo com Tominaga (2015d), em condições naturais, as planícies e fundos de vales estreitos apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas, e nas áreas urbanas estes fenômenos têm sido intensificados por alterações antrópicas, como a impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água. A partir deste modelo de urbanização, com a ocupação das planícies de inundação e impermeabilizações ao longo das vertentes, o uso do espaço interfere nos processos naturais, e, mesmo em cidades de topografia relativamente plana, onde, teoricamente, a infiltração seria favorecida, os resultados são catastróficos com a deflagração de inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas (TAVARES; SILVA, 2008). Em suma, a ocorrência destes fenômenos está atribuída às alterações antrópicas, principalmente relacionadas como a intensa e desordenada urbanização, a ocupação de áreas de risco e o desmatamento (GOERL; KOBİYAMA, 2005).

Segundo Oliveira *et al.* (2018) diversas técnicas e métodos têm sido empregados no monitoramento, avaliação, alerta e prevenção a eventos hidrológicos extremos. Segundo os mesmos autores, algumas se baseiam na utilização de geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e outras abordagens integram as geotecnologias a dados fluviométricos e Modelos Digitais do Terreno (MDT).

Nesse conjuntura, Lima *et al.* (2019), com o uso de geotecnologias, identificaram e avaliaram áreas susceptíveis aos alagamentos no Bairro do Tirol, no município de Natal (RN) a partir de Modelo Digital do Terreno (MDT), Modelo Digital de Superfície (MDS), dados do arranjo do sistema de drenagens pluviais, de registros históricos de

alagamentos e de precipitações horárias. Inicialmente, o Modelo Digital do Terreno, obtido através da aplicação de técnicas de geoprocessamento em curvas de nível com equidistância de 1 metro foi calibrado com pontos coletados em campo por meio de receptores *Global Navigation Satellite System (GNSS)*.

Com o objetivo de confeccionar um mapa de áreas alagáveis, Lima et al. (op.cit.) vetorizaram os sistemas de arruamento, lotes edificados e canteiros centrais, que receberam valores altimétricos, dados posteriormente somados ao MDT calibrado para a obtenção de um Modelo Digital de Superfície (MDS) simplificado. Para estimar o fluxo superficial, os autores aplicaram técnicas de geoprocessamento por meio da extensão *ArchHydro* do *Arcgis 10.2* no Modelo Digital de Superfície, que possibilitaram a localização de pontos críticos de acúmulo de água no interior das depressões urbanas (RECANATESI et al., 2017).

Assim, baseando-se nos dados históricos de alagamentos e das precipitações horárias, Lima et al. (2019) atribuíram classes de perigo à alagamento nos lotes, sendo que setores mais baixos nas depressões, com influência direta de lâmina d'água com 0,15 m, foram considerados de mais alto perigo, uma vez que são regiões com alagamentos mais recorrentes.

De maneira geral, os autores relataram que as etapas de geoprocessamento empregadas consistiram em procedimentos metodológicos eficazes para identificar e avaliar as situações de alagamentos em meio urbano, em escala de detalhe. O levantamento dos pontos críticos a alagamentos da pesquisa (setor com inúmeros empreendimentos comerciais, hospitais, clínicas médicas e áreas residenciais) pode corroborar no suporte à implementação de planos de gestão de risco a alagamentos, e subsidiar estudos futuros de avaliação do mercado imobiliário sobre a vulnerabilidade dos lotes urbanos aos alagamentos, uma vez que os alagamentos afetam diretamente áreas de importância econômica em Natal (RN), além da exposição de vidas humanas ao risco e possíveis perdas materiais e financeiras (LIMA et al., 2019).

Sob outra perspectiva, Silveira e Guasseli (2019) analisaram a dinâmica das inundações do rio Uruguai no setor de fronteira entre a Argentina e o Brasil, nas proximidades da cidade de Itaqui (RS), localizada na margem esquerda do Rio Uruguai, a partir do emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto em imagens orbitais.

Nesse sentido, inicialmente os autores selecionaram eventos de inundação expressivos registrados no respectivo município e, posteriormente, adquiriram imagens de satélite correspondentes a esses períodos. Com o *software* SPRING, utilizando as bandas 2 e 4 do satélite *Landsat*, foi gerado o índice *NDWI (Normalized Difference Water Index)* com a finalidade de delinear feições na água presentes no ambiente e realçar sua presença nas imagens, o que destaca os alvos mais úmidos enquanto elimina a influência do solo e da vegetação terrestre (SILVEIRA; GUASSELLI, 2019). A partir das imagens de *NDWI* produzidas, os autores realizaram uma classificação por fatiamento, de modo a quantificar as áreas úmidas em cada data analisada. Ademais, a banda 5 do satélite *Landsat* foi utilizada para mapear as áreas de inundação.

Os resultados obtidos pelos autores supracitados evidenciaram que o emprego de imagens orbitais para espacializar eventos de inundações demonstrou ser eficiente, pois o uso da banda 5 do infravermelho próximo e o emprego do índice *NDWI* possibilitou identificar as áreas inundadas, mesmo que o nível da água tenha diminuído devido ao excesso de umidade do solo.

A interação entre as geotecnologias, dados fluviométricos e Modelos Digitais do Terreno (MDT) também é largamente empregada em estudos de monitoramento, previsão e alertas a inundações. Para Momo et al. (2016) e Goerl, Michel e Kobiyama (2017), o emprego de modelos que utilizam o Modelo Digital do Terreno (MDT) para extração e análise de parâmetros hidrológicos possibilita uma delimitação preliminar

das áreas suscetíveis à inundação, sendo o seu uso cada vez mais frequente, visando suprir a falta de dados hidrológicos (ZANANDREA *et al.*, 2018).

Nesse cenário, Zanandrea *et al.* (op.cit.) estimaram a área potencialmente inundada pelo evento de extrema máxima ocorrido em Tubarão (SC) em 1974 a partir do modelo computacional de base física *HAND* (*Height Above the Nearest Drainage*), que a partir de dados do terreno realiza uma estimativa da extensão máxima de uma inundação. Assim, o modelo foi alimentado pelos *inputs* Modelo Digital do Terreno de alta resolução e uma única marca de cheia.

Utilizando-se o Sistema de Informação Geográfica *ArcGIS*, inicialmente o MDT passou por correções, visando remover as depressões e, posteriormente, foram definidas a direção e a área de acumulação de fluxo para cada ponto de grade. Em seguida, o modelo *HAND* foi gerado em ambiente SIG através do cálculo da altura de cada célula em uma rasterização do MDT em relação ao seu ponto de drenagem mais próximo. A rede de drenagem e as direções dos cursos d'água locais são utilizadas para criar a distância até ao mapa de drenagem mais próximo, que representa a topologia normalizada do modelo (RENNÓ *et al.*, 2008; NOBRE *et al.*, 2011; ZANANDREA *et al.*, 2018).

Segundo Zanandrea *et al.* (op.cit.), a comparação com informações coletadas em campo sobre pontos inundados e não inundados demonstrou uma pequena subestimativa da área potencialmente inundada gerada pelo *HAND*. Entretanto, o respectivo modelo pode ser aplicado objetivando uma delimitação preliminar de áreas potencialmente inundadas, viabilizando o mapeamento inicial de áreas com potencial à ocorrência de inundação.

## O emprego das geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de corridas de massa (*flows*)

Corridas de massa, ou simplesmente corridas (*flows*), se referem a processos hidrogeomorfológicos desenvolvidos ao longo dos canais de drenagem, com muitas superfícies de deslocamento, médias a altas velocidades (valores da ordem de 5 a 20 m/s são mais comuns) e altas vazões de pico. O material mobilizado, cujo volume é elevado, é composto por solo, rochas, detritos e água, e o movimento se dá na forma de escoamento, envolvendo fluidos geralmente densos, com alta capacidade erosiva e destruição, além de alta força de impacto (MASSAD; CRUZ; KANJI, 1997; REIS, 2001). Gramani (2001) destaca que as corridas possuem grande raio de alcance, uma vez que o fluxo segue os canais à jusante até perder sua energia, geralmente formando grandes depósitos nas porções inferiores, que correspondem às áreas mais planas da bacia. Por essas características, a ameaça das corridas para as populações é maior do que os escorregamentos, constituindo-se como um fator de risco às populações situadas especialmente nas regiões serranas e no sopé de suas escarpas (CESCA; D'AGOSTINO, 2008; KANG; LEE, 2018).

Considerando as características do material mobilizado, as corridas de massa podem ser classificadas em corridas de terra (*earth flow*), corridas de lama (*mud flow*) e corridas de detritos (*debris flow*). De acordo com Reis (2001), as corridas de terra correspondem ao fluxo de solo com baixa quantidade de água, apresentando baixa velocidade relativa. As corridas de lama, por outro lado, referem-se ao fluxo de solo com alto teor de água, apresentando média velocidade relativa e com alto poder destrutivo e as corridas de detritos são compostas por material predominantemente grosseiro, constituído por blocos de rocha de vários tamanhos, apresentando um maior poder destrutivo (REIS, op.cit.).

A ocorrência das corridas é favorecida por fatores do meio físico, como condições geológicas, geomorfológicas, hidráulicas, climáticas e questões ligadas ao uso e ocupação da terra, que contribuem para a sua deflagração e desenvolvimento

(GRAMANI, 2001). Sakai (2014), pautado em Sauret (1987), aponta os seguintes fatores como principais agentes deflagradores das corridas de massa:

- Abundante fonte de partículas e detritos de solos e/ou rocha inconsolidados;
- Encostas íngremes (geralmente acima de 30°);
- Fonte abundante de água atingindo os materiais suscetíveis a escorregamentos (chuvas, degelo, rompimento de tubulações/ represamentos naturais ou artificiais); e
- Vegetação esparsa.

Entretanto, Fleischman (1978) e Ferreira (2013) salientam que as corridas de massa contribuem significativamente com a evolução dos relevos montanhosos e a modelagem natural do relevo. Portanto, são processos importantes para o desenvolvimento de encostas, principalmente nas regiões montanhosas (SELBY, 1993).

Segundo Polanco (2010), as áreas mais susceptíveis à ocorrência de corridas de massa no Brasil são aquelas situadas no sopé da Serra do Mar, da Serra da Mantiqueira e da Serra Geral, estendendo-se desde a região Sul até a região Norte. A mesma autora destaca que a localização de grandes concentrações urbanas, importantes setores industriais e rodovias nestes locais é um fator agravante do risco, pois estas áreas são as mais susceptíveis aos movimentos gravitacionais como os escorregamentos, cujos materiais mobilizados podem atingir canais de drenagem e deflagrar processos de corridas de massa.

Corrêa (2018), pautando-se em Lars (2004), Di *et al.* (2008) e Nery (2016), destacou que as corridas de massa vêm tornando-se cada vez mais frequentes nos últimos anos. Embora ocorram com menos frequência que os escorregamentos, no Brasil grandes eventos de corridas foram registrados, como em Caraguatatuba (SP) em 1967 e na região serrana do Estado do Rio Janeiro, considerado um dos maiores desastres ambientais no cenário nacional, cujas perdas humanas superaram mais de 900 mortes e 345 desaparecidos (CORRÊA, 2018).

Nesse sentido, para a mensuração, identificação, previsão e monitoramento dos processos de corridas de massa o emprego de geotecnologias e a modelagem se configuram como ferramentas eficientes e de baixo custo, conforme proposições de Conterato (2014) e Gregoretti, Degetto e Boreggio (2016). O advento das geotecnologias, especialmente pautadas no Sensoriamento Remoto (SR) e nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitiu o avanço e a automatização de muitos processos nas Geociências, especialmente no tocante à geração de mapas e no cruzamento e integração de informações espaciais (LAMBERTY; TRENTIN; ROBAINA, 2018).

Assim, Nery (2016), avaliando a dinâmica das corridas de detritos em bacias hidrográficas no Litoral Norte do Estado de São Paulo a partir de parâmetros morfométricos, utilizou fotografias aéreas e ortofotos para mapear cicatrizes de escorregamento, caracterizadas como áreas fonte de material para os respectivos processos, e áreas de depósitos do fluxo a partir de critérios fotointerpretativos. Ademais, também extraiu parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas a partir do Modelo Digital do Terreno em ambiente SIG, por meio de técnicas de geoprocessamento. Por fim, avaliou a potencialidade das bacias a corridas de detritos em função da magnitude do processo, baseado no volume de sedimentos mobilizados. Através do método empregado, baseado essencialmente em ferramentas oriundas das geotecnologias, o autor observou que a bacia do Rio Guaxinduba, situada no município de Caraguatatuba (SP), apresentou maior susceptibilidade à geração de corridas de detritos. Nery (op.cit.) ressalta que a principal vantagem do método utilizado em sua pesquisa se refere ao baixo custo de aplicação, baseando-se essencialmente em um Modelo Digital do Terreno (MDT) com uma boa resolução e o processamento dos dados em ambiente SIG.

Nesse contexto, Muñoz (2009) enfatiza que, com o advento dos SIGs, a aquisição dos atributos do relevo passou a ser um procedimento de acesso mais facilitado, que

viabiliza a classificação e descrição de forma quantitativa das formas da superfície da Terra. Partindo da premissa que os parâmetros geomorfológicos declividade e forma das vertentes são condicionantes importantes das corridas de massa, os resultados de Nery (2016) evidenciam que as geotecnologias permitem a obtenção destes parâmetros de forma automatizada a partir de dados do relevo, como o MDT.

Corrêa (2018), por outro lado, combinou técnicas de Sensoriamento Remoto à modelagem com *softwares* de simulação 3D para avaliar as corridas de detritos deflagradas em 18/03/1967 na Bacia Santo Antônio, em Caraguatatuba (SP). A partir de ortofotos da Emplasa (2011), a autora delimitou unidades geológico-geotécnicas na área, que subsidiaram e alimentaram a etapa de simulação no *software* RAMMS. Como principais resultados, observou-se que as corridas de detritos ocorridas no local em 1967 tiveram uma forte característica fluvial, sendo que grande parte dos materiais mobilizados nos escorregamentos nas escarpas alcançaram bacias de drenagem e as corridas se desenvolveram sobre seus vales, que na região da Serra do Mar são muito encaixados (CORRÊA, op.cit).

A autora também destaca que as modelagens evidenciaram que o raio de alcance desses processos na região se estende até a zona costeira, onde atualmente se encontra a área de expansão urbana do respectivo município.

### **O emprego das geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de secas e estiagens (*droughts*)**

Previamente às discussões envolvendo o emprego de geotecnologias no monitoramento de secas e estiagens, torna-se fundamental apresentar as diferenças existentes entre os dois fenômenos, conforme destacado por Serpa (2018). De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), secas e estiagens são classes de desastres naturais distintas, mas que pertencem ao grupo de desastres climatológicos de subgrupo seca, com código e simbologia diferentes (UFSC, 2013b).

De acordo com o Atlas Nacional de Desastres Naturais (UFSC, 2013a), a estiagem é definida como um período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, onde a perda de umidade do solo é superior a sua reposição. Já a seca pode ser considerada como uma estiagem que se prolonga durante um período suficiente para que a falta da precipitação provoque grave desequilíbrio ecológico (UFSC, 2013a).

Serpa (2018), subsidiando-se em dados do Atlas Nacional de Desastres Naturais (UFSC, 2013a), salienta que a estiagem e a seca foram os desastres naturais mais frequentes no Brasil entre 1991 a 2012 e que são enquadrados como um dos grandes problemas nacionais. Ademais, a região Nordeste é a mais afetada por estas tipologias de desastres, com quase 60% dos registros do fenômeno no Brasil. Entretanto, os estados da Região Sul também são castigados com a escassez de água, totalizando 27% dos registros de ocorrência (UFSC, 2013a).

Segundo Serpa (2018), como a seca e as estiagens se configuram como eventos que afetam áreas extensas, a análise espacial se torna dificultosa, especialmente por meio de sistemas convencionais baseados em medições de campo. Desta forma, torna-se vantajoso o uso do Sensoriamento Remoto, pois oferece uma visão simplificada e repetitiva da superfície terrestre e permite a coleta de dados de forma consistente, sistemática e objetiva, além de se configurar como uma ferramenta que apresenta baixo custo em relação a medições efetuadas em campo (SAUZEN; LACRUZ, 2015; SERPA, op.cit.). Ademais, o emprego do geoprocessamento por meio dos Sistemas de Informação Geográfica em conjunto com técnicas de Sensoriamento Remoto na análise espacial de secas e estiagens permite uma visão conjunta sobre a estrutura espacial da paisagem (SERPA, op.cit.).

A partir dessas premissas, Serpa (2018) avaliou os efeitos das secas dos anos de 2005 e 2009 no setor oeste da região sul brasileira por meio da aplicação do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), desenvolvido por Rouse *et al.* (1974), que permite identificar a presença de vegetação e caracterizar sua distribuição espacial e evolução ao decorrer do tempo (ROSEMBACK; FRANÇA; FLORENZANO, 2005; LOBATO *et al.*, 2010).

O NDVI é calculado em imagens de Sensoriamento Remoto por meio de medições nas bandas do vermelho (R) e do infravermelho próximo (NIR), que são as faixas onde a refletância da vegetação é mais acentuada (ROSA, 2007). Os valores resultantes devem oscilar entre -1 a 1, sendo que:

- valores negativos indicam presença de nuvens e corpos d'água;
- valores positivos próximos de zero correspondem a áreas de solo exposto;
- valores entre 0,1 e 0,5 indicam principalmente vegetação de arbustos e
- os valores superiores a 0,6 indicam presença de vegetação verde e densa (SAUSEN; LACRUZ, 2015).

Para calcular o índice NDVI, Serpa (2018), utilizou as bandas do vermelho e do infravermelho do satélite *Landsat 5* dos anos de 2005 e 2009 (meses de janeiro a dezembro de cada ano). Após o cálculo do índice, de modo a viabilizar a quantificação das áreas classificadas pelo NDVI, a autora optou em reclassificá-las em cinco valores discretos, criando uma tabela de atributos com a quantidade de *pixels* classificados para cada uma das classes pré-determinadas. A quantidade de *pixels* indica a área que cada classe ocupa na imagem, sendo que cada *pixel* representa uma área de 30m x 30m (SERPA, op.cit.).

Com as imagens reclassificadas, em ambiente SIG, os dados da tabela de atributos foram extraídos e exportados, e com o auxílio do programa *Excel*, a autora obteve a área de cada classe e analisou a distribuição da seca entre os anos de 2005 e 2009 do setor oeste da região sul brasileira.

A partir da utilização do índice NDVI em imagens *Landsat 5*, Serpa (2018) obteve como resultados a classificação das áreas em água, solo exposto, vegetação rala, vegetação arbustiva e vegetação densa. Assim, com posse das áreas quantificadas por classe e região, identificou-se que o Estado do Rio Grande do Sul foi o mais afetado pela seca em 2005 e 2009, pois as classes de solo exposto e vegetação rala apresentaram valores maiores que nos estados de Santa Catarina e Paraná (SERPA, op.cit.).

Em suma, a autora salienta que a partir do emprego das geotecnologias, seja por técnicas de Sensoriamento Remoto ou de geoprocessamento, é possível caracterizar as condições ambientais e agrícolas de qualquer área com maior precisão, maior rapidez e menor custo, facilitando o monitoramento destas condições com periodicidade pré-definida (SERPA, 2018).

## **O emprego das geotecnologias no monitoramento, alerta e prevenção de incêndios florestais (*forest fires*)**

Os incêndios florestais são originados por causas naturais ou pela ação antrópica, sobretudo em função da mudança do uso do solo para o aumento de áreas agricultáveis, cultivo florestal ou pecuária, e sua ocorrência facilita o início e a sua propagação em larga escala, cujas consequências provocam inúmeros impactos ambientais (CAMARGO *et al.*, 2019). Dentre os principais impactos, os autores destacam a destruição de bens materiais, morte de plantas, a perda de material lenhoso, da biodiversidade e do solo, a depreciação cênica da paisagem, emissões de CO<sup>2</sup> para a atmosfera e contribuição para o aumento do efeito estufa, quebra de receitas para o turismo e para a economia, a destruição de infraestruturas importantes do espaço urbano e rural e ameaça à saúde



e à vida das populações das áreas atingidas, principalmente pelo comprometimento da qualidade atmosférica local e regional (CAMARGO *et al.*, op.cit.).

A ocorrência de incêndios florestais tem provocado grande preocupação mundial, e entre 2015 e 2018, diversos desastres associados a estes eventos foram registrados pela mídia global, sugerindo uma intensificação de sua frequência e de seus impactos socioambientais e econômicos (MARTINS, 2017; ANDERSON *et al.*, 2019). Especificamente no Brasil, entre janeiro a 29 agosto de 2019, dados do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) revelaram 87.257 pontos de incêndio, o maior já registrado em 9 anos, sendo 51,9% deles em áreas de floresta tropical, especialmente o bioma amazônico (INPE, 2019). Considerando esses dados, existe um consenso na literatura nacional e internacional de que esses eventos vêm ocorrendo com maior frequência no cenário brasileiro (SOARES; SANTOS, 2002; SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006; UFSC, 2013a; ALVES *et al.*, 2019; BRASIL, 2019; CARNEIRO; ALBUQUERQUE, 2019, entre outros).

Devido aos inúmeros impactos que os incêndios em áreas florestais causam na Amazônia, esta temática vem sendo mais estudada a partir do início do século XXI (NEPSTAD *et al.*, 2004; MAEDA *et al.*, 2009; CHEN *et al.*, 2011; COSTA, 2018; ALVES *et al.*, 2019). Cabe ressaltar que a queimada da cobertura vegetal para uso da terra é amplamente utilizada na região como parte de um processo cultural implícito de expansão ocupacional de novas áreas para o desenvolvimento de atividades agropecuárias (corte raso) ou como técnica agrícola utilizada no manejo agropastoril (limpeza da área). Essa ação do fogo nas atividades antrópicas na Amazônia está associada aos períodos de estiagem, ocasionando incêndios florestais (fogo fora de controle em qualquer tipo de vegetação), representando importante fatia dos danos ambientais, econômicos e para a saúde humana (SALES *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva, o levantamento e a quantificação dos incêndios florestais são primordiais para auxiliar na recomposição do meio afetado e a minimização dos impactos gerados, além de subsidiar as etapas de coordenação de combate aos focos (CAMARGO *et al.*, 2019). Para tal, o Sensoriamento Remoto tem se mostrado fundamental nesse processo, na medida em que os dados gerados por meio do uso de satélites correspondem a uma importante fonte de informações sobre os diversos fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, permitindo a obtenção de dados de áreas muito extensas em intervalos de tempo regulares (SOARES; RESENDE; PEREIRA, 2016). Adicionalmente, o emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) em análises desse escopo é um eficiente componente no controle de incêndios, pois fornece respostas imediatas que otimizam os resultados de ações e decisões (MARTINEZ; AGUILERA, 1995).

Frente a esse incremento do número de ocorrências de focos de incêndio no país nos últimos anos, o Inpe desenvolveu, em 1998, o Programa Queimadas, com o objetivo de

monitorar a cobertura da terra e o impacto do fogo com o uso de imagens de satélites, para apoiar as ações de gestão ambiental e controlar o desmatamento, queimadas e incêndios florestais (BRASIL, 2019).

Utilizando imagens de satélites polares e geostacionários de baixa (0,3 a 1 km) e média (10 a 50 m) resolução espacial para detectar e quantificar operacionalmente e em modo automático a superfície queimada no país, o programa gera mapas digitais, comparações temporais e produtos de apoio à gestão e avaliação do impacto do uso do fogo na vegetação (Figura 9).



Fonte: Inpe (2019).

**Figura 9.** Banco de dados de Queimadas/ Projeto Queimadas.

O programa é largamente empregado em todo o Brasil, desde as esferas municipais, estaduais e federais. Com uma interface amigável e de simples compreensão, o usuário pode baixar os dados em formato vetorial e realizar análises espaciais em ambientes SIG, viabilizando o monitoramento e identificando os focos de incêndios.

## Referências

- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p. 107-124, 2002.
- AL-SABHAN, W.; MULLIGAN, M; BLACKBURN, G.A. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WWW. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, p. 9-32, 2003.
- ALVES, R.J.M.; PINHEIRO, D.S.; GONÇALVES, J.P.; MONTEIRO-ALVES, R.J. Análise do monitoramento de focos de calor e propostas para a redução de queimadas e incêndios em áreas protegidas no Estado do Pará. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, jun., 2019.
- ANDERSON, L.O.; MARCHEZINI, V.; MORELLO, T.F.; CUNNINGHAM, C.A. Modelo conceitual de sistema de alerta e de gestão de riscos e desastres associados a incêndios florestais e desafios para políticas públicas no Brasil. **Territorium**, v. 26, n. 1, p. 43-61, 2019.
- AUGUSTO-FILHO, O. **Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP.** 1994. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 1994.
- BERTONE, P.; MARINHO C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: a visão do planejamento. *In: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA*, 6., 2013, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: CONSAD, 2013. p. 1-24.
- BERZ, W.; KRON, G.; LOSTER, T.; RAUCH, E.; SCHIMETSCHKE, J.; SCHMIEDER, J.; SIEBERT, A.; SMOLKA, A.; WIRTZ, A. World map of natural hazards: a global view of the distribution and intensity of significant exposures. **Natural Hazards**, v. 23, p. 443-465, 2001.
- BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS.** Ottawa: Pergamon, 1996. 398 p.
- BRAGA, T.M.; OLIVEIRA, E.L.; GIVISIEZ, G.H.N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática.

**São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 81-95, 2006.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Portaria conjunta n. 148, de 18 de dezembro de 2013. Estabelece o Protocolo de Ação Integrada para os casos de Inundação Gradual entre a Agência Nacional de Águas - ANA, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, representado pela Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED/MCTI, o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, representado pela Secretaria Nacional de Defesa Civil - SEDEC/MI e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 249, p. 58, 24 dez. 2013. Portaria Conjunta n. 148, de 18 de dezembro de 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais**: 2013. Brasília: CENAD, 2014.

BRASIL. **Portal do Sistema Nacional de Informações Florestais**. Serviço Florestal Brasileiro. 2019. Disponível em: [snif.florestal.gov.br](http://snif.florestal.gov.br). Acesso em: 10 jul. 2019.

CABRAL, V.C. **Avaliação dos modelos *Shalstab* e *Sinmap* na análise da suscetibilidade a escorregamentos em Cubatão (SP)**. 2018. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Rio Claro, 2018.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**: tutoriais para cursos. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 1998. 159 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

CAMARGO, L.S.; SILVA, R.W.; AMARAL, S.S.; SILVA, A.P.; FERRELI, T.; SILVA, M.P.D. Mapeamento de áreas susceptíveis a incêndios florestais do município de Petrópolis - RJ. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 42, n. 1, p. p. 630-641, 2019.

CAMPOS-GARCIA, V.; CURI, A.; BORGES-BARBOSA, V.S.; CORREIA-BARBOSA, R. Uso do geoprocessamento na análise dos impactos ambientais causados pelo beneficiamento da Pedra Lagoa Santa no Distrito de Fidalgo, Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 723-734, 2019.

CARNEIRO, K.F.S.; ALBUQUERQUE, E.L.S. Análise multitemporal dos focos de queimadas em Teresina, Estado do Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 31-40, 2019.

CARVALHO, C.S.; GALVÃO, T. (orgs.). **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas**: guia para elaboração de políticas municipais. Brasília: Ministério das Cidades: Cities Alliance, 2006.

CARVALHO-JÚNIOR, O.A. Aplicações e perspectivas do sensoriamento remoto para o mapeamento de áreas inundáveis. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 4 (especial XII SINAGEO), p. 412-431. 2018.

CASTRO, A.L.C. **Glossário de defesa civil**: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.

CESCA, M.; D'AGOSTINO, V. Comparison between Flo-2D and RAMMS in debris flow modelling: a case study in the Dolomites. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MONITORING, SIMULATION, PREVENTION AND REMEDIATION OF DENSE AND DEBRIS FLOW, 2., 2008. **Proceedings [...]**. WITpress Southampton, 2008. p. 197-206.

CHEN, Y.; RANDERSON, J.T.; MORTON, D.C.; DEFRIES, R.S.; COLLATZ, J.G.; KASIBHATLA, P.S.; GIGLIO, L.; JIN, Y.; MARLIER, M.R. Forecasting fire season severity in South America using sea surface temperature anomalies. **Science**, v. 334, p. 786-791, 2011.

CONTERATO, L. **Uso do programa RAMMS na modelagem de corridas de detritos e previsão de áreas atingidas**: estudo do caso de Quitite-Papagaio. 2014. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

- CORRÊA, C.V.S. **Modelagem morfométrica para avaliação da potencialidade de bacias hidrográficas a corridas de detritos**: proposta aplicada em Caraguatatuba (SP) e São Sebastião (SP). 2018. 275 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Rio Claro, 2018.
- COSTA, J.F. **Estudo da dinâmica do fogo na área da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins**: uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. 2018. 102 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFT - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2018.
- CROZIER, M.J. **Landslides**: causes, consequences and environment. London: Croom Helm Pub, 1986.
- CRUDEN, D.M.; KRAUTER, E.; LEFEBURE, G.; TER-SHEPANIYAN, G.I.; ZHANG, Z.Y. Describing landslides in several languages: the multilingual landslide glossary. *In*: DESCRIBING LANDSLIDES IN SEVERAL LANGUAGES: THE MULTILINGUAL LANDSLIDE GLOSSARY; INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 7., 1994, Lisboa. **Proceedings [...]**. Rotterdam; Brookfield, VT, USA: Balkema, 1994.
- DEBORTOLI, N.S.; CAMARINHA, P.I.M.; MARENGO, J.A.; RODRIGUES, R.R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. **Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards**, v. 86, n. 2, p. 557-582, 2017.
- DI, B.F.; CHEN, N.S.; CUI, P.; LI, Z.L.; HE, Y.P.; GAO, Y.C. GIS-based risk analysis of debris flow: an application in Sichuan, southwest China. **International Journal of Sediment Research**, v. 23, p.138–148, 2008.
- EASTERLING, D.R.; MEEHL, G.A.; PARMESAN, C.; CHANGNON, S.A.; KARL, T.R.; MEARN, L.O. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. **Science**, v. 289, p. 2068-2074, 2000.
- EM-DAT. **The International Disaster Database**. 2008. Disponível em: [www.emdat.be](http://www.emdat.be). Acesso em: 02 jul. 2019.
- EM-DAT. **The International Disaster Database**. 2016. Disponível em: [www.emdat.be](http://www.emdat.be). Acesso em: 09 ago 2019.
- EM-DAT. **The International Disaster Database**. 2019. Disponível em: [www.emdat.be](http://www.emdat.be). Acesso em: 15 ago 2019.
- FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológica – geomorfológica. *In*: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123–194.
- FERREIRA, F.S. **Análise da influência das propriedades físicas do solo na deflagração dos escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP)**. 2013. 113 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2013.
- FLEISCHMAN, S.M. **Debris Flow**. Monografia. Lenigrado: Ed. Universidade de Moscou, 1978.
- FLORENZANO, T.G. Geotecnologia aplicada ao estudo de objetos e fenômenos do meio físico. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 4, p. 146–154. 2012.
- FREITAS, C.M.; BARCELLOS, C.; ASMUS, C.I.R.F.; SILVA, M.A.; XAVIER, D.R. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 5, 2019a.
- FREITAS, C.M.; BARCELLOS, C.; HELLER, L.; LUZ, Z.M.P. Desastres em barragens de mineração: lições do passado para reduzir riscos atuais e futuros. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, n. 1, 2019b.
- GEOAPLICADA. **Geoinformática, geoprocessamento e geotecnologias, o que são e quais as diferenças entre eles**. 2018. Disponível em: <https://www.geoaplicada.com/blog/geoinformatica-geoprocessamento-e-geotecnologias/>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO

- DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2005.
- GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Ambiência**, v. 9, n. 1, p. 145-172, 2013.
- GOERL, R.F.; MICHEL, G.P.; KOBAYAMA, M. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, Edição Especial Geotecnologias e Desastres Naturais, n. 69/1, p. 61-69, 2017.
- GONZALEZ, D; COSTA, A. da. Análise da percepção de risco e vulnerabilidade a partir dos alunos do ensino médio na vivência de Nova Friburgo RJ após desastre natural de 2011. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 9, p. 187-211, 2016.
- GRAMANI, M.F. **Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos ("Debris Flows") no Brasil e comparação com alguns casos internacionais**. 2001. 372 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Solos) - Escola Politécnica-EPUSP, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2001.
- GRAMANI, M.F.; CAVALHIERI, C.P.; SOUZA-SILVA, A.P.; MANTOVANI, J.C.; CAROU, C.B. O uso de drone Multirrotor de pequeno porte para diagnóstico e monitoramento de acidentes geológicos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA-COBAMSEG, 19., 2018, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ABMS, 2018.
- GREGORETTI, C.; DEGETTO, M.; BOREGGIO, M. GIS-based cell model for simulating debris flow runout on a fan. **Journal of Hydrology**, v. 534, p. 326-340, 2016.
- GROISMAN, P.Y.; KNIGHT, R.W.; EASTERLING, D.R.; KARL, T.R.; HEGERL, G.C.; RAZUVAEV, V.N. Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate**, v. 18, p. 1326-1350, 2005.
- HOUGHTON, J. **Global warming: the complete briefing**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 251 p.
- INFANTI-JÚNIOR, N.; FORSANARI-FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. *In*: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131-152.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto Queimadas**. 2019. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 29 ago. 2019.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Manual de ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991. 216 p.
- JACOB, P.R.; SULAIMAN, S.N. Governança ambiental urbana em face das mudanças climáticas. **Revista USP**, v. 109, p. 133-142, 2016.
- KANG, S.; LEE, S.R. Debris flow susceptibility assessment based on an empirical approach in the central region of South Korea. **Geomorphology**, v. 308, p. 1-12, 2018.
- KOBAYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S. F.; RUDORFF, F.M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.
- KOBAYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRÖDER, P.H.; GRANDO, A.; REGINATTO, G.M.P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: GEDN, 2004. p. 834-846.
- KOBAYAMA, M.; GOERL, R.F.; MONTEIRO, L.R. Integração das ciências e das tecnologias para redução de desastres naturais: sócio-hidrologia e sócio-tecnologia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. especial, p. 206-231, 2018.
- LAMBERTY, D.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S. Análise automatizada de relevo como subsídio à avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA-SINAGEO, 12., 2018, Crato. **Anais [...]**. Crato: UGB, 2018.
- LARS, H.R. Relationships between accident investigations, risk analysis, and safety management. **Journal of Hazardous Materials**, v. 111, p. 13-19, 2004.
-

- LARSEN, M.C.; TORRES-SANCHEZ, A.J. The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico. **Geomorphology**, v. 24, p. 309- 331, 1998.
- LIMA, C.C.; AMARO, V.E.; ARAÚJO, P.V.N.; SILVA DOS SANTOS, A.L. Identificação e avaliação de zonas de alagamentos urbanos, com o suporte de geotecnologias, na cidade de Natal, Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 2, n. 2, p. 378-394, 2019.
- LISTO, F.L.R.; CARVALHO-VIEIRA, B. Mapping of risk and susceptibility of shallow landslide in the city of São Paulo, Brazil. **Geomorphology**, v. 169, p. 30–44, 2012.
- LOBATO, R.; MENEZES, J.; LIMA, L.A.; SAPIENZA, J.A. Índice de vegetação por diferença normalizada para análise da redução da mata atlântica na região costeira do distrito de Tamoios - Cabo Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais**, v. 01, n. 01, p. 14-22, 2010.
- LOPES, E.S.S. **Modelagem espacial dinâmica em sistema de informação geográfica: uma aplicação ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista**. 2006. 314 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"-UNESP, Rio Claro, 2006.
- MAEDA, E.E.; FORMAGGIO, A.R.; SHIMABUKURO, Y E; ARCOVERDE, G.F.B.; HANSEN, M.C. Predicting forest fire in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and artificial neural networks. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 11, p. 265-272, 2009.
- MARCELINO, E.V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: INPE, 2008. 38 p. (Cadernos Didáticos, n. 1).
- MARENGO, J.A. Históricos do clima e dos extremos climáticos no Brasil. In: MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2010. 76 p.
- MARENGO, J.A.; JONES, R.; ALVES, L.; VALVERDE, M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 2241–2255, 2009.
- MARTINEZ, J.O.; AGUILERA, R. Aplicaciones de tecnologia SIG y GPS para el manejo del fuego. In: PROGNOSIS Y GESTION EN CONTROL DE INCENDIOS FORESTALES, 1995, Santiago do Chile. **Actas...** Santiago do Chile: Proyeto FONDEF FI-13, 1995. p. 95-101.
- MARTINS, M.M. **Fogo: visões, possibilidades e limites do seu uso na agricultura, nas unidades de conservação e nas atividades florestais**. 2017. 110 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal, UFV – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.
- MASSAD, F.; CRUZ, P.T.; KANJI, M.A. Comparison between estimated and measured debris flow discharges and volume of sediments. In: PAN-AMERICAN SYMPOSIUM ON LANDSLIDES, 2.; 1997; Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: 1997.
- MCBEAN, G. Climate change and extreme weather: a basis for action. **Natural Hazards**, v. 31, p. 177–190, 2004.
- MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. de. (Orgs.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB/CNPq, 2012. 276 p.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES / IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. 176 p.
- MINN, M. **Describes use of MMQGIS, a set of Python vector map layer plugins for Quantum GIS**. 2019. Disponível em: <http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>. Acesso em: 19 ago. 2019.
- MOMO, M.R.; PINHEIRO, A.; SEVERO, D.L.; CUARTAS, L.A.; NOBRE, A.D. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta

- resolução espacial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 200-208, 2016.
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 320 p.
- MUÑOZ, V.A. **Análise geomorfométrica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo**. 2009. 112 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, 2009.
- NEMIROVSKY, A.K.S.; NEVES, L.V.; FERNANDES, M.C. Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015. **Revista Continentes (UFRRJ)**, ano 7, n. 13, 2018.
- NEPSTAD, D.C.; LEFEBVRE, P.A.; SILVA, U.L.; TOMASELLA, J.; SCHLESINGER, P.; SOLORZANO, L.; MOUTINHO, P.R.S.; RAY, D.G. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basinwide analysis. **Global Change Biology**, v. 10, p. 704–717, 2004.
- NERY, T.D. **Dinâmica das corridas de detritos no Litoral Norte de São Paulo**. 2016. 164 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2016.
- NOBRE, A.D.; CUARTAS, L.A.; HODNETT, M.; RENNÓ, C.D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M. Height Above the Nearest Drainage - a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology**, v. 404, p. 13-29, 2011.
- OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, 2013.
- OLIVEIRA, G.G.; FLORES, T.; HAETINGER, C.; BRESOLIN JR., N.A.; ECKHARDT, R.R.; QUEVEDO, R.P. Modelagem hidrológica e geotecnologias para análise de suscetibilidade a inundações e enxurradas em locais com baixa disponibilidade de dados altimétricos e hidrológicos. **Revista Geociências (Online)**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 437-453, 2018.
- PICHLER, E. Aspectos geológicos dos escorregamentos de Santos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 6, n. 2, p. 69-77, 1957.
- POLANCO, L.S.E. **Correlações empíricas para fluxo de detritos**. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia- COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.
- QUARANTELLI, E.L. (ed.) **What is a disaster?** Londres: Nova York: Routledge, 1998.
- RECANATESI, F.; PETROSELLI, A.; NICOLINA, M.; LEONE, A. Assessment of stormwater runoff management practices and BMPs under soil sealing: a study case in a peri-urban watershed of the metropolitan area of Rome (Italy). **Journal of Environmental Management**, v. 201, p. 6-18, 2017.
- REIS, F.A.G.V. **Curso de geologia ambiental via Internet**. 2001. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/index.html>. Acesso em: 17 ago. 2019.
- REIS, F.A.G.V.; ZAINÉ, J.E. (Coords.). **Alertas meteorológicos para avaliação de risco geológico e geotécnico nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil / Alertas meteorológicos associados a risco de origem geológico e geotécnico**. Processo Fundunesp: 2.351/2014-CCP – Termo de Cooperação PETROBRAS 0050.0097435.15.9. Relatório 2. Rio Claro: UNESP; PETROBRAS, 2016.
- RENNÓ, C.D.; NOBRE, A.D.; CUARTAS, L.A.; SOARES, J.V.; HODNETT, M.G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M.J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469–3481, 2008.
- RIAZ, M.T.; BASHARAT, M.; HAMEED, N.; SHAFIQUE, M.; LUO, J. A data-driven approach to landslide-susceptibility mapping in mountainous terrain: case study from the Northwest Himalayas, Pakistan. **Natural Hazards Review**, v. 19, n. 4, 2018.

- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6. ed. Uberlândia: Edufu, 2007. 248 p.
- ROSEMBACK, R.; FRANÇA, A.A.S; FLORENZANO, T.G. Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS e TM/ Landsat 5 em uma área urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1075-1082.
- ROUSE, J.W.J.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A., DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: ERTS SYMPOSIUM, 3., 1974, Washington. **Proceedings [...]**. Washington: NASA, 1974. p. 309–317.
- SAKAI, R.O. **Estudo do impacto de Debris flows**: caso da Bacia do Rio Santo Antônio em Caraguatatuba (Brasil). 2014. 236 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2014.
- SALES, G.M.; PEREIRA, J.L.G.; THALÊS, M.C.; POCCARD-CHAPUISI, R.; ALMEIDA, A.S. Emprego dos focos de calor na avaliação das áreas queimadas e em incêndios florestais em Paragominas, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 14, n. 1, p. 55-77, 2019.
- SAMIA, J.; TEMME, A.; BREGT, A.; WALLINGA, J.; GUZZETTI, F.; ARDIZZONE, F.; ROSSI, M. Characterization and quantification of path dependency in landslide susceptibility. **Geomorphology**, v. 292, p. 16–24, 2017.
- SANTOS, J.F.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.
- SAURET, B. **Coulées de débris canalisées - Compte rendu bibliographique**. 150/151. [S.l.]: Bull. Liaison Laboratoires Ponts et Chaussées, 1987. p. 65-77.
- SAUSEN, T.M. **Desastres naturais e geotecnologias**: sensoriamento remoto. Santa Maria: INPE – 15327-PUD/199, 2008.
- SAUSEN, T.M.; LACRUZ, M.S.P. (orgs.). **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- SCHEUREN, J-M.; WAROUX, O.P.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disaster Statistical Review**: the Numbers and Trends 2007. Brussels: Center for Research on the Epidemiology of Disasters, 2008. 47 p.
- SCHIMITH, R.S.; FARIA, A.L.L.; SCHIMITH, D.S.B. Uso do geoprocessamento na análise ambiental da APA Carste de Lagoa Santa – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., 2007, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: UFOP, 2007. p. 263-270.
- SELBY, M.J. **Hillslope**: materials and process. Oxford: Oxford University Press, 1993. 451 p.
- SERPA, M.S. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Ndivi) para avaliação das secas no oeste da região sul do Brasil em 2005 e 2009**. 2018. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade do Sul de Santa Catarina-UNISUL, Santa Catarina, 2018.
- SILVA, G.F.; CARVALHO, M.V.A.; CRUZ, C.B.M. Análise espaço-temporal do desastre ambiental em Mariana-MG a partir das geotecnologias. **Revista Continentes (UFRRJ)**, ano 7, n. 13, p. 49-67, 2018.
- SILVA-PASSOS, M.R.; GOULART, A.C.O.; COELHO, A.L.N. BDGeo Desastres – ES: protótipo para cadastro e distribuição compartilhada via Web. **Revista Guará**, ano 6, n. 10, p. 50-59, 2018.
- SILVEIRA, G.V.; GUASSELLI, L.A. Mapeamento das inundações a partir de NDWI no município de Itaqui, Rio Urugual - RS. **Revista Geociências (Online)**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 521–534, 2019.
- SOARES, R.V.; SANTOS, J.F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 219-232, 2002.
- SOARES, T.B.O.; RESENDE, F.C.; PEREIRA, G. Distribuição espacial dos focos de calor em Unidades de Conservação de Minas Gerais no Período de 2007 a 2012. **UD y la Geomática**, v. 11, p. 39-45, 2016.



- SOARES, L.; PAIXÃO, M.A.; KOBIYAMA, M. **Bibliografia de trabalhos que utilizam VANT no Brasil no período de 2007 – 2018**. Porto Alegre: Grupo de Pesquisas de Desastres Naturais – GPDEN/ Instituto de Pesquisas Hidráulicas –IPH/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul–UFRGS, 2019. 10 p. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/gpdn/wordpress/wp-content/uploads/2019/02/Bibliografia-VANT.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.
- SMITH, K. **Environmental hazards: assessing risk**. Florence, USA: Routledge, 2000. 352 p.
- TAVARES, A.C.; SILVA, A.C.F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, n. 1, 2008.
- TOMINAGA, L.K. Análise e mapeamento de risco. *In*: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015a. p. 147-160.
- TOMINAGA, L.K. Desastres naturais: por que ocorrem? *In*: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015b. p. 39-52.
- TOMINAGA, L.K. Escorregamentos. *In*: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015c. p. 25-38.
- TOMINAGA, L.K. Inundações. *In*: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015d. p. 25-38.
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013a. 126 p. Volume Brasil.
- UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013b. 94 p. Volume Santa Catarina.
- UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. Genebra: Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). 2004. 152 p. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>. Acesso em: 22. jul. 2019.
- VANACÔR, R.N. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2006. 136 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre, 2006.
- WOLLE, C.M. **Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encosta**. 1988. 406 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 1988.
- WRIGHT, V.G.; KRONE, R.B. Erosion processes in upland areas. *In*: FRENCH, R.H. (ed.). **Hydraulics/Hidrology of Arid Lands (H2AL)**. 1990. p. 142-147.
- ZAINE, J.E. **Método de Fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG**. 2011. Tese (Livre docência em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”-UNESP, Rio Claro, 2011.
- ZANANDREA, F.; VANELLI, F.M.; ARAÚJO-TAVARES, T.G.; GOLDENFUM, J.A. Delimitação da área potencialmente inundada pela cheia histórica de 1974 em Tubarão, SC. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 1., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2018.
- ZHOURI, A.; VALENCIO, N.; OLIVEIRA, R.; ZUCARELLI, M.; LASCHEFSKI, K.; SANTOS, A.F.M. O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 2, p. 36-40, 2016.

# MAPEAMENTO E ANÁLISE DE ÁREAS DEGRADADAS NO SEMIÁRIDO ALAGOANO POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Luiz Eduardo dos Santos Costa<sup>1</sup>

Leandro Rodrigo Macedo da Silva<sup>2</sup>

Humberto Alves Barbosa<sup>3</sup>

Tatiana Vanessa dos Santos<sup>4</sup>

Edson Matias dos Santos<sup>5</sup>

Anselmo Manoel dos Santos<sup>6</sup>

## 1 Introdução

Nos últimos anos o sensoriamento remoto tem assumido grande importância no monitoramento de diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, oferecendo suporte nas previsões de tempo e melhor entendimento das mudanças climáticas, além de auxiliar no planejamento agroecológico (BEZERRA; SILVA; BEZERRA, 2011). Técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas em estudos temporais de análise das mudanças do uso e cobertura do solo (GÓMEZ; WHITE; WULDER, 2011), como consequência tem se tornado uma ferramenta poderosa para a obtenção de informações necessárias ao manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais (CUNHA et al., 2012). Atualmente, existem diversos sensores remotos com resoluções espaciais, temporais e espectrais diferentes, que vêm sendo utilizados para compreensão desses processos (AMIRI et al., 2009; CARREIRAS et al., 2006). Nessas aplicações o principal interesse é compreender as mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo. Diante da necessidade do monitoramento regional e/ou global para uma melhor compreensão do seu papel nas atuais mudanças climáticas, novos sensores têm sido propostos, desenvolvidos e lançados para se obter dados com uma melhor qualidade temporal, espacial, espectral e radiométrica (NASA, 2018).

A remoção parcial ou total da vegetação em áreas da Caatinga resulta na redução do estoque da produção de biomassa vegetal e na diminuição da cobertura dos solos do semiárido, fatores esses que junto com as características predominantes de solos rasos e pobres em nutrientes orgânicos, podem levar ao aumento na degradação do bioma (COSTA et al., 2009). De acordo com Santana (2004), a Caatinga é o único bioma tipicamente brasileiro, abrangendo uma área aproximada de 800 mil km<sup>2</sup>, incluindo todos os estados nordestinos, além do norte do estado de Minas Gerais.

Os estudos na região Nordeste do país e principalmente nesse ecossistema são imprescindíveis, pois esse bioma é um dos mais ameaçados devido ao uso inadequado e insustentável dos recursos naturais. A Caatinga é um dos biomas mais alterados pelas atividades antrópicas nos últimos séculos (ALMEIDA; FRANÇA; CUELLAR, 2009).

1 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: eduboard1@hotmail.com.

2 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: macedo.leandror@gmail.com.

3 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: barbosa33@gmail.com.

4 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: tatinessasantos@gmail.com.

5 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: edsonmtss@gmail.com.

6 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: anselmo.icat.ufal@gmail.com.

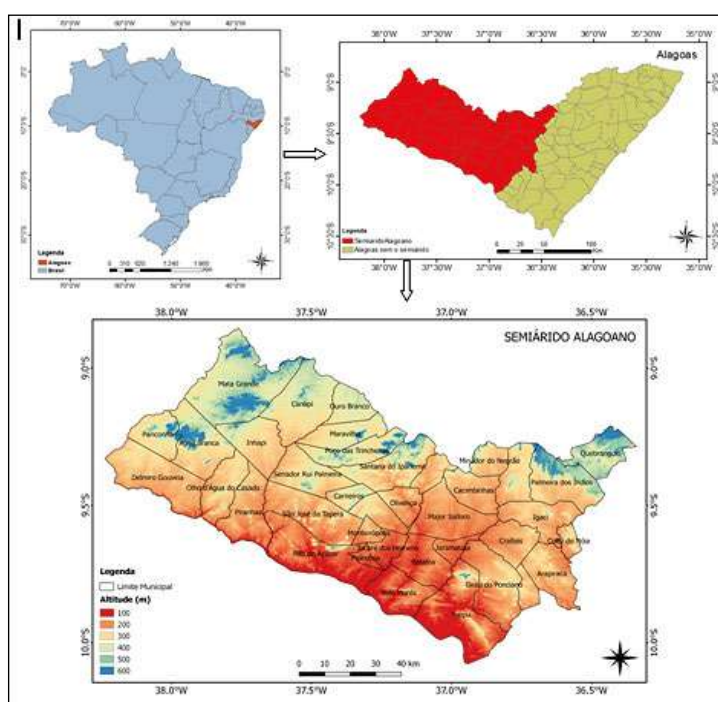
Mesmo com os avanços das geotecnologias, o ainda Brasil é muito carente de informações oficiais atualizadas e existem poucos trabalhos sobre análise ambiental da Caatinga, e não há dados suficientes sobre as áreas degradadas, principalmente na região Nordeste. E além do processo de degradação ambiental no semiárido Alagoano ser contínuo, em virtude dos processos naturais, que se deve ao fato dessa região sofrer um intenso processo de estiagem, também existem uma grande contribuição do homem, fazendo com que já existam grandes áreas em estágio de desertificação.

A importância de contribuir para um levantamento mais atualizado do estágio de degradação ambiental, nas áreas suscetíveis à desertificação no semiárido alagoano é relevante para o estado, de modo que as disponibilizações das informações produzidas sirvam como incentivo para gerar melhorias socioambientais e trabalhos de restauração de áreas degradadas, oferecendo a população uma melhor qualidade de vida. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi mapear e analisar áreas degradadas no semiárido alagoano, durante o período de 2006 a 2016, para delimitar as áreas suscetíveis a desertificação por meio da técnica de sensoriamento remoto.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

O Semiárido Alagoano está localizado a Oeste do estado de Alagoas, no Nordeste Brasileiro, entre as Latitudes  $-8^{\circ}48'43''$  a  $-10^{\circ}29'58''$  e Longitudes  $-38^{\circ}14'14''$  a  $-36^{\circ}20'08''$  conforme figura, atualmente dividido geopoliticamente em 38 municípios incluídos no polígono das secas e correspondendo a 45,28% do território Alagoano, tendo como sua composição as mesorregiões alagoanas: Sertão, Sertão do São Francisco, e Agreste. Faz limite ao norte e a oeste com Pernambuco, ao sul com Sergipe e Bahia, apresenta uma extensão territorial de 12.579,3 km<sup>2</sup>, uma população de 951.427 de habitantes que representa aproximadamente 4% da população total do semiárido Brasileiro (INSA, 2014; IBGE, 2015; ASA, 2017).



Fonte: Autor.

**Figura 1.** Localização do Semiárido Alagoano no espaço geográfico brasileiro.

O clima que predomina no Semiárido Alagoano, é o Semiárido BSh, com a presença de manchas de clima Subúmido seco Cfh e Árido B segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica variando entre 400 a 900 mm ao ano e temperaturas variando entre 17 °C a 33 °C (SEMARH, 2014; BARROS et al., 2012; SEPLANDE, 2014)

De acordo com Alves (2008) e Cordeiro e Oliveira (2010) a vegetação que predomina no semiárido Alagoano é do tipo Caatinga Hiperxerófila e Caatinga Hipoxerófila, sendo a Caatinga Hiperxerófila, caracterizada por vegetação arbustiva e pouco densa com forte intensidade de cactáceas e bromeliáceas e Caatinga Hipoxerófila caracterizadas pelo extrato arbustivo-arbóreo, com a maior parte das espécies caducifólias e espinhentas com presença de espécies da mata úmida.

As principais bacias hidrográficas do Semiárido Alagoano são as bacias do Ipanema, Capiá, Talhada, Traipu, Riacho Grande, Piauí, além da Bacia do São Francisco de regime de vazão perene (SEMARH, 2014).

## 2.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)

Os dados de IVDN utilizados neste trabalho foram adquiridos no formato GeoTIFF, com projeção geográfica Datum WGS-84, resolução espacial de 250 metros e resolução temporal a cada 16 dias, para o período de 2006 a 2016, totalizando em 260 imagens. A aquisição dos dados teve como fonte o banco de dados MODIS da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), conforme divulgação das imagens pelo Land Processes Distributed Active Center (LP-DAAC), fornecidos aos usuários produtos em recortes estaduais, disponíveis a partir do ano 2000, no site: <https://www.modis.cnpia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home>

A EMBRAPA ao disponibilizar essas imagens facilita o trabalho do usuário, de modo que o mesmo não precisa pegar o dado bruto, processar e gerar o GeoTIFF.

## 2.3 Precipitação pluviométrica

Os dados de Precipitação pluviométrica utilizados foram obtidos do projeto Climate Hazard InfraRed Precipitation Satellite (CHIRPS). Os mesmos são formados por um conjunto de dados pluviométricos mensais, com a cobertura de 50°S -50°N (e todas as longitudes), adquiridas no formato GeoTIFF, com resolução espacial de aproximadamente 5km e temporal de 30 dias, totalizando em 132 imagens. Os dados CHIRPS estão disponíveis em: <<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>>.

## 2.4 Dados de uso e cobertura do solo

O dado de uso e cobertura do solo é um mapa da cobertura terrestre em escala global consistente, com resolução espacial de 300 m, resolução temporal anual (ano de referência 2015, pois é o dado mais recente), sistema de coordenadas geográficas baseado no World Geodetic System 84 (WGS-84), elipsóide de referência, disponibilizados pelo projeto Climate Change Initiative Land Cover (CCI-LC) no site: <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>.

## 2.5 Software estatístico “R”

O “R” é um software de ambiente livre para computação estatística e gráfica, ele compila e roda em uma ampla variedade de plataformas. O “R” pode ser adquirido de forma gratuita através do site: <https://www.r-project.org/>

Foi utilizada a versão (3.14) do “R” para fazer o processamento, empilhamentos (das médias mensais e anuais), ou seja, o empilhamento consiste em uma técnica de

sobreposição de imagens georeferenciadas, onde as ferramentas de processamento podem capturar os valores dos pixels de várias imagens na mesma posição x, y da matriz, e com esses valores a ferramenta faz o somatório dos pixels das imagens e realiza uma média aritmética, gerando uma nova imagem. E em seguida foi feito os recortes das imagens dos produtos de IVDN, precipitação e uso e cobertura do solo para área de estudo. A Figura 2 mostra a interface do RStudio.

```

49 date1 <-paste(c(mon1, yr1), collapse = "/"); date2 <-paste(c(mon2, yr2), collapse = /
50 #
51 # BLOCK 5. DETECTION OF DRY MONTHS BASED ON SPI < -1 FOR THE WHOLE PERIOD
52 #
53 T <- stack()
54 a <-length(L)
55
56 for(i in 1:a){
57   filename <-L[i]
58   r <- raster(filename)
59   T <- stack(T , r)}
60 v <-as.data.frame(rasterToPoints(T))
61 b <-dim(v)[1]
62 M <-create.matrix(nrow=b, ncol=4)
63 library(stats)
64 DS <-as.vector(sapply(c("DS"), function(x) sprintf("%s%01d",x,1:dim(T)[3])))
65 for(j in 1:b){
66   u <-as.vector(t(v[j,-c(1:2)]))
67   M[j,1] <-v[j,1]
68   M[j,2] <-v[j,2]
69   v <-ifelse(u < -1, -1, 1) # threshold for detection (if lesser -1, then -1
70   if (length(which(v==1))==0) {M[j,3] <-paste(0); M[j,4] <-paste(0);next}
71   check <-sum(is.na(v))

```

Fonte: Autor.

**Figura 2.** Interface gráfica do software RStudio.

Os mapas anuais foram gerados através de dados mensais para os anos de referência (2006 a 2016) e as interanuais a partir dos anos de referências. No geral para cada ano de referência, foram utilizadas 12 imagens referentes aos meses do ano e as interanuais 11 imagens dos anos de referências. Esse cálculo pode ser explicado pela Equação 1:

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \sum_{ij=1}^n X_{ij} \quad (1)$$

Onde:

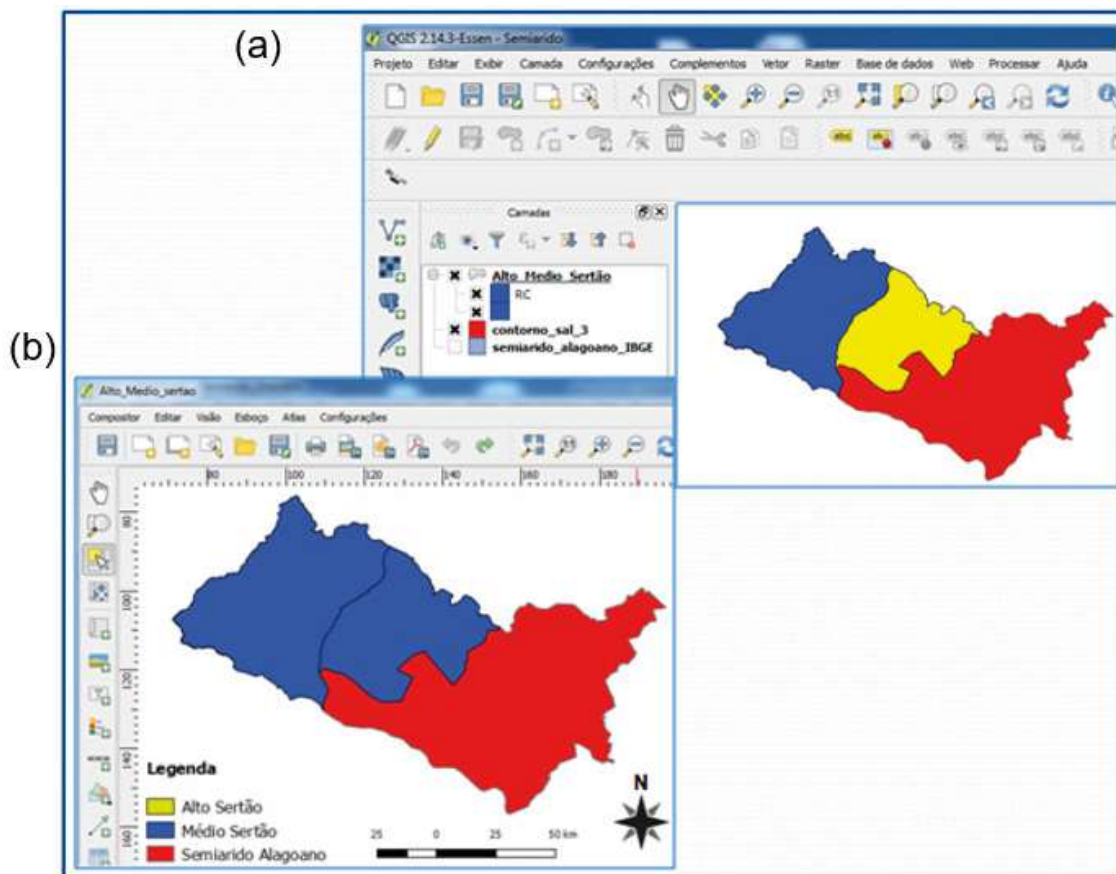
n = número de meses ou anos.

X = mês ou ano de referência.

$\bar{X}$  = Médias mensais anuais ou interanual.

## 2.6 Software Qgis

A elaboração dos mapas temáticos foi feita por meio do compositor do software livre Quantum gis (Qgis). O (QGIS) é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU e nesta ferramenta foi possível gerar alguns shapes e elaborar toda parte de layout. As Figuras 3 (a) e 3 (b) mostram a tela principal e o compositor do Qgis. Esse software pode ser adquirido de forma gratuita através do site [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/download.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html).

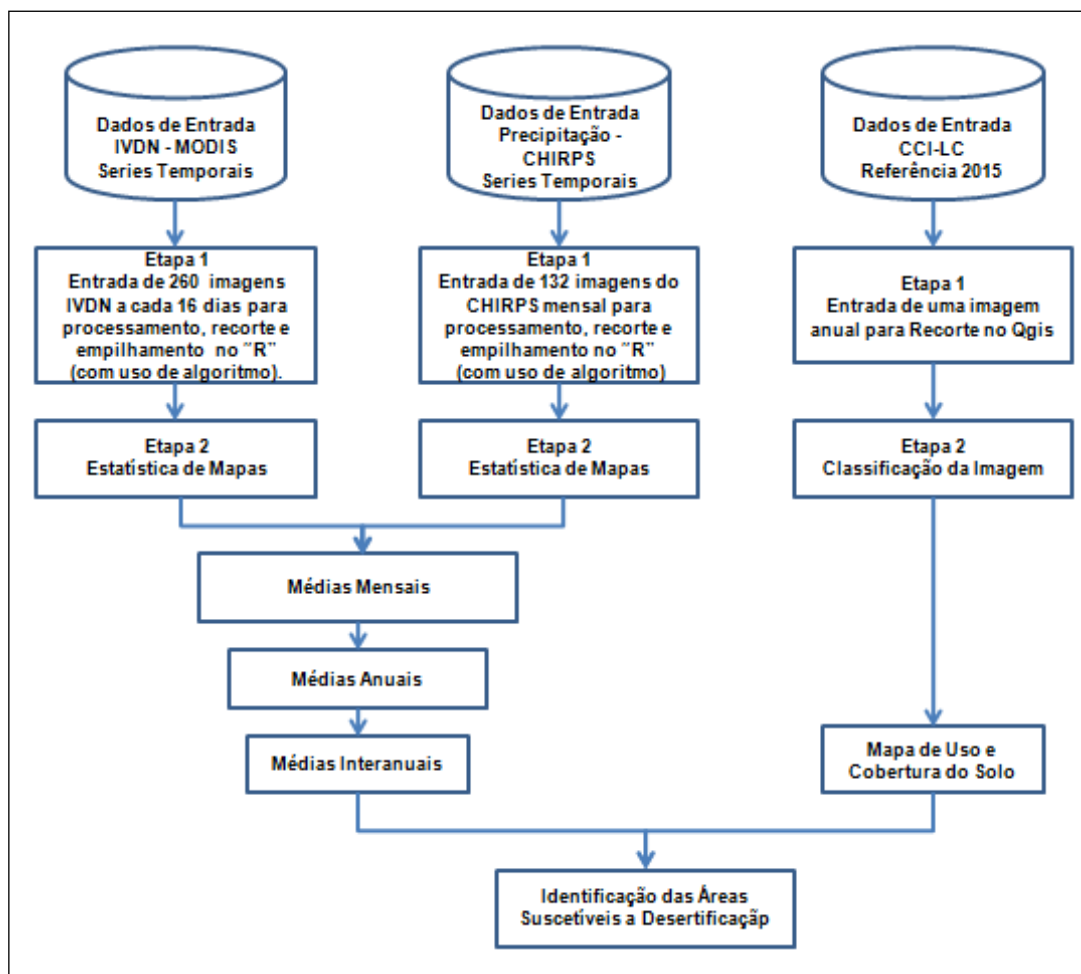


Fonte: Autor.

**Figura 3.** Tela principal (a) e compositor (b) do Qgis.

## 2.7 Procedimentos metodológicos

Essa metodologia propôs realizar o mapeamento e análise de áreas degradadas suscetíveis a desertificação no semiárido alagoano, a partir de classificação de imagens de satélite no período de 11 anos. Para tal classificação, foi organizado um banco de dados dos produtos utilizados, para o período de 2006 a 2016. Na execução do artigo, foram utilizados dados de IVDN, precipitação e uso e cobertura do solo. A Figura 4 mostra um fluxograma que descreve as etapas aplicadas na metodologia.



Fonte: Autor.

**Figura 4.** Fluxograma metodológico.

## 2.8 Análise dados de vegetação (IVDN)

Foram selecionadas 260 imagens GeoTiff de IVDN, sem cobertura de nuvens para o período do mapeamento e análise, obtidas a cada 16 dias, com resolução espacial de 250m, cobrindo em totalidade a área do estado de Alagoas. Nesta etapa foi feito o processamento, empilhamento das médias (mensais e anuais) e recorte para a área de interesse. Na 2ª etapa, foram feitas as estatísticas de mapas e em seguida, na mesma foram geradas as médias mensais, anuais e, por fim, médias interanual.

Após o processamento foi feito uma análise para identificar áreas valores baixos de IVDN, a fim de mapear a existência de degradação da vegetação.

## 2.9 Análise dos dados de precipitação (CHIRPS)

Foram utilizadas 132 imagens GeoTiff, obtidas com resolução temporal mensal e resolução espacial de 5km, para realizar o processamento, empilhamentos e recortes do produto CHIRPS para a área do artigo. Na 2ª etapa, foram feitas as estatísticas de mapas, sendo assim geradas as médias anuais e por fim, obteve-se a média interanual de precipitação pluviométrica, mantendo as mesmas características de resolução temporal dos dados.

Após o processamento foi feito uma análise para identificar áreas com baixos índices pluviométricos, a fim de mapear a existência de regiões com déficits hídricos recorrentes.

## 2.10 Análise do produto de uso e cobertura de solo (CCI-LC)

Está etapa foi feita a partir de uma imagem GeoTiff, do produto de uso e cobertura do solo, disponibilizado pelo projeto CCI-LC, que fornece mapas da cobertura terrestre, com resolução espacial de 300m, pelo fato desse dado ter uma resolução espacial mais próxima dos dados de IVDN MODIS 250m.

Foi utilizada a imagem do ano de referência 2015 (por ser a mais atual), e com base nas classificações do uso e cobertura do solo do próprio produto, verificar as áreas suscetíveis a desertificação, que além do próprio clima (processo natural), também poderiam ter influências antrópicas. Na análise deste produto fez-se uma comparação entre as características encontradas em uma mesma região, com diferentes tipos de dados, confrontando a causa da degradação ambiental, em relação a um processo natural e também por interferências antrópicas.

## 2.11 Identificação das áreas suscetíveis à desertificação

A partir da média interanual de IVDN, foram analisadas as áreas que tiveram valores abaixo de 0,4 para identificar as áreas degradadas suscetíveis à desertificação. E de acordo com Paixão et al., (2009); Lopes et al., (2010); Chaves et al. (2012) apud GONÇALVES; FRANCISCO; VIEIRA, 2013, valores de IVDN abaixo de 0,4 para o período seco, são mais compatíveis para respostas da vegetação de Caatinga hiperxerófila.

Posteriormente, foi feita uma relação desses valores com dados de precipitação pluviométrica das respectivas áreas. Em sequência foi utilizado o dado de uso e cobertura de solo para verificar se áreas suscetíveis a desertificação mapeadas, ocorreram exclusivamente devido ao processo natural ou se além disso houve influência antrópica.

## 3 Resultados

### 3.1 Análise do IVDN

Ao analisar a Figura 5, que traz o mapa interanual de vegetação do período de 2006 a 2016, pôde-se notar que dos 38 municípios do semiárido Alagoano, 11 destacaram-se entre os demais, por apresentar o IVDN muito baixo. Neste sentido, os 11 municípios foram escolhidos para serem analisados com mais detalhes. O Anexo 1 exibe a sequência dos mapas de IVDN usados para gerar o mapa interanual do período 2006 a 2016.

A Tabela 1 expressa o resultado dos valores predominantes dos pixels encontrados dentro dos limites de cada município. Vale salientar, que nos municípios em destaque foram encontrados valores de IVDN (máximo de 0.33, médio de 0.27 e mínimos de 0.10), onde o valor máximo foi encontrado no município de São José da Tapera e o mínimo em Delmiro Gouveia. Abaixo encontram-se os municípios citados anteriormente com os seus respectivos valores de IVDN.

**Tabela 1.** Municípios que tiveram os mais baixos valores de IVDN.

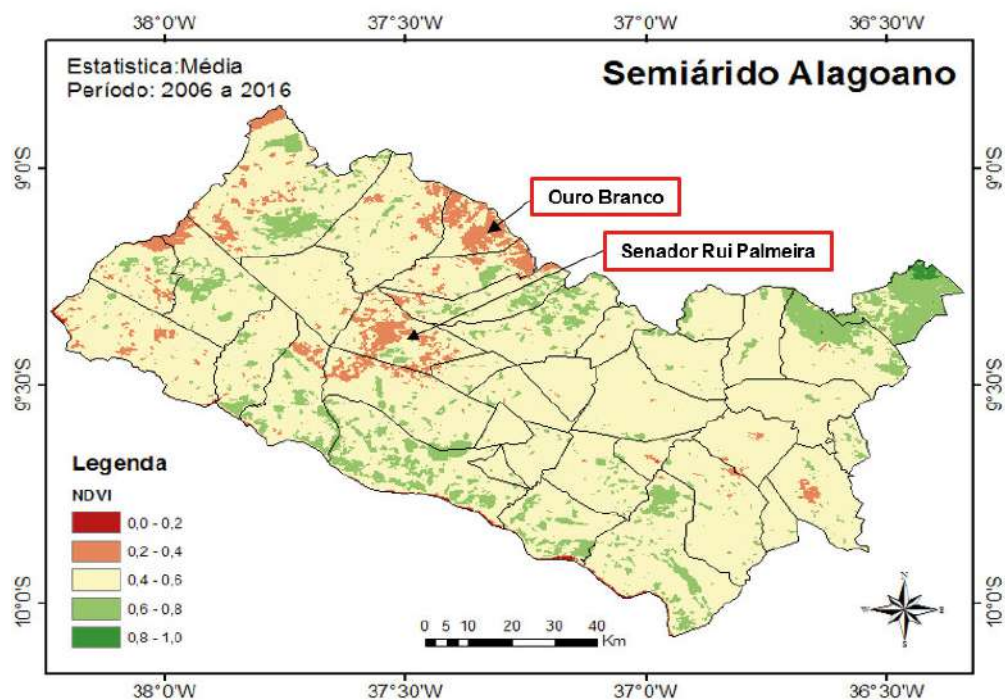
Municípios	Valor IVDN	Municípios	Valor IVDN
Água Branca	0.30	Pariconha	0.29
Canapi	0.31	Piranhas	0.11
Delmiro Gouveia	0.10	Poço das Trincheiras	0.34
Maravilha	0.32	São José da Tapera	0.33
Mata Grande	0.31	Senador R. Palmeira	0.31
Ouro Branco	0.26		

Fonte: Autor.



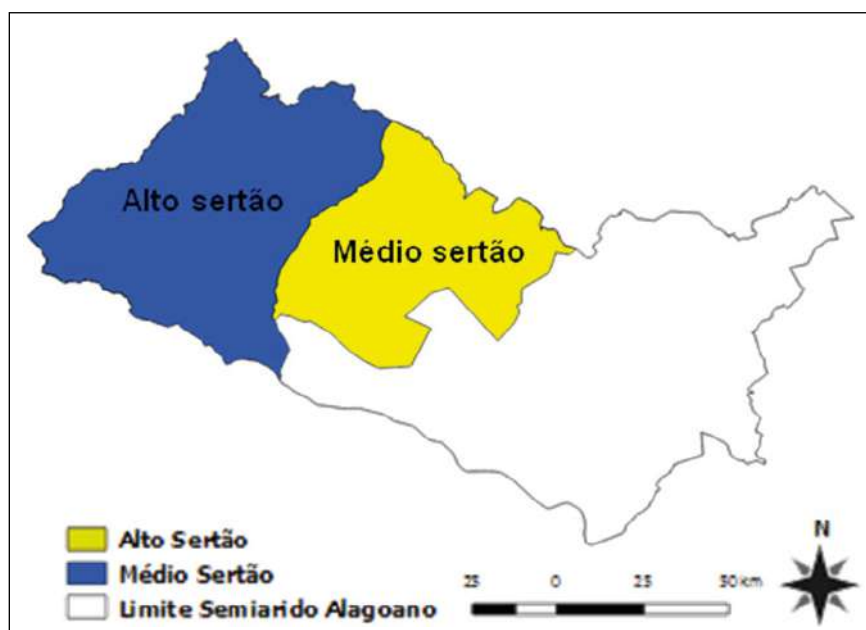
Ao fazer a análise da Figura 5, pôde-se observar a partir da resposta da vegetação, que os valores mais baixos de IVDN estão compreendidos entre 0.0 e 0.4, e encontram-se concentrado nas regiões do alto e médio sertão, áreas essas representadas na Figura 6, dos municípios apresentados na Tabela 1.

Também é notório a existência de alguns municípios, como Mata grande e Água Branca, que possuem em seus limites áreas preservadas. E os municípios Ouro Branco e Senador Rui Palmeiras, que estão com quase totalidade de seu território apresentando valores de IVDN baixo, sendo possível que a maioria dessas áreas estejam em processo de desertificação.



Fonte: Autor.

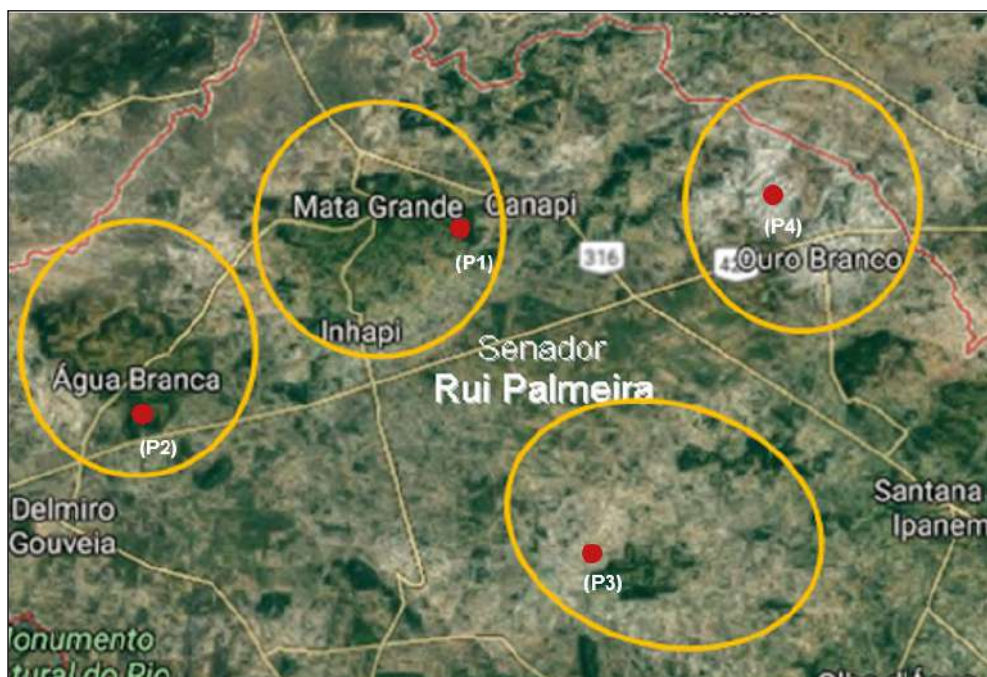
**Figura 5.** Média interanual do IVDN (2006 – 2016).



Fonte: Autor.

**Figura 6.** Semiárido alagoano destacando o alto e médio sertão.

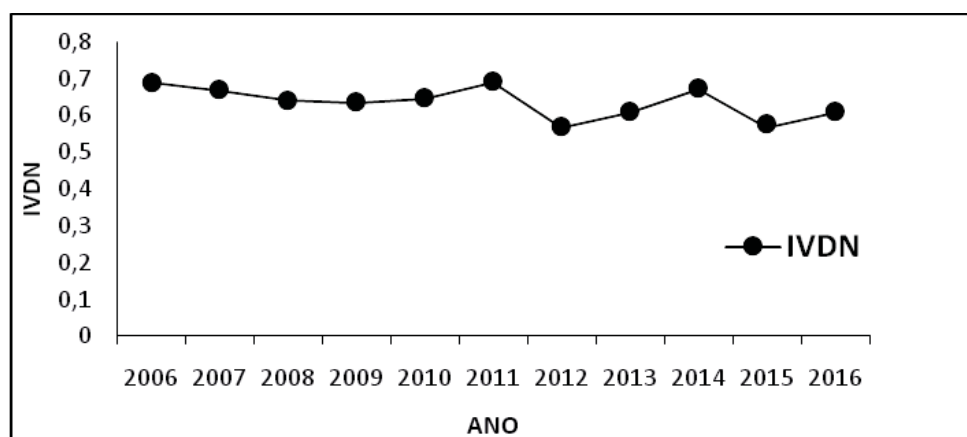
A Figura 7 destaca as áreas onde foram extraídos os valores dos pontos, para à análise do comportamento temporal do IVDN, dos municípios de Mata grande (P1), Água Branca (P2), Ouro Branco (P3) e Senador Rui Palmeiras (P4).



Fonte: Google maps, (2018).

**Figura 7.** Áreas onde foram extraídos os valores dos pontos, para à análise do comportamento temporal do IVDN.

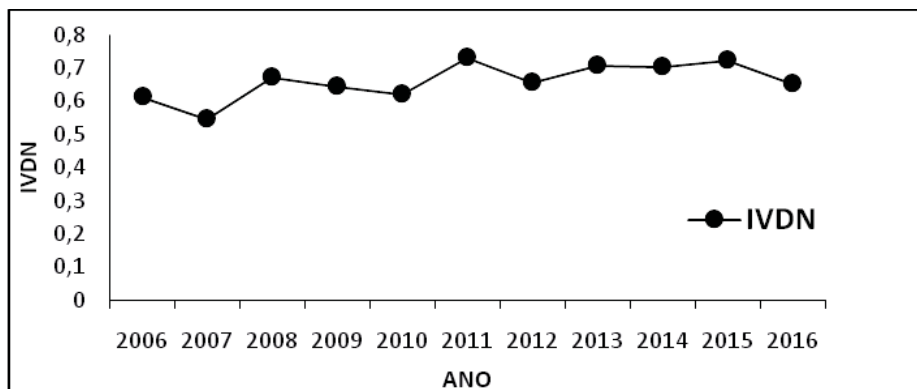
Ao analisar o gráfico da Figura 8, pôde-se perceber que o IVDN se manteve com seus valores quase constante entre os anos de 2006 a 2011, tendo uma pequena queda desses valores a partir de do ano de 2012 e oscilando até o ano de 2016. No geral os valores encontrados neste ponto do município de Mata Grande tiveram uma variação do IVDN entre 0,6 e 0,7. A observação desse ponto isolado de área de vegetação natural, serviu para verificar que possivelmente essa vegetação permanece preservada devido essa resposta do índice de vegetação contribuir para essa suposição.



Fonte: Autor.

**Figura 8.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Mata Grande (P1).

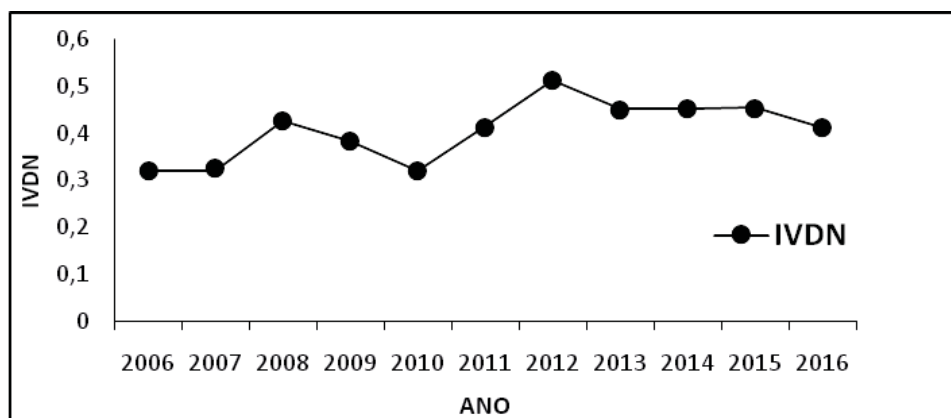
Na análise do comportamento do IVDN no gráfico da Figura 9, foi visível que o mesmo mostrou para o ponto do município de Água Branca, uma vegetação saudável, onde teve sua variação do IVDN compreendida entre os valores de 0,6 e 0,7, onde teve apenas uma pequena queda no valor do índice em 2007, o que contribuiu para afirmarmos que essa área de vegetação natural, possivelmente também permanece preservada.



Fonte: Autor.

**Figura 9.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Água Branca.

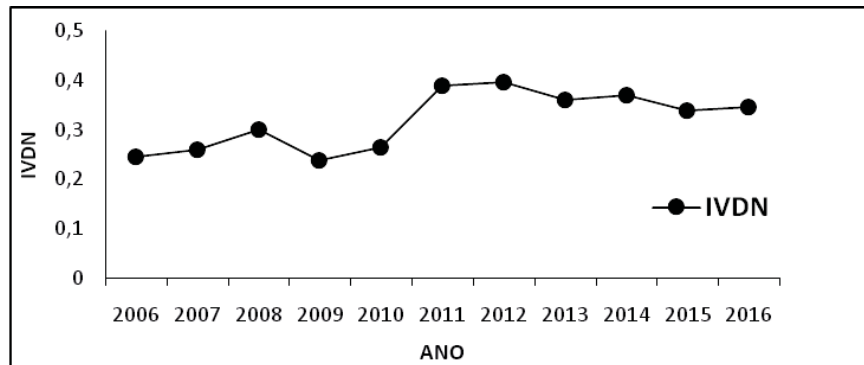
Analisando o gráfico da Figura 10, referente a um ponto do município de Senador Rui Palmeira, pôde-se perceber que os valores de IVDN variaram entre 0,3 e 0,5, onde o mesmo teve predominância dos seus valores próximos de 0,4. Ainda foi possível observar que neste ponto, o menor valor do índice encontrado foi bem próximo de 0,3 no ano de 2010 e teve seu pico em 2012 onde seu valor encontrava-se próximo de 0,5.



Fonte: Autor.

**Figura 10.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Senador Rui Palmeira.

Ao analisar o gráfico da Figura 11, pôde-se notar que os valores do IVDN nesse ponto do município de Ouro Branco, foram os mais baixos dentre os pontos observados. Sendo ainda verificado, que esses valores estão compreendidos entre 0,2 e 0,4, onde pôde-se constatar que seu valor mais baixo foi no ano de 2006 inferior a 0,3 e teve seu pico no ano de 2012 com valores próximos de 0,4.



Fonte: Autor.

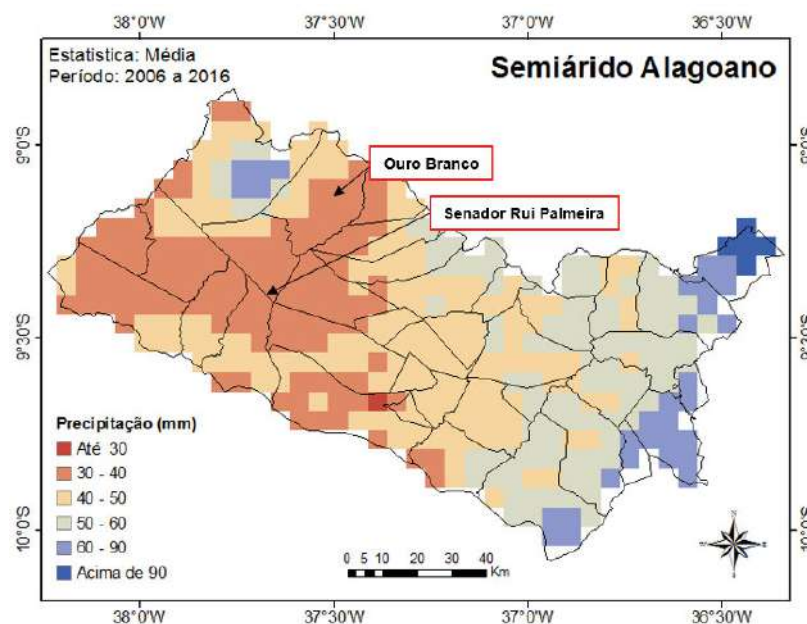
**Figura 11.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Ouro Branco.

### 3.2 Análise da precipitação pluviométrica

Ao analisar a distribuição espaço temporal na Figura 12, foi verificado que ao longo dos anos do período de estudo, houve um déficit de precipitação pluviométrica na maior parte da região do alto e médio sertão alagoano, onde os valores encontrados variaram entre 30 mm até 40 mm, e em um setor isolado (município Mata Grande) essa variação é de 60 mm até 90 mm.

É possível visualizar no alto sertão, no município de Mata Grande, a existência de uma área que predomina uma grande concentração de chuvas (valores mensais compreendidos entre 60mm e 90mm), possivelmente devido o favorecimento das características do relevo da região, gerando uma precipitação pluviométrica excedente em relação as demais áreas. Esse padrão pode ser observado em todos os anos do período analisado até gerar o resultado final (média interanual 2006 a 2016). O Anexo 2 nos mostra a sequência dos mapas de precipitação pluviométrica usados para gerar o mapa interanual do período 2006 a 2016.

Concordando com os dados de IVDN, Ouro branco e Senador Rui Palmeira apresentaram índices pluviométricos interanual médio muito baixo, cerca de 30 a 50 mm (acumulado ~ 360 – 700 mm), onde constata-se que esse pode ser um fator relevante para os baixos valores de IVDN.



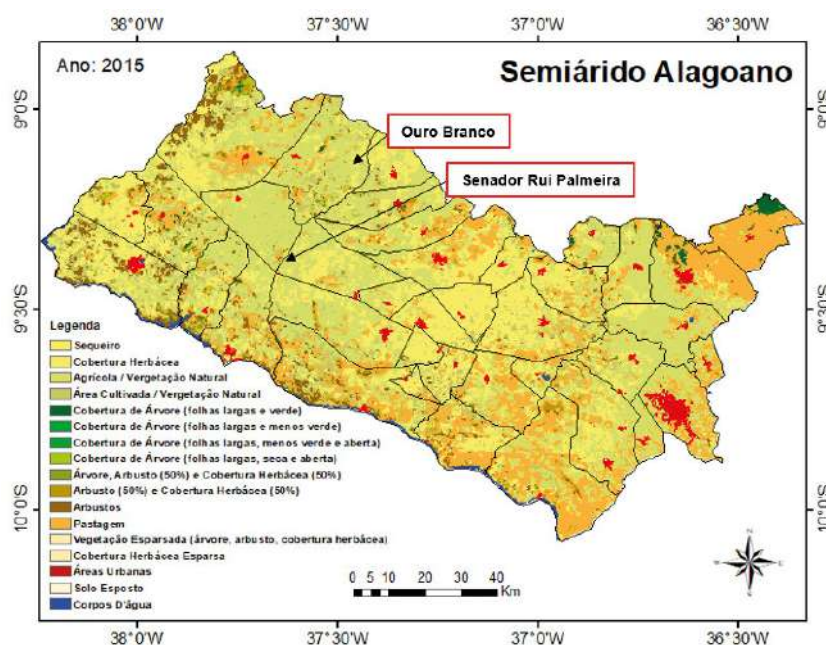
Fonte: Autor

**Figura 12.** Precipitação pluviométrica média interanual (2006 - 2016).

### 3.4 Análise do Produto de Uso e Cobertura do Solo

Ao analisar o produto de uso e cobertura do solo, conforme a Figura 13 foi possível perceber que além dos corpos d'água e áreas urbanas, existem algumas classes de solos que se destacam no semiárido Alagoano. Tais classes são: sequeiro, cultivada, agrícola/vegetação natural, arbusto, pastagem e cobertura de árvore (de folhas largas e verde).

Destacando Ouro Branco e Senador Rui Palmeira, percebe-se que os municípios estão classificados sobre a cobertura e uso do solo na sua maioria terras agrícolas de sequeiro, vegetação herbácea e uma mescla entre agricultura e vegetação natural, onde configura a agricultura familiar dentre a vegetação nativa. Essa configuração diz muito sobre a relação dos baixos valores de IVDN e precipitação, pois tanto a agricultura de sequeiro, quanto a vegetação nativa dependem intimamente da precipitação, onde acompanham o comportamento das chuvas.



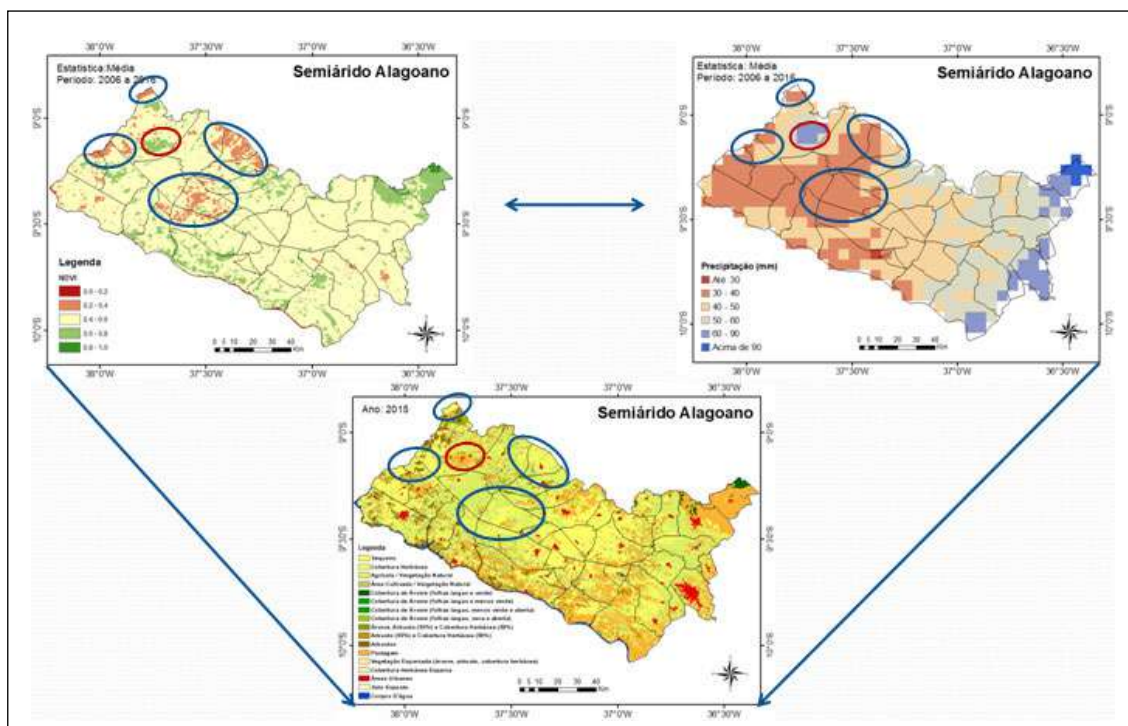
Fonte: Autor.

**Figura 13.** Mapa de uso e cobertura de solo.

### 3.5 Identificação das Áreas Suscetíveis à Desertificação

Nesta parte do artigo, pôde-se verificar áreas que têm forte relação entre o IVDN baixo e baixa precipitação pluviométrica, devido ser notório a influência do clima com predominância de baixa precipitação pluviométrica, que contribui para resposta da vegetação que tem os valores de IVDN encontrados, compreendidos entre 0,0 e 0,4.

Identificando as áreas classificadas como degradadas, a partir dos dados observados com baixos valores de IVDN e baixa precipitação pluviométrica e comparando-as com o produto de uso e cobertura do solo, áreas essas localizadas na região do alto e médio sertão de Alagoas, pôde-se notar que ocorreu uma alteração no uso do solo, causada pela ação humana, como pode ser visto na Figura 14. Neste momento pode-se constatar que a maioria dos municípios analisados sofreram de forma significativa interferências antrópicas, tendo como algumas das mudanças do solo com vegetação natural, para solo cultivado ou solo agrícola. Entre eles estão em destaque: Canapi, Delmiro Gouveia, Maravilha, Mata Grande, Ouro Branco, Pariconha, Piranhas, São José da Tapera e Senador Rui Palmeira.



Fonte: Autor

**Figura 14.** Relação do IVDN com precipitação pluviométrica e comparação com o uso e cobertura do solo

Durante o estudo ficou visível que existe uma tendência para as variações detectadas no intervalo de tempo da investigação, onde algumas das mudanças observadas foram: de vegetação natural para solo cultivado, ou de vegetação natural para solo agrícola.

Durante a análise foi possível perceber que existem áreas que a degradação é um processo natural do ambiente, devido a climatologia e os demais fatores. Em alguns casos pôde-se comprovar através do IVDN, da precipitação pluviométrica e do produto de uso e cobertura do solo, que o processo de degradação é devido ambos os fatores, sendo eles, processo climático e por influências humana.

Também ficou evidente que em outras áreas do semiárido alagoano, onde não há uma forte relação entre o IVDN baixo e baixa precipitação pluviométrica, pôde-se observar através do produto de uso e cobertura do solo, que são áreas que ainda não estão em estágios críticos, mas que já sofrem o processo de interferências antrópicas.

## Conclusões

A metodologia adotada mostrou-se satisfatória para a realização do mapeamento, análise e delimitação, das áreas degradadas suscetíveis a desertificação proposta neste artigo. A mesma foi eficaz tendo em vista que propiciou o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e desta forma favorecer a cumprir com os objetivos do estudo.

Na execução deste artigo foi possível mapear áreas com baixos valores de IVDN e precipitação pluviométrica, assim possibilitando estabelecer uma relação entre os resultados encontrados. Também pôde-se através da metodologia, identificar as áreas degradadas suscetíveis a desertificação e classificá-las no Qgis, como sendo por processo natural ou também por interferências antrópicas. Essa etapa de identificação só foi possível, uma vez que comparamos os resultados obtidos do IVDN e precipitação pluviométrica com o produto de uso e cobertura do solo.

Portanto, mesmo com a presença de vegetação nativa, as áreas degradadas requerem atenção, tendo em vista que as mesmas são vulneráveis e interferem

diretamente na qualidade de vida dos habitantes da região, uma vez que os mesmos dependem de uma boa terra, pois a maioria vivem do trabalho agrícola.

A cobertura vegetal proveniente de agricultura, pode contribuir para vulnerabilidade do solo, pois geralmente as técnicas utilizadas de maneira inadequada, ameniza a baixa resposta da vegetação, mas ao longo do tempo prejudica o solo, levando o mesmo a degradação e torna-o suscetível a desertificação.

Contudo os resultados finais atingidos neste artigo podem ser considerados uma contribuição relevante para um planejamento mais eficaz das atividades nas áreas de vegetação natural, auxiliando na preservação de ambientes naturais, mitigação da mudança do micro clima e minimizar os danos causados em áreas que já sofrem um processo de degradação no semiárido alagoano, de modo que traga benefícios socioambientais.

Vale salientar, que em estudos futuros além das relações entre os produtos analisados, podem ser inseridas na metodologia outras análises estatísticas tais como: análise de agrupamento de dados e testes de hipóteses, trazendo melhores resultados para o estudo.

## Referências

- ALVES, J. J. A. **Biogeografia**. João Pessoa: Editora Fotograf, 2008. 108 p.
- ALMEIDA, S. A. S.; FRANÇA, R. S.; CUELLAR, M. Z. Uso e ocupação do solo no bioma caatinga do estado do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal/RN. **Anais [...]**. Natal/RN, Brasil, 2009. p. 5555-5561.
- AMIRI, R.; WENG, Q.; ALIMOHAMMADI, A.; ALAVIPANAH, S. K. Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fraction al vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. **Remote Sensing of Environment**. v. 113, p. 2606–2617, 2009.
- ASA Alagoas. **Um grave problema avança no Semiárido alagoano**, 2017. Disponível em: <http://asaalagoas.blogspot.com/2017/04/um-grave-problema-avanca-no-semiarido.html>. Acesso em: 05 jun. 2018.
- BARROS, A. H. C. et al. **Climatologia do Estado de Alagoas**. 21. ed. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p.
- BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. da; BEZERRA, B. B. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 709-717, 2011.
- CARREIRAS, J. M. B.; PEREIRA, J. M. C.; CAMPAGNOLO, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E. Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using Spot Vegetation Data. **Remote Sensing of Environment**. v. 101, p. 283–298, 2006.
- CORDEIRO, J. M. P.; OLIVEIRA, A. G. Levantamento fitogeográfico em trecho de Caatinga hipoxerófila, sítio Canafístula, Sertãozinho, Paraíba, Brasil. **Revista OKARA: Geografia em Debate**. João Pessoa, v. 4, n. 1-2, p. 54-65, 2010.
- COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da Caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 961-974, 2009.
- CUNHA, J. E. de B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. da; CHAVES, I. de B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe/PB: utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 539-548, 2012.
- GÓMEZ, C.; WHITE, J. C.; WULDER, M. A. Characterizing the state and processes of change in a dynamic forest environment using hierarchical spatio-temporal segmentation. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 1665-1679, 2011.

GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; VIEIRA, E. N. L. Identificação de áreas degradadas através de técnicas de detecção de mudanças. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 8., 2013, Salvador/BA. **Anais [...]**. Salvador/BA, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados de abastecimento urbano estados do Nordeste 2015**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2016.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **População do Semiárido Estimada para 2014**. 2014. Disponível em: [http://sigdados.insa.gov.br/images/docs/Populacao\\_Semiario\\_Estimada\\_2014\\_Sintese.pdf](http://sigdados.insa.gov.br/images/docs/Populacao_Semiario_Estimada_2014_Sintese.pdf). Acesso em: 12 jun. 2018

NASA: **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – NASA’s Earth Observing System**, 2003. Disponível em: <https://terra.nasa.gov/about>. Acesso em: 26 fev. 2018.

SANTANA, A. C. A. **Caatinga: esquecimento e riqueza**. 2004. Disponível em: [www.planetaverde.org](http://www.planetaverde.org). Acesso em: 05 nov. 2015.

SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Alagoas em mapas**. 2014. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/>. Acesso em: 25 jan. 2016.

SEPLANDE. Secretaria de Estado do planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Perfil Municipal**. 2. ed. Maceió: SEPLANDE/AL, 2014. 26 p.

SILVA F. B., **Geotecnologias no mapeamento de áreas degradadas no núcleo de desertificação em Gilbués, PI**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Piauí, 2008.





# APLICAÇÃO DE Q-METHODOLOGY NO PROCESSO DE ENVOLVIMENTO DE ENTIDADES MUNICIPAIS NA PREVENÇÃO E GESTÃO DE DESASTRES AO NÍVEL INTERMUNICIPAL

Pedro Pinto Santos<sup>1</sup>

Alexandre Oliveira Tavares<sup>2</sup>

## 1 Introdução

A avaliação do risco procura identificar e quantificar o conjunto de características e circunstâncias dos indivíduos, comunidades, sistemas ou estruturas que os tornam suscetíveis aos impactos dos perigos (UNDRR, 2009), representando a componente da vulnerabilidade os contextos espaciais, socio-económicos, demográficos, culturais e institucionais em que os perigos se manifestam (KUHLCHE *et al.*, 2011).

De acordo com Aven e Renn (2010) a gestão do risco começa com a sistematização das informações relevantes, de forma combinada, envolvendo a caracterização científica da avaliação do perigo, bem como a avaliação da perceção do risco, dos impactos económicos e das respostas sociais para a fonte de risco. A gestão do risco baseia-se na criação alargada de conhecimentos, capacidades e ações para antecipar, responder e recuperar dos impactos, prováveis, iminentes ou em curso, resultantes de condições de perigo (BIRKMANN *et al.*, 2013), ou no desenvolvimento de formas para reduzir ou eliminar o impacto dos desastres na sociedade e no ambiente, através de medidas de mitigação estruturais, semi-estruturais e não-estruturais (TAVARES, 2018).

Contudo, como refere Renn (2020), a questão central para os gestores das políticas relacionadas com o risco é conhecer as abordagens e os instrumentos adequados, bem como ter os meios adequados para a avaliação do risco de forma a compreender os impactos e as dimensões relacionadas com a saúde, ambiente, economia e política, bem como as oportunidades resultantes. As estratégias de gestão do risco, segundo o referencial de Sendai 2015 (UNISDR, 2015), acentuam o objetivo de reduzir riscos e perdas, quer através da prevenção de novos desastres, quer pela redução do risco existente, recorrendo à implementação, integrada e inclusiva, de medidas económicas, estruturais, legais, sociais, de saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais que previnam e reduzam os perigos, a exposição e a vulnerabilidade (SANTOS *et al.*, 2020).

As políticas públicas em matéria do risco estão cada vez mais centradas na segurança das populações e baseiam-se em ações preventivas eficazes, na medida em que promovem as interações positivas entre a ocupação humana e as condições físicas do território, ao nível do ordenamento do território, e num segundo nível, as condições

<sup>1</sup> Centro de Estudos Geográficos do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa. E-mail: pmpsantos@campus.ul.pt.

<sup>2</sup> Centro de Estudos Sociais e Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. E-mail: atavares@ci.uc.pt.

e os recursos para a resposta de emergência e socorro de proteção civil. Assim, ao nível das políticas públicas sobre o risco, assiste-se ao aparecimento de cada vez mais de instrumentos políticos de planeamento territorial, a par da incorporação de competências técnicas de prevenção, emergência, socorro e recuperação (TAVARES, 2013). Como refere Mendes (2015) a gestão e a intervenção sobre o risco é algo eminentemente político, onde as decisões que condicionam a vida das pessoas estão baseadas no exercício do poder e não na equidade social, facto que reproduz as desigualdades face ao risco.

De acordo com Tavares (2018) os modelos de gestão do risco devem simultaneamente permitir a integração de diferentes tipos de conhecimentos, práticas e experiências, facilitar o reconhecimento das medidas e recursos da gestão e na emergência disponíveis, promover a alteração de perceção, comportamento e confiança, favorecer a mobilização de voluntários ou a disponibilização de meios de entidades públicas e privadas. Os processos de gestão do risco correspondem, assim, a formas de conhecimento e de envolvimento social, em que a perceção e confiança institucional são fundamentais.

Um modelo participativo, envolvendo a comunidade na apresentação de informações sobre a incerteza e sobre os processos de gestão do risco tem vindo a ser considerado fundamental por autores como Fleischhauer *et al.* (2012), Forrester (1999), Klinke e Renn (2012), Kuhlicke, Callsen e Begg (2016). Como refere Newig *et al.* (2016) as abordagens transdisciplinares facilitam a colaboração e a aprendizagem entre os formuladores de políticas, os gestores e os cientistas, fomentando experiências de tomada de decisão participativas e colaborativas, visando processos de decisão mais eficazes.

São considerados como partes interessadas qualquer indivíduo, grupo ou organização que seja afetada (positiva ou negativamente) por um impacto, ou que tenha a capacidade de promover ou limitar a disseminação desse impacto (FREEMAN, 1994). Estas podem incluir o público/cidadãos afetados, investigadores, responsáveis pela gestão ou formuladores de políticas, organizações não governamentais, entre outros grupos (FRIEDMAN; MILES, 2006; REED; CURZON, 2015; WESSELINK *et al.*, 2011), sendo o envolvimento dos stakeholders, o processo em que as partes interessadas tomam decisões de gestão e criação de conhecimento (SHACKLETON *et al.*, 2019), nomeadamente quando envolvidos em situações de crise (PALTTALA *et al.*, 2012).

De acordo com Reed *et al.* (2009) a análise pelas partes interessadas corresponde a um processo em que se definem quer os aspetos sociais e naturais afetados por uma decisão ou ação, se identificam os indivíduos, grupos e organizações que são afetados por ou podem vir a ser afetados, bem como se priorizam o envolvimento dos indivíduos e grupos no processo de tomada de decisão. A avaliação das partes interessadas, nomeadamente dos responsáveis pela administração e dos gestores de emergência, tem vindo a ser referido como essencial para prever as perdas e avaliar e as abordagens mais para a mitigação do risco (KOMENDANTOVA *et al.*, 2014).

Para avaliação das partes interessadas que têm funções técnicas ou políticas relacionadas com a gestão do risco podem-se utilizar metodologias com procedimentos para avaliar conceitos subjetivos como crenças, atitudes, comportamentos e opiniões (COUTO *et al.*, 2013). A metodologia Q, ou *Q-Methodology* como adotado neste documento, é considerada por diferentes autores (BRACKEN *et al.*, 2016; COSTA, 2019; VAN EXEL; DE GRAAF, 2005; WEBLER *et al.*, 2003) como particularmente apropriada à tradução empírica da diversidade de ideias, perspetivas, crenças e processos de natureza subjetiva.

A avaliação da tipologia das opiniões ou atitudes marcadas por sentimentos e impressões, usadas na construção da realidade e expressas nas preferências pessoais, foi desenvolvida na década de 1930, por W. Stephenson. A *Q-Methodology* visa obter as diferentes perspetivas das partes interessadas e engloba cinco fases de

desenvolvimento, sendo recolhidas afirmações representativas da diversidade de opiniões, de acordo com métodos de análise de conteúdo e sequente categorização: definição do consórcio (i); desenvolvimento do Q-set (ii); seleção do P-set (iii); Q-sorting (iv); análise e interpretação (v) (WEBLER; DANIELSON; TULER, 2009).

A metodologia fornece uma base para a análise da subjetividade de um conjunto de afirmações que podem ser ordenadas e classificadas em categorias, consoante a importância dada por cada um dos inquiridos no estudo. Derivada desta ordenação e classificação em categorias, são criadas as condições para a análise estatística de dados através da análise fatorial, enquanto técnica facilitadora da organização dos dados (BROWN, 1996; COSTA, 2019; WEBLER; DANIELSON; TULER, 2009).

O capítulo que se apresenta versa sobre a aplicação deste instrumento de participação e envolvimento de partes interessadas num processo intermunicipal de gestão de risco de desastres, a decorrer na Comunidade Intermunicipal da Região de Coimbra (CIM-RC), Portugal.

## 2 Contexto institucional e geográfico

### 2.1 A gestão de risco no âmbito da Comunidade Intermunicipal

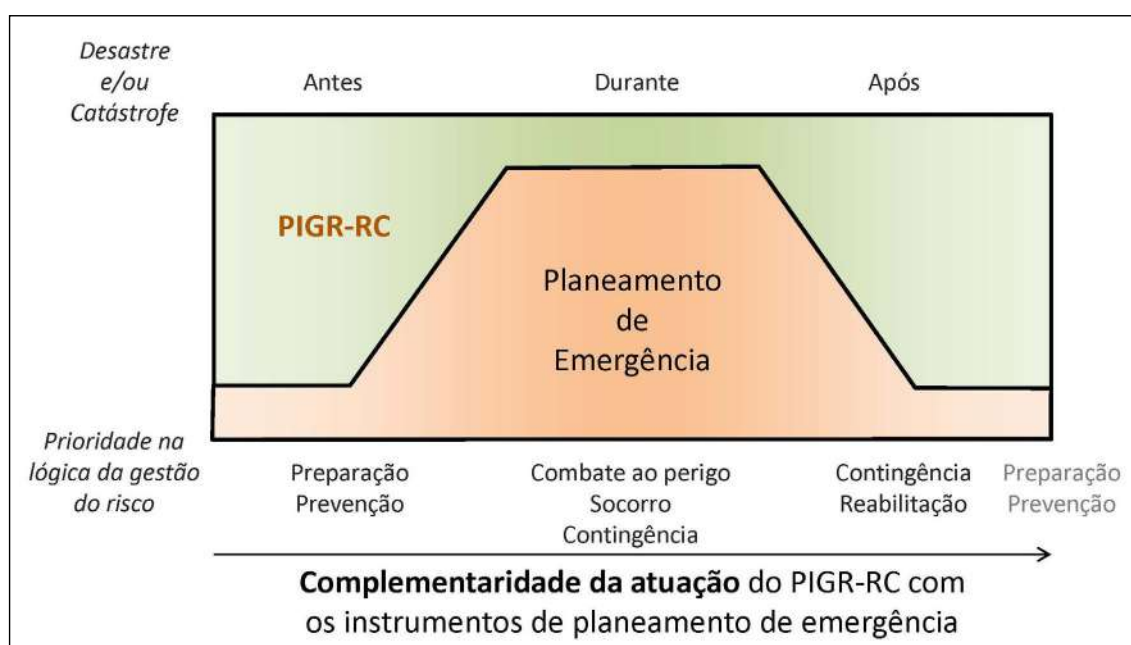
O poder autárquico em Portugal encontra-se estruturado por 308 municípios – 278 em Portugal continental, 11 na Região Autónoma da Madeira e 19 na Região Autónoma dos Açores. O regime democrático instalado após a Revolução de 25 de abril de 1974 tem significado um crescente aumento das competências dos municípios em áreas diversas, como bem testemunha a recente Lei n.º 50/2018 de 16 de agosto, que estabelece a lei-quadro da transferência de competências para as autarquias locais e para as entidades intermunicipais. O abastecimento de água, o saneamento, ação social, o ambiente e a saúde pública, o património, a rede de rodovias, o trânsito, a manutenção de espaços públicos, a recolha e gestão de resíduos, o policiamento municipal, a educação e a proteção civil, são apenas alguns dos domínios, em que a atuação municipal tem sido fundamental para o desenvolvimento e bem-estar dos cidadãos. A geografia, os modelos territoriais e as contingências administrativas e de gestão, têm conduzido a sistemas de gestão partilhada de recursos mais ou menos evoluídos em alguns daqueles domínios.

Com a criação de comunidades intermunicipais e áreas metropolitanas (Lei n.º 75/2013, de 12 de setembro), cujos agrupamentos de municípios correspondem às atuais Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível 3 (NUT 3) potenciou-se ainda mais a dinâmica de gestão partilhada, sendo a proteção civil um dos domínios recentes onde tal processo tem sido mais evidente. Com efeito, muitos processos de perigo (ondas de calor, inundações, incêndios, etc.) tem uma incidência territorial alheia à organização administrativa do País.

A Comunidade Intermunicipal da Região de Coimbra (CIM-RC) é composta por 19 municípios, que abarcam desde a fachada continental atlântica, a Oeste, até às serranias de xisto e granito a Este. A referida lei que estabelece o estatuto das entidades intermunicipais atribui competências de articulação das atuações entre os municípios e os serviços da Administração Central em diferentes áreas, sendo uma delas a de “segurança e proteção civil” (cf. n.º 2 do art.º 81 da Lei n.º 75/2013, de 12 de setembro). Com efeito, o Conselho Intermunicipal da CIM-RC, bem como qualquer outro Conselho Intermunicipal, tem entre as suas competências a aprovação de planos, programas e projetos de investimento e desenvolvimento de interesse intermunicipal, incluindo planos na área de ordenamento do território, mobilidade e logística, gestão ambiental, gestão de redes de equipamentos de saúde, educação, cultura e desporto, e planos na área da proteção civil (cf. art.º 90 da referida Lei n.º 75/2013).

É neste contexto favorável que surge no seio da CIM-RC a intenção e a necessidade de dispor de um plano intermunicipal de gestão de riscos para o conjunto de 19 municípios da CIM-RC (plano cujo acrónimo é PIGR-RC, sendo referido por vezes como “o Plano”), e cujo objetivo principal é a melhoria da eficácia e da eficiência da gestão do risco à escala intermunicipal, nomeadamente no uso de recursos (comuns ou partilhados) e na capacidade de decisão.

O alcance deste objetivo significará um aumento da capacitação institucional da CIM-RC para as atividades relativas à gestão do risco, o que passa por criar condições para uma maior eficiência dos processos de tomada de decisão e a respetiva comunicação e articulação com os diversos agentes, organismos e entidades de proteção civil. O PIGR-RC situa a sua área de atuação sobretudo nas fases de preparação, prevenção, contingência e reabilitação, procurando complementar as demais entidades competentes em matéria de proteção civil durante a ocorrência do desastre e/ou catástrofe, auxiliando no combate ao perigo, no socorro e na manutenção ou contingência das atividades socioeconómicas quotidianas (Figura 1).



**Figura 1.** Lógica de atuação e articulação do Plano Intermunicipal de Gestão de Riscos da Região de Coimbra (PIGR-RC) com os instrumentos de planeamento de emergência.

O PIGR-RC está estruturado em 13 áreas de intervenção (AI): Gestão Administrativa e Financeira; Gestão de Instrumentos de Planeamento; Monitorização; Logística; Comunicações; Informação Pública e de Boas Práticas; Confinamento, Isolamento, Evacuação e Realojamento; Manutenção da Ordem Pública; Serviços de Saúde Pública e Veterinária; Serviços Médico-Legais e Mortuários; Manutenção de Funções Vitais; Mobilidade e Transportes; Salvaguarda de Património Natural e Cultural.

Para cada uma das AI são definidos os intervenientes, as prioridades de ação (PA) e as instruções específicas (IE), de acordo com as fases de Prevenção, Emergência e Recuperação, face à tipologia de riscos considerada no Plano. Foram definidas 163 PA e 34 fichas de ação com projetos concretos a implementar, para além dos procedimentos descritos no Plano.

A elaboração e implementação do PIGR-RC decorreu a par de um processo intermunicipal de aumento da capacitação tecnológica de apoio à decisão. A partir de candidaturas a financiamento com origem na União Europeia foi possível adquirir, instalar e manter uma rede de instrumentos científicos e baseados em geo-

tecnologias para a monitorização de processos de perigo, e conseguinte alerta para as entidades competentes (proteção civil, saúde, segurança pública, poder local, etc.) e de entidades de apoio (direção de estabelecimentos de ensino, direção de centros de dia e estruturas residenciais seniores, agentes e operadores turísticos, promotores de eventos públicos, etc.). O acesso à informação e a comunicação entre entidades encontra-se operacionalizada por meio de um Sistema de Apoio à Decisão e Gestão de Emergências (SADGE), que pode ser utilizado em dispositivos móveis, segundo distintos graus de privilégio de utilizador.

## 2.2 A expressão dos principais riscos na Região de Coimbra (Portugal)

A CIM-RC é, como se referiu, uma entidade intermunicipal composta por 19 municípios, localizada na região Centro de Portugal, tendo por cidade mais relevante a histórica cidade de Coimbra. Quer em termos humanos, quer físicos, a Região de Coimbra é marcada por um elevado contraste geográfico entre o seu setor litoral – mais habitado e artificializado, e economicamente mais dinâmico –, e o setor interior, mais rural, com maior dificuldade em fixar população e, por isso mesmo, em processo de perda de população nas décadas mais recentes. O turismo, o setor público, a agricultura e as atividades relacionadas à floresta constituem os principais motores de desenvolvimento económico da região.

A partir do diagnóstico dos principais riscos que afetam a Região de Coimbra, o território abrangido pela respetiva Comunidade Intermunicipal foi classificado por meio de análise *cluster* e interpretação pericial em 7 espaços-risco, que para além da auxiliarem na caracterização geográfica e em particular da incidência do risco, foram definidos também na ótica da partilha de recursos e de procedimentos de gestão intermunicipal dos riscos (Figura 2).

A cartografia de síntese dos riscos mais relevantes na CIM-RC e a cartografia da vulnerabilidade social realizada à escala da secção estatística, salientam a diversidade geográfica deste território (Figuras 3 e 4) e foram elementos estruturantes da definição dos espaços-risco.

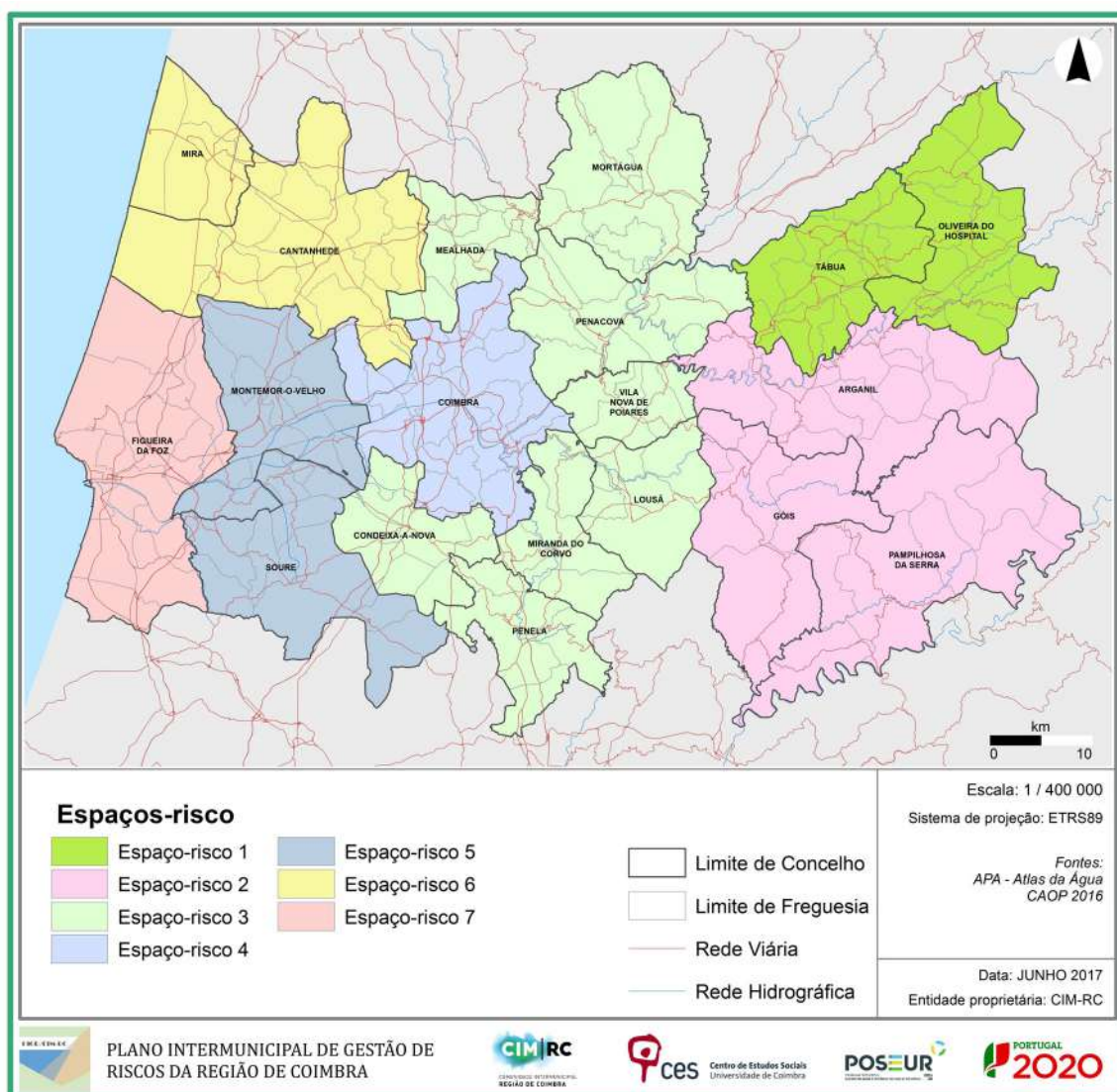
O espaço-risco 1 (cf. Figura 2) localiza-se no setor nordeste da CIM-RC e engloba os municípios de Oliveira do Hospital e Tábua. Trata-se de um espaço contínuo em que o uso do solo com floresta é dominante, sendo marcado pelos vales dos rios Mondego e Alva. Ressaltam como principais aglomerados as sedes dos municípios e de Nogueira do Cravo, no município de Oliveira do Hospital.

Relativamente à suscetibilidade emerge como distintiva a radiação natural por gás radão. Associados às condições meteorológicas extremas as ondas de calor e os episódios de precipitação sobre a forma de neve apresentam uma elevada suscetibilidade à escala regional; os episódios de nevoeiro manifestam os principais impactos na circulação viária do IC6 e EN17. Este espaço-risco apresenta ainda elevada suscetibilidade associada aos incêndios florestais, com expressão em valores elevados de ignições e de área ardida.

A vulnerabilidade deste espaço-risco, quando comparado com a distribuição intermunicipal, apresenta, no conjunto, uma dependência de componentes como a disponibilidade de infraestruturas e serviços de resposta à população e unidades de análise que apresentam contexto social desfavorecido. Os valores municipais médios de vulnerabilidade podem ser considerados elevados, quando comparados com os resultados médios da CIM, não se registando, contudo, valores extremos mínimos e máximos de vulnerabilidade nas unidades de análise.

O espaço-risco 2 desenvolve-se por numa área que apresenta ao nível dos processos de suscetibilidade e da vulnerabilidade territorial alguma similaridade (municípios de Arganil, Góis e Pampilhosa da Serra). Predominam os espaços naturais,

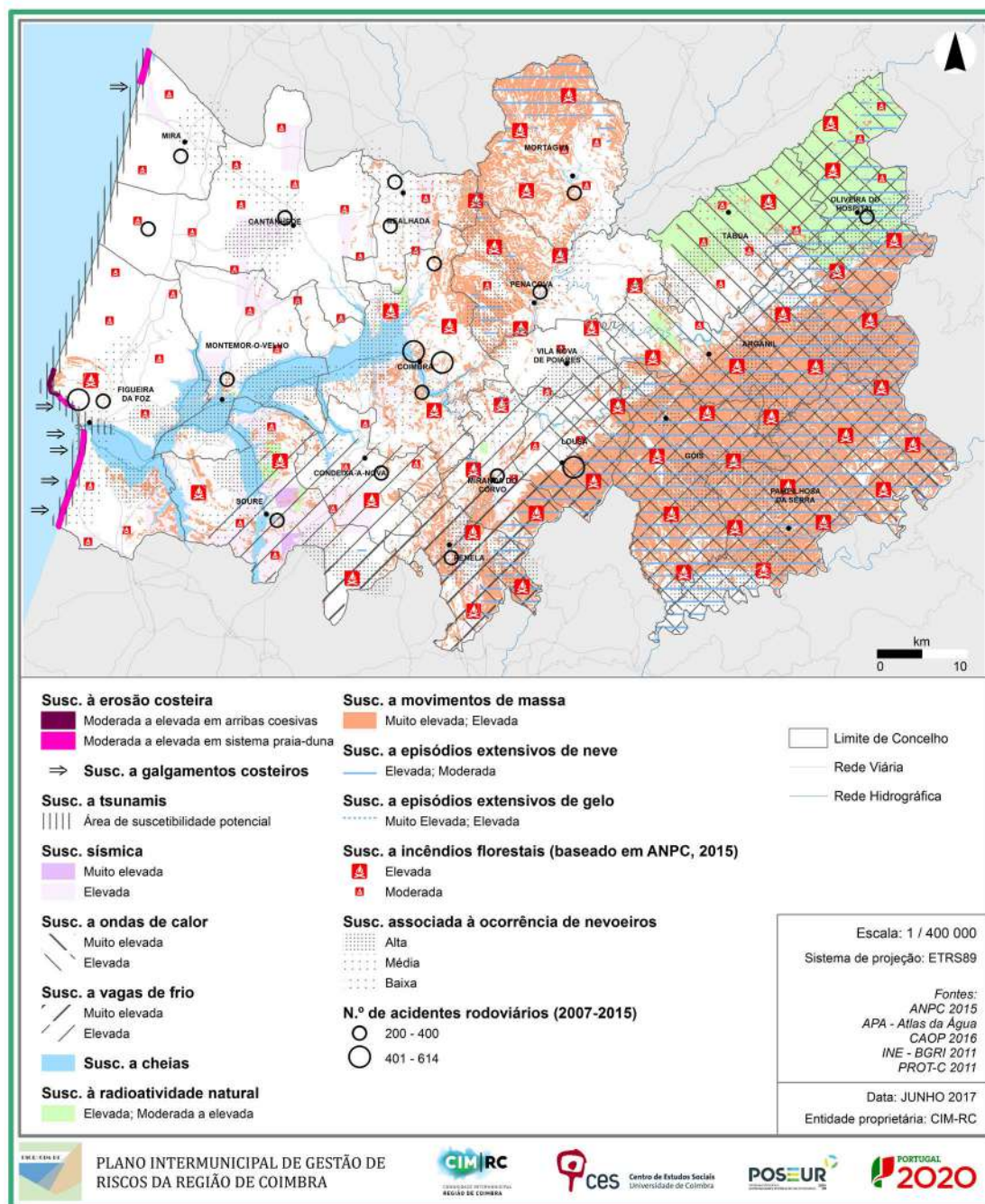
semi-naturais e florestais, com significativa presença de paisagem de montanha. Os vales dos rios Alva e Ceira no setor Sudeste são igualmente elementos geográficos estruturantes do território. Para além das sedes de município, destacam-se no município de Arganil, a povoação de Coja.



**Figura 2.** Espaços-risco definidos para o território da Região de Coimbra.

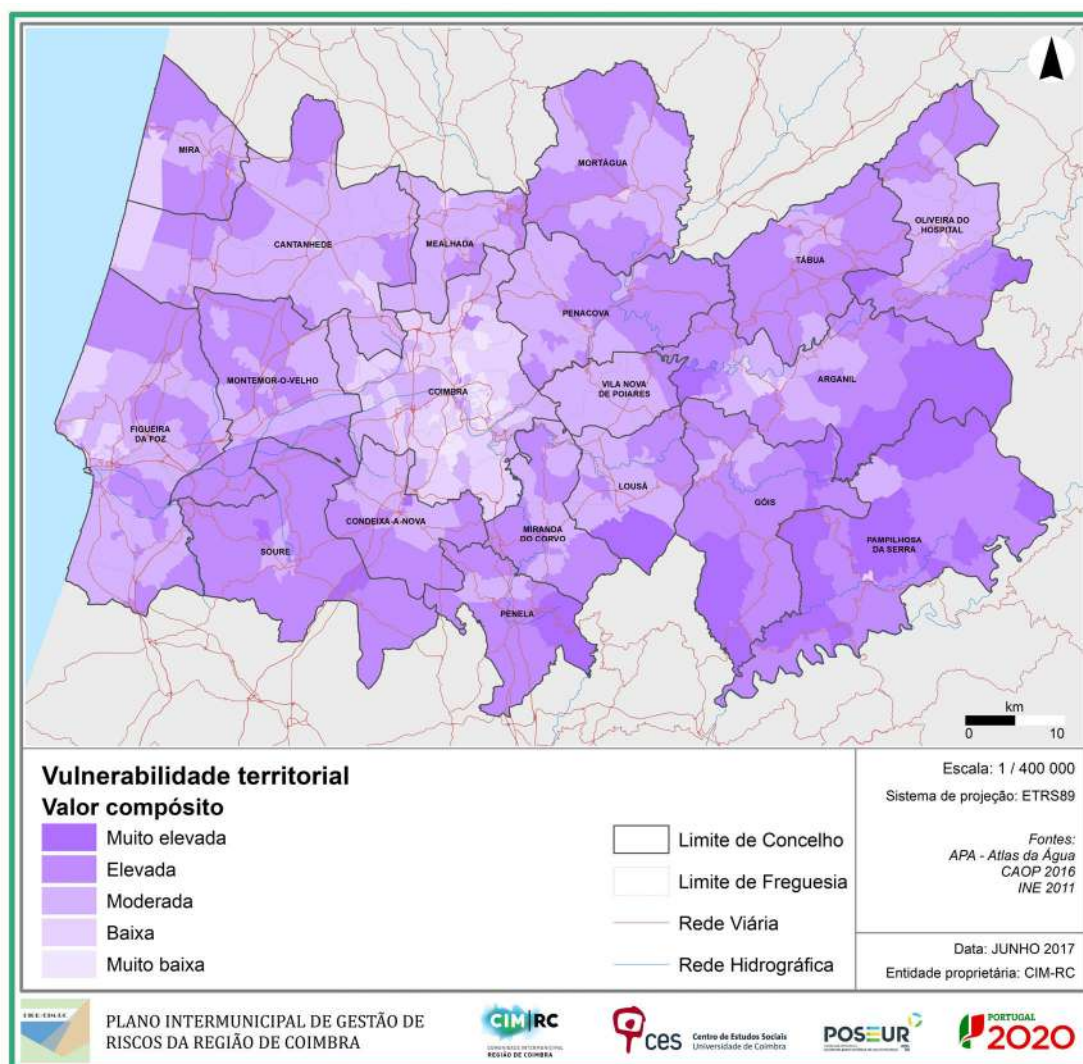
A suscetibilidade aos processos de ondas de calor e vagas de frio manifesta-se elevada, em geral, por todo o espaço-risco. Os episódios extensivos de neve e de gelo são mais expressivos nas áreas de maior altitude, assim como a suscetibilidade elevada a movimentos de massa em vertente afeta as áreas de maior declive, sendo igualmente elevado o número de ocorrências associado, se considerada a totalidade do território da CIM-RC. Os incêndios florestais apresentam um histórico relevante ao nível do número de ignições e de área ardida.

Os principais forçadores da vulnerabilidade territorial associam-se à menor cobertura por infraestruturas e serviços de resposta à população no contexto global da CIM-RC, bem como pela proporção elevada de contextos familiares de inatividade (pela idade e pelo desemprego) em contexto urbano antigo. A média dos valores de vulnerabilidade é muito elevada (acima de 1,5) no contexto da CIMRC, não obstante a existência de mínimos igualmente reduzidos (abaixo de - 0,5), ou seja, de baixa vulnerabilidade.



**Figura 3.** Síntese dos principais riscos no território da Região de Coimbra.

O espaço-risco 3 engloba oito municípios da faixa central da CIM-RC, abrangendo as áreas montanhosas litologicamente distintas: Maciço Marginal, a Norte, e Maciço Calcário, a Sul. Hidrograficamente, destacam-se os vales dos rios Mondego e Ceira. Os principais centros urbanos continuam a ser as sedes de município, sendo que este espaço-risco se caracteriza pela existência de áreas de expansão urbana e periurbanas relevantes, como sejam Vilarinho e Gândara relativamente à Lousã, zona de Sebal relativamente a Condeixa-a-Nova, Vila Chã, relativamente a Poiares, São Romão, relativamente a Mealhada. Em Penacova, realçam-se também os aglomerados de Lorvão e Figueira do Lorvão, como zonas residenciais intramunicipais relevantes. Neste espaço-risco os usos do solo dominantes ainda são o uso florestal e os espaços seminaturais. Contudo, nos municípios de Condeixa-a-Nova, Lousã e Mealhada, os espaços agrícolas ocupam igualmente parcelas significativas do território.



**Figura 4.** Vulnerabilidade social no território da Região de Coimbra.

Os processos de perigo mais relevantes no espaço-risco 3 são as ondas de frio, onde no setor Sul se observa suscetibilidade muito elevada; movimentos de massa em vertentes, relativamente aos quais este é o espaço-risco mais suscetível e com maior número de ocorrências registadas; suscetibilidade e sinistralidade associada ao nevoeiro, sobretudo ao longo do IP3; acidentes rodoviários; e incêndios florestais, registando-se neste espaço-risco muitas ocorrências e elevada área ardida, por comparação com a globalidade da CIM-RC.

As componentes principais de vulnerabilidade territorial são a elevada necessidade de deslocamentos intermunicipais (sobretudo para o município de Coimbra) e o contraste urbano e rural definido pela segunda componente, relativa ao contexto demográfico e familiar do território. Este espaço-risco é caracterizado por valores médios de vulnerabilidade próximos aos valores médios da CIM, com predomínio da classe de vulnerabilidade elevada.

As características geográficas de Coimbra conduziram à definição de um quarto espaço-risco composto unicamente por aquele município. O rio Mondego, e o respetivo leito de inundação, é um elemento estruturante da paisagem deste espaço-risco, atravessando, contudo, unidades morfo-estruturais muito diversas, como são a Orla Meso-Cenozoica e o Maciço Marginal. Áreas urbanas e artificializadas, áreas agrícolas e áreas florestais e semi-naturais ocupam aproximadamente a mesma proporção de uso do solo. A atividade turística, de investigação e em específico, da saúde, têm uma



expressão única neste espaço-risco. A cidade desenvolve-se sobre uma expansão em mancha, acompanhando os principais eixos de mobilidade rodoviária e ferroviária, assim como as áreas baixas dos cursos de água, segundo processos de periurbanização. Para além da cidade de Coimbra, os eixos rodoviários a Norte e a Sul (A1 e IC2), bem como os eixos rodoviários e ferroviário a Oeste (que acompanham igualmente o traçado do rio Mondego) explicam fortemente a dinâmica da expansão urbana recente de Coimbra.

As cheias e inundações são um dos processos de perigo mais relevantes neste espaço-risco – não unicamente as cheias progressivas do Mondego, mas também cheias rápidas e urbanas associadas e bacias de menor dimensão. As tempestades com ventos fortes e precipitações intensas registam igualmente muitas ocorrências, no contexto dos restantes-espaços-risco, tal como, e enquadrado ainda nos processos de natureza hidro-geomorfológica, os movimentos de massa em vertente. Finalmente, o espaço-risco de Coimbra é definido pela elevada suscetibilidade, confirmada pelo registo histórico, de acidentes rodoviários.

A análise realizada para efeitos de conhecimento da vulnerabilidade territorial identificou a componente principal associada ao envelhecimento e desemprego da população, frequentemente coincidentes com espaços urbanos antigos e/ou degradados. Este espaço-risco que é composto unicamente pelo concelho de Coimbra, apresenta elevados contrastes nos valores de vulnerabilidade. Contudo, não obstante a existência de situações de extrema vulnerabilidade, o valor máximo obtido nas diversas secções estatísticas é inferior ao valor máximo médio ao nível da CIM-RC. A média e a mediana neste espaço-risco é igualmente inferior aos valores médios da CIM-RC.

O espaço-risco 5, que agrupa os municípios de Montemor-o-Velho e Soure, representa parte da unidade de paisagem comumente definida como o Baixo Mondego. Para além dos Campos do Mondego, os vales dos três principais afluentes do rio Mondego, a jusante de Coimbra – Ega, Arunca e Pranto – que são partilhados por ambos os municípios, caracterizam a morfologia e estruturam a ocupação humana deste território. As sedes de município assumem-se como os principais centros funcionais do espaço-risco, sendo de salientar a existência de importantes espaços urbanos ao longo da via férrea e dos eixos rodoviários principais (principalmente a Sul, como sejam Alfarelos, Granja do Ulmeiro, Santo Varão e Pereira mas também a Norte como é o caso de Arazede, Carapinheira e Meãs do Campo).

As cheias e inundações constituem a marca característica do perfil de suscetibilidade destes dois municípios. O cruzamento deste espaço-risco pelas Linha do Norte e Ramal da Figueira da Foz, configura alguma propensão para a ocorrência de disrupções associadas a cheias e inundações. Soure, em virtude da sismicidade associada a processos diapíricos, apresenta-se como o município onde este processo de risco é porventura mais significativo na região. Os incêndios em espaços florestais e agro-florestais marcam igualmente este espaço-risco. Os principais forçadores da vulnerabilidade territorial expressam-se por duas componentes principais, uma relativa à mobilidade intermunicipal (necessidade de deslocações para o local de trabalho e/ou de estudo, situado fora do município de residência), outra, que salienta o contexto demográfico e familiar do território. Este espaço-risco é caracterizado por valores médios de vulnerabilidade classificados como muito elevados (acima de 1,5). No contexto da CIM-RC, estes valores estão acima dos valores médios dos restantes municípios.

O espaço-risco 6 é constituído pelos municípios de Cantanhede e Mira, e representa a presença da litoralidade no contexto da CIM-RC. A morfologia suave e a ausência de cursos de água relevantes marcam a paisagem natural. Em contraste, são os extensos sistemas dunares e formações sedimentares terciárias, com ocupação por pinhal, eucaliptal e espaços agrícolas, a marca mais representativa deste território. Mira e Praia de Mira são os principais núcleos urbanos do município mais setentrional. Em Cantanhede, para a além da sede de município, as localidades de Tocha, Cadima, Febres, Murtede e Ançã constituem os núcleos urbanos relevantes.

A metodologia classificativa aplicada diferencia este espaço-risco dos demais pelos processos de perigo associados à orla costeira: tsunamis, galgamentos costeiros e erosão costeira. O histórico de sinistralidade rodoviária, considerando o contexto da CIM-RC, é marcado por um número elevado de ocorrências.

As componentes principais que explicam a vulnerabilidade territorial avaliada para este espaço-risco são a mobilidade intermunicipal (necessidade de deslocações para o local de trabalho e/ou de estudo) e o contexto demográfico e familiar do território. Os valores apurados definem valores médios de vulnerabilidade territorial situados na classe elevada (entre 0,5 e 1,5) que, no contexto intermunicipal, são positivamente valores abaixo dos valores obtidos para a média da CIM-RC.

O sétimo espaço-risco definido é composto unicamente pelo concelho de Figueira da Foz. A foz do rio Mondego e respetivo estuário, os extensos areais e sistemas dunares e a Serra da Boa Viagem constituem os principais traços naturais do território. As florestas e os espaços semi-naturais são a ocupação do solo dominante, existindo ainda importantes espaços agrícolas e áreas húmidas associadas ao rio Mondego. Adicionalmente à Figueira da Foz, Cova da Gala, Lavos e Leirosa são igualmente núcleos urbanos relevantes, assim como as localidades que se desenvolveram ao longo das EN 109 e EN111. O setor terciário, com o turismo em relevo, a par da atividade industrial – associada ou não à atividade portuária, como é o caso da indústria de celulose – são a base da economia deste espaço-risco.

Os processos de perigo mais relevantes estão, por um lado, relacionados à componente litoral (tsunamis, galgamentos costeiros e erosão costeira), e por outro, associados a processos hidro-geomorfológicos e meteorológicos que afetam os grandes centros urbanos (tempestades com ventos fortes e precipitações intensas, cheias e inundações urbanas). O elevado número de ocorrências de acidentes rodoviários é também uma característica deste espaço-risco.

Os resultados da avaliação da vulnerabilidade territorial identificam duas componentes principais explicativas da maior vulnerabilidade: a) uma componente relativa à população não ativa (envelhecida ou sem emprego) que, em oposição, define secções estatísticas de muito baixa vulnerabilidade associada às famílias empregadas com crianças entre os 0 e os 4 anos de idade. Adicionalmente, esta terceira componente principal da vulnerabilidade associa a inatividade da população a um contexto urbano antigo; b) uma componente relativa a grupos sociais desfavorecidos, em muitas situações institucionalizados (população com algum tipo de dificuldade e população idosa). A diversidade na amplitude de contextos de vulnerabilidade é um traço característicos deste espaço-risco, com extremos de muito baixa vulnerabilidade, a par de secções estatísticas com vulnerabilidade muito elevada também (acima de 1,5). Contudo, quer a média quer a mediana, apresentam valores abaixo do valor médio dos municípios da CIM-RC.

### 3 Envolvimento e participação segundo a abordagem *Q-Methodology*

#### 3.1 Enquadramento e métodos

A metodologia participativa escolhida para auscultação das opiniões, expectativas e preocupações face ao que deveria ser a gestão intermunicipal de riscos, e ao PIGR-RC em concreto, assentou em *Q-Methodology*. Esta técnica recorre a métodos estatísticos de triagem e análise fatorial que revelam e descrevem visões divergentes, bem como consensos, sobre um determinado tema ou conjunto de temas (BROWN, 1996; ROGERS, 1995).

A definição dos moldes em que decorreria a dinâmica participativa baseou-se na informação recolhida nas interações com os técnicos da CIM-RC, da leitura e análise dos planos municipais de defesa da floresta contra incêndios (PMDFCI) e dos planos municipais de emergência de proteção civil (PMEPC) dos 19 municípios, assim como das discussões em torno ao Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas da Região de Coimbra.

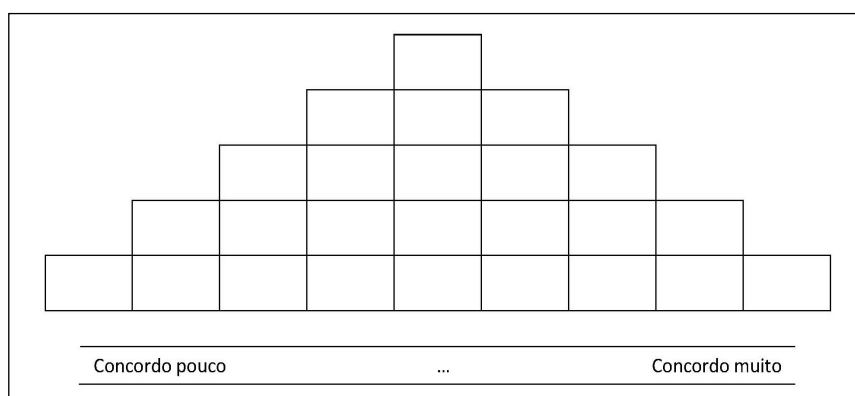
A dinâmica de *Q-Methodology* foi aplicada a 15 de novembro de 2016, em Coimbra, durante o workshop “Planeamento e Gestão do Risco à Escala Intermunicipal”, organizado em conjunto pelo Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (CES-UC) e pela CIM-RC. Numa fase prévia à aplicação da *Q-Methodology*, a equipa do CES-UC apresentou aos participantes as metas e procedimentos a explanar no PIGR-RC e recebeu a opinião e contributos das entidades convidadas presentes.

No referido workshop participaram na dinâmica *Q-Methodology* 32 pessoas representativas de diversas escalas e competências de atuação em matéria de gestão de risco municipal e supramunicipal, que constituem o designado *Q-Sort*: 25 pessoas representantes de 15 dos 19 municípios que compõem a Comunidade Intermunicipal, com atuação sobretudo nos Serviços Municipais de Proteção Civil, mas também no ordenamento do território, ambiente e ação social; 5 representantes de instituições científicas com investigação e atuação em avaliação e gestão de riscos; e 2 técnicos superiores, representantes da própria CIM-RC, e com competências igualmente ao nível da gestão de riscos. O *Q-Sort* traduz uma amostra estruturada de 32 participantes que são teoricamente relevantes para a avaliação em causa, com capacidade para apresentar um ponto de vista diferente sobre as componentes do risco e as estratégias de gestão à escala intermunicipal.

Segundo esta metodologia, aos participantes são apresentados um conjunto de “estímulos” ou afirmações, designadas de *Q-sample* perante as quais se deverão posicionar de acordo com diferentes graus de concordância. As 25 afirmações que constituem o *Q-sample* foram definidas e validadas pela equipa do Plano em conjunto com os técnicos da CIM-RC, representando a unidade básica da metodologia, tendo-se procurado que as mesmas fossem representativas dos pontos de vista dos participantes e reconhecidas como adequadas aos processos de gestão do risco.

A expressão dessa posição é realizada com recurso à grelha apresentada na Figura 5. As afirmações A1 a A25 colocadas aos participantes estavam organizadas em 5 grupos (c.f. Anexo I para consulta das 25 afirmações):

- Grupo 1: atuais instrumentos de planeamento de emergência;
- Grupo 2: sobre as funções de um plano como o PIGR-RC;
- Grupo 3: aspetos a focar no PIGR-RC;
- Grupo 4: receptividade a um plano como o PIGR-RC;
- Grupo 5: impactos esperados do PIGR-RC.



**Figura 5.** Grelha de grau de concordância da *Q-Methodology* com 25 células a serem preenchidas com cada uma das 25 afirmações (A1 a A25).

Visualmente, o resultado final da aplicação do método participativo consiste nas grelhas individualmente preenchidas por cada um dos participantes (Figura 5) e numa tela onde se colocaram e expuseram todas as respostas (Figura 6).

O apuramento dos resultados foi realizado com o apoio do programa PQmethod 2.35 (SCHMOLCK, 2008), uma rotina programada em linguagem FORTRAN, que calcula as

intercorrelações entre participantes e seus posicionamentos face à *Q-Sample*. A análise estatística consistiu no cálculo da matriz de correlação de todos os *Q-sort* (cada resposta individual), com vista a identificar as correlações entre as ordenações obtidas, segundo a formulação de Brown (1993). Após a correlação de fatores, por análise fatorial, são identificados grupos de questões por análise das suas semelhanças e/ou diferenças, sendo selecionados grupos de *Q-Sorts* com elevada correlação entre si, mas pouco correlacionáveis com outros grupos de questões, de modo a encontrar o número total de agrupamentos existentes (BRYMAN; CRAMER, 1993).



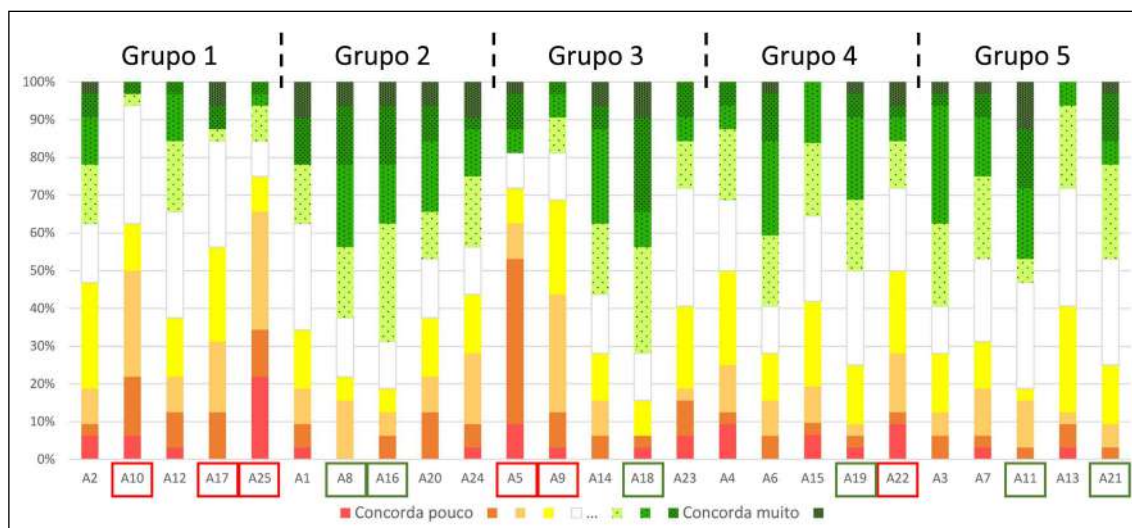
**Figura 6.** Aplicação de Q-Methodology para auscultação da opinião das partes interessadas ao nível municipal e intermunicipal sobre os instrumentos de gestão do risco de desastres.

### 3.2 Resultados

A análise aos resultados da dinâmica de auscultação refletida segundo *Q-Methodology*, evidencia a concordância para aos seguintes aspetos a considerar em matéria de planeamento intermunicipal da gestão de riscos (Figura 7):

- Valorização da resposta de emergência conjunta dos municípios, expressa num plano intermunicipal (A8, cf. Anexo I);
- Reconhecimento da necessidade de articulação entre as diversas entidades públicas e privadas na gestão de riscos, como forma de responder com maior eficácia à emergência intermunicipal (A16);
- Concordância com a necessidade de incluir e envolver no Plano intermunicipal outros setores de atividade (transportes, energia, mobilidade, ordenamento do território, ambiente, agricultura e florestas, por exemplo) para além dos tipicamente considerados como agentes de proteção civil (A18);

- Expetativa de que o PIGR-RC conduza a um maior enfoque em ações preventivas de preparação pré-desastre e ações de reabilitação e recuperação pós-desastre (A19);
- Concordância que a elaboração de um Plano com carácter intermunicipal favorecerá a existência de cartografia de risco harmonizada e condizente entre municípios (A11);
- A expetativa de que um Plano intermunicipal trará benefícios em termos de facilidade de mobilização de recursos materiais e humanos (A21).



**Figura 7.** Grau de concordância relativa atribuídos pelos participantes na *Q-Methodology*, face às 25 afirmações em debate.

Por outro lado, os participantes relevaram a sua discordância (ou menor concordância, segundo a grelha fornecida) relativamente às seguintes afirmações:

- A10 – Os critérios para ativação dos atuais planos de proteção civil são objetivos e eficientes;
- A17 – Há articulação entre o nível distrital e municipal na gestão da emergência;
- A25 – Há articulação entre o nível distrital e municipal em matéria de planeamento e mitigação do risco;
- A5 – Os sistemas de comunicação interna (intramunicipais) respondem às necessidades em qualquer fase do ciclo do desastre;
- A9 – Os sistemas de comunicação intermunicipais respondem às necessidades em situação de crise ou desastre;
- A22 – Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco para a Região de Coimbra permite melhorar a articulação política em caso de desastre e possibilita uma melhor capacidade de decisão em todas as fases do desastre

A expressão da menor concordância ou discordância consistiu num indicador muito relevante para a definição das áreas de intervenção (AI) acima descritas, bem como para os procedimentos a adotar nas várias fases do ciclo do desastre.

Adicionalmente, e por se considerar uma possível leitura entre municípios de fâcies mais rural (municípios localizados a Este do município de Coimbra) em comparação com os municípios mais urbanos e economicamente mais dinâmicos (localizados a Oeste do, e incluindo, município de Coimbra), procedeu-se a uma análise separada das respostas (Tabela 1). Tal exercício evidenciou que em nenhuma das afirmações se regista uma clara divergência de opiniões, observando-se ligeiras divergências em relação ao papel que o PIGR-RC deverá ter na região (A3, A4, A6, A7, A13, A15, A20, A23 e A24). Uma dessas divergências refere-se às operações de evacuação, à mobilidade das populações e manutenção de serviços e funções sociais (A20), aspetos em que os municípios do interior esperam do Plano intermunicipal uma maior resposta.

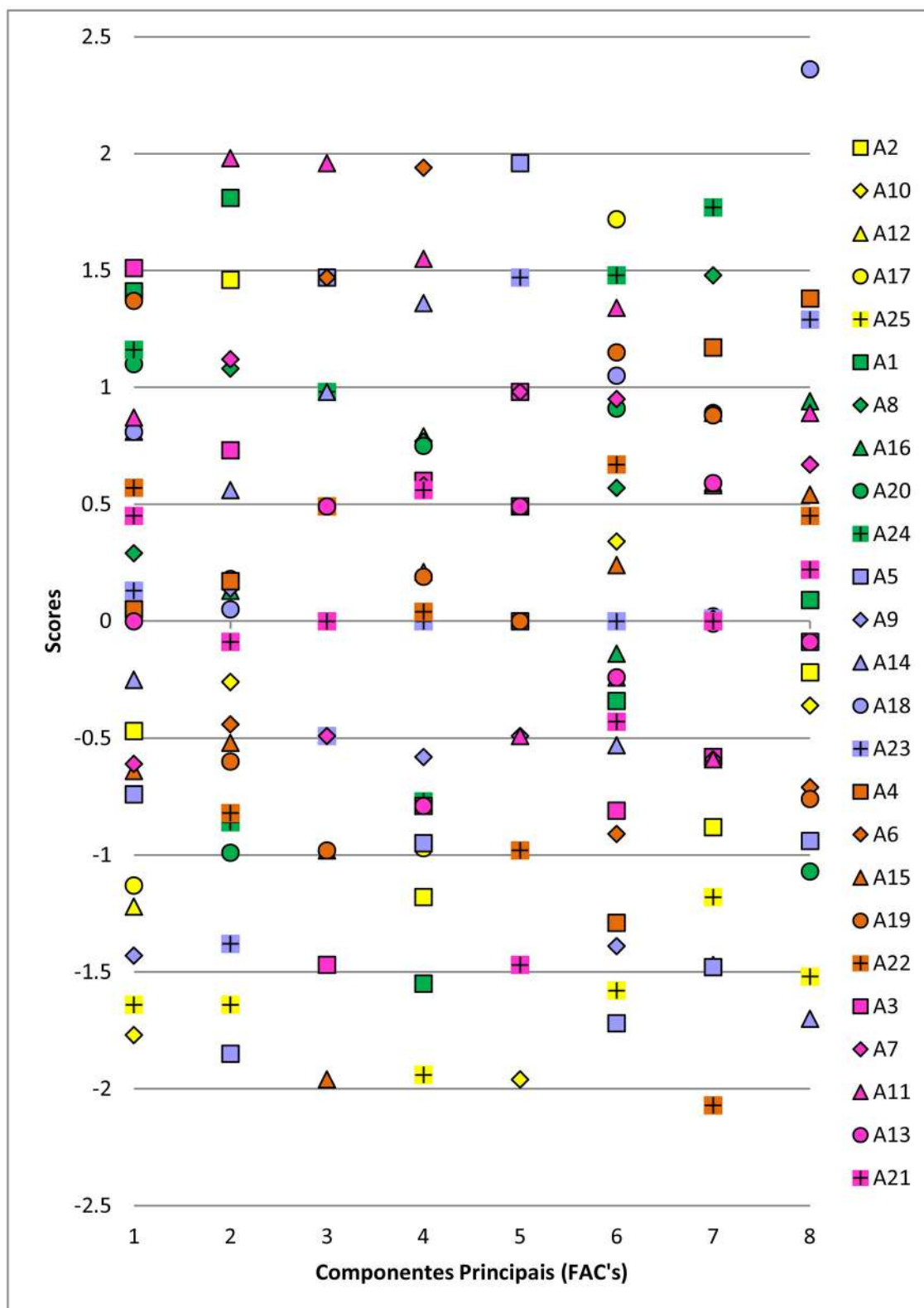
**Tabela 1.** Grau de concordância atribuídos pelos participantes na *Q-Methodology*, face às 25 afirmações em debate, segundo a área geográfica (municípios do setor oriental, de maior fâcies rural, e municípios do setor ocidental, de maior fâcies urbana). Legenda para a classificação atribuída: *Neutro* (Não há concordância entre os participantes) – O número de repostas com muita concordância é semelhante ao número de repostas com pouca concordância. *Concorda* – O número de repostas com muita concordância é superior ao número de repostas com pouca concordância. *Discorda* – O número de repostas com muita concordância é inferior ao número de repostas com pouca concordância.

Afirmção	Municípios Oeste	Municípios Este	Entidades	TOTAL	Afirmção	Municípios Oeste	Municípios Este	Entidades	TOTAL
A1	Neutro	Neutro	Discorda	Neutro	A14	Concorda	Concorda	Discorda	Concorda
A2	Neutro	Concorda	Discorda	Neutro	A15	Discorda	Neutro	Neutro	Neutro
A3	Concorda	Neutro	Concorda	Concorda	A16	Concorda	Concorda	Concorda	Concorda
A4	Neutro	Discorda	Concorda	Discorda	A17	Neutro	Neutro	Discorda	Discorda
A5	Neutro	Discorda	Discorda	Discorda	A18	Concorda	Concorda	Concorda	Concorda
A6	Concorda	Neutro	Concorda	Concorda	A19	Neutro	Neutro	Concorda	Neutro
A7	Neutro	Concorda	Neutro	Neutro	A20	Neutro	Concorda	Concorda	Neutro
A8	Neutro	Neutro	Concorda	Concorda	A21	Neutro	Neutro	Concorda	Neutro
A9	Discorda	Discorda	Discorda	Discorda	A22	Discorda	Discorda	Neutro	Neutro
A10	Discorda	Discorda	Discorda	Discorda	A23	Neutro	Discorda	Neutro	Neutro
A11	Neutro	Neutro	Concorda	Concorda	A24	Neutro	Discorda	Concorda	Neutro
A12	Discorda	Neutro	Neutro	Neutro	A25	Discorda	Discorda	Discorda	Discorda
A13	Neutro	Discorda	Neutro	Neutro					

A análise de componentes principais (ACP) realizada a partir das respostas e grau de concordância com cada uma das 25 afirmações, permite agrupar os participantes e compreender o tipo de associação de concordância vs. discordância a partir dos valores (*scores*) e sinais dos respetivos *loadings* em cada componente principal, ou FAC (Figura 8). Na figura, as diferentes cores representam os agrupamentos de questões: Grupo 1 (amarelo), Grupo 2 (verde claro), Grupo 3 (roxo), Grupo 4 (verde escuro) e Grupo 5 (cor-de-rosa).

A título exemplificativo, observe-se a componente principal #1 (FAC1), que explica 14% da variância, sendo assim a mais explicativa. Segundo a Figura 8, as afirmações com *loading* mais elevado (ou seja,  $>1$  e  $<-1$ ) são A1, A3, A19, A20 e A24, com *loadings* positivos, e A9, A10, A12, A17 e A25, com *loadings* negativos. Os respondentes representados nesta componente principal são assim caracterizados por elevada concordância 1) com o contributo positivo que um plano com as características do PIGR-RC trará para a gestão intermunicipal de riscos, focando-se na prevenção, contingência e reabilitação (e não tanto na emergência e socorro durante a emergência) e 2) com a consideração dos impactos diretos e indiretos dos riscos na evacuação, mobilidade, acesso a serviços e interrupção de funções sociais que afetam um ou mais municípios em simultâneo. No espectro inverso, os mesmos respondentes salientam pouca concordância (cf. Figura X5, mas que pode ser percebido como discordância) com afirmações que referem: a boa resposta dos sistemas de comunicação intermunicipais (A9), a objetividade e

eficiência dos critérios de ativação dos atuais planos municipais de emergência de proteção civil (A10), a adequada consideração dos riscos naturais nos mesmos planos (A12), e a existência de articulação entre o nível distrital e municipal durante a gestão da emergência (A17) e em matéria de planeamento e mitigação do risco (A25).



**Figura 8.** Componentes principais dos graus de concordância atribuídos pelos participantes na *Q-Methodology*, face às 25 afirmações em debate.

## 4 Discussão

As opiniões recolhidas durante o momento participativo de *Q-Methodology* salientam vários aspetos interessantes relativamente à gestão de riscos à escala intermunicipal, sendo um deles a aceitação de que aquele nível de atuação e coordenação pode, em determinados domínios e momentos prevalecer sobre o nível intra-municipal. Isso é patente na expectativa de que o PIGR-RC possa contribuir para a) uma otimização no acesso e manutenção dos recursos dedicados à gestão do risco e das emergências e b) para um incremento na partilha de responsabilidades. A CIM-RC é, factualmente, mais que apenas a totalidade dos municípios que a compõem. Em conjunto, a CIM-RC em representação dos seus membros tem atualmente a capacidade de decisão sobre que medidas de adaptação e mitigação poderão ser adotadas, não ficando apenas dependente das medidas de resposta à emergência previstas nos instrumentos estritos de emergência de proteção civil.

A auscultação de partes interessadas não constituiu o único momento de participação e envolvimento dos intervenientes municipais, distritais e regionais. A identificação e hierarquização dos riscos a ser considerados no Plano decorreu em estreita relação com as entidades distritais de emergência de proteção civil e com os quadros e órgãos de direção da Comunidade Intermunicipal. O diagnóstico dos riscos baseou-se em informação partilhada pelos níveis municipais e distritais (informação geográfica, bases de dados de ocorrências de desastres, documentos municipais e distritais de planeamento e gestão da emergência e riscos, etc.), e a validação dos espaços-risco foi feita após auscultação dos municípios, em complemento aos critérios estatísticos definidos (cf. Secção 2.2). A identificação e avaliação das áreas mais suscetíveis a episódios de nevoeiro, com ou sem relação a sinistralidade rodoviária, foi realizada pela equipa do CES-UC em trabalho de campo, entrevistando elementos das corporações de bombeiros existentes em cada município. Partindo desta avaliação, foi mais tarde possível instalar em alguns troços mais suscetíveis da rede rodoviária, sinalética horizontal e vertical e sensores de nevoeiro, que melhoram a resposta preventiva à sinistralidade.

Previamente à aprovação do PIGR-RC pelo Conselho Intermunicipal, o Plano foi disponibilizado a todos os municípios por meio da vereação camarária com o pelouro da proteção civil que, frequentemente, reencaminhou o pedido de contributos para os técnicos municipais com intervenção nos Serviços Municipais de Proteção Civil, mas igualmente nas áreas do Urbanismo e Ordenamento do Território, Ambiente e Ação Social. Deste processo receberam-se vários contributos, sendo de destacar os dos municípios de Coimbra, Lousã, Montemor-o-Velho e Mira. Nesta fase de consulta, foram ainda incorporados os contributos da Agência Portuguesa do Ambiente, do Comando Distrital de Operações de Socorro de Coimbra, do Instituto de Segurança Social e da própria Presidência da CIM-RC.

Outra questão que importa realçar para maior eficácia do PIGR-RC é a da abrangência territorial. Com efeito, a emergência de proteção civil está atualmente organizada segundo distritos, cuja expressão territorial não coincide com a das entidades intermunicipais. A CIM-RC tem a maioria dos seus 19 municípios pertencentes ao distrito de Coimbra estando, portanto, sob o mesmo Comando Distrital de Operações de Socorro (o CDOS de Coimbra), mas, os municípios de Mealhada e Mortágua já pertencem aos distritos de Aveiro e Viseu, respetivamente, estando por isso afetos aos respetivos comandos distritais em matéria de emergência de proteção civil. A respostas às afirmações A17 e A25 denotam o reconhecimento desta disparidade por parte das entidades municipais.

Da parte da CIM-RC e da equipa científica do CES-UC que pensou e elaborou o Plano, existiu a compreensão de que as entidades intermunicipais dispunham de um quadro regulamentar e orgânico, bem como de oportunidade de acesso a



recursos financeiros, que propiciavam a assunção de um papel mais ativo em matéria de gestão de risco de desastres. Com efeito, as comunidades intermunicipais e áreas metropolitanas – que coincidem territorialmente com as já referidas NUT 3 – dispõem atualmente de condições para a acomodação de transferência de competências e alocação de recursos nacionais e supra-nacionais e, inclusivamente, para a aquisição e implementação de recursos tecnológicos na área da monitorização e gestão em tempo real dos processos relativos a desastres e acidentes.

Com efeito, a par da elaboração do PIGR-RC, a CIM-RC implementou articuladamente duas medidas fundamentais de monitorização à escala da CIM-RC: em primeiro lugar, a aquisição de recursos tecnológicos de monitorização, alguns em resposta aos principais riscos no território, a saber, de cheias e inundações, incêndios florestais, acidentes rodoviários, erosão e tempestades costeiras, ondas de calor e vagas de frio. Em segundo lugar, o desenho, conceção e implementação de um sistema informático integrado de apoio à decisão e gestão de emergências (SADGE).

Finalmente – e isso é algo que transparece com clareza na tipologia de áreas de intervenção contempladas no PIGR-RC – o Plano adota um modelo de gestão de risco baseado nos impactos e não nos processos. Isso é evidente na consideração de áreas de intervenção como “confinamento, isolamento, evacuação e realojamento”, “manutenção de funções vitais”, “mobilidade e transportes” e “salvaguarda de património natural e cultural”.

Os sistemas naturais e sociais causadores de risco de desastre interagem cada vez mais com maior complexidade, segundo processos parcialmente desconhecidos da comunidade científica e decisores. Em concordância com este cenário, os atuais referenciais globais de governação do risco, com ênfase para o Quadro de Sendai, apontam inequivocamente para a necessidade de políticas e respostas multi-risco com foco local, articuladas com níveis de avaliação e gestão superiores.

## Conclusões

O território da CIM da Região de Coimbra, Portugal, é marcado sob diversas perspetivas – da perigosidade, da vulnerabilidade e da capacidade de resposta aos desastres – pelo contraste elevado entre meio rural e urbano, que genericamente se pode também resumir a um contraste em litoralidade e interioridade.

Tal diversidade reflete-se inevitavelmente em particularidades na expressão dos processos de criação de risco, consoante as possibilidades, necessidades, sensibilidades dos decisores e exigências políticas – segundo lógicas *top-down* e, menos frequentemente, *bottom-up* (TAVARES; MENDES, 2010). Neste contexto, as dinâmicas atuais de gestão do risco de desastre em cada unidade territorial, apresentam particularidades e lacunas que requerem distintos graus de articulação e de partilha de recursos. Tais princípios de atuação procuram dar cumprimento ao estabelecido na LBPC portuguesa, que promove o “carácter permanente, multidisciplinar e plurisectorial” das atividades de proteção civil, atribuindo aos órgãos e departamentos da Administração Pública o papel de “promover as condições indispensáveis à sua execução, de forma descentralizada” (n.º 2 do artigo 1.º da LBPC).

A lógica de partilha de recursos intermunicipal subjacente ao PIGR-RC procura promover a coesão entre os vários municípios nas matérias relacionadas à redução do risco de desastres e à resiliência, algo que foi evidenciado ao longo do processo participativo.

O trabalho apresentado procurou exemplificar a aplicação de processos de aquisição de conhecimento e de auscultação de decisores e participantes em processos intermunicipais de gestão de risco. Considera-se que esta abordagem conferiu ao processo de governação a necessária visão multi-risco, multi-escalar e multi-setorial, como defendida

nos atuais referenciais globais relativos à sustentabilidade e à redução do risco de desastres, nomeadamente no Quadro de Sendai para Redução do Risco de Desastres para o período de 2015/2030, na Agenda 2030 e nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

## Referências

- AVEN, Terje; RENN, Ortwin. **Risk Management and Governance: Concepts, Guidelines and Applications**. Londres: Springer, 2010. DOI: 10.1007/978-3-642-13926-0.
- BIRKMANN, J. et al. Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. **Natural Hazards**, v. 67, n. 2, p. 193–211, 2013. DOI: 10.1007/s11069-013-0558-5.
- BRACKEN, L. J.; OUGHTON, E. A.; DONALDSON, A.; COOK, B.; FORRESTER, J.; SPRAY, C.; CINDERBY, S.; PASSMORE, D.; BISSETT, N. Flood risk management, an approach to managing cross-border hazards. **Natural Hazards**, v. 82, n. 2, p. 217–240, 2016. DOI: 10.1007/s11069-016-2284-2.
- BROWN, Steven R. Q Methodology and Qualitative Research. **Qualitative Health Research**, v. 6, n. 4, p. 561–567, 1996. DOI: 10.1177/104973239600600408.
- BRYMAN, A.; CRAMER, D. **Análise de dados em ciências sociais: introdução às técnicas utilizando o SPSS para Windows**. Lisboa: Celta Editora, 1993.
- COSTA, C. **Recursos Geológicos como fatores críticos para a decisão de revisão do Plano Diretor Municipal de São Pedro do Sul**. 2019. Universidade de Coimbra, Coimbra, 2019.
- COUTO, Margarida; FARATE, Carlos; RAMOS, Susana; FLEMING, Manuela. A Metodologia Q nas Ciências Sociais e Humanas: O resgate da subjectividade na investigação empírica. **Psicologia**, v. 25, n. 2, p. 7–21, 2013. DOI: 10.17575/rpsicol.v25i2.285.
- FLEISCHHAUER, M. et al. Improving the active involvement of stakeholders and the public in flood risk management – tools of an involvement strategy and case study results from Austria, Germany and Italy. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 12, n. 9, p. 2785–2798, 2012. DOI: 10.5194/nhess-12-2785-2012.
- FORRESTER, John. Logistics of public participation in environmental assessment. **International Journal of Environment and Pollution**, v. 11, n. 3, p. 316–330, 1999. DOI: 10.1504/IJEP.1999.002264.
- FREEMAN, R. Edward. The Politics of Stakeholder Theory: Some Future Directions. **Business Ethics Quarterly**, v. 4, n. 4, p. 409–421, 1994. DOI: 10.2307/3857340.
- FRIEDMAN, Andrew L.; MILES, Samantha. **Stakeholders: Theory and Practice**. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- KLINKE, Andreas; RENN, Ortwin. Adaptive and integrative governance on risk and uncertainty. **Journal of Risk Research**, v. 15, n. 3, p. 273–292, 2012. DOI: 10.1080/13669877.2011.636838.
- KOMENDANTOVA, Nadejda; MRZYGLOCKI, Roger; MIGNAN, Arnaud; KHAZAI, Bijan; WENZEL, Friedemann; PATT, Anthony; FLEMING, Kevin. Multi-hazard and multi-risk decision-support tools as a part of participatory risk governance: Feedback from civil protection stakeholders. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 8, p. 50–67, 2014. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2013.12.006.
- KUHLICKE, Christian et al. Perspectives on social capacity building for natural hazards: Outlining an emerging field of research and practice in Europe. **Environmental Science and Policy**, v. 14, n. 7, p. 804–814, 2011. DOI: 10.1016/j.envsci.2011.05.001.
- KUHLICKE, Christian; CALLSEN, Ines; BEGG, Chloe. Reputational risks and participation in flood risk management and the public debate about the 2013 flood in Germany. **Environmental Science and Policy**, v. 55, p. 318–325, 2016. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.06.011.

- MENDES, José Manuel. **Sociologia do Risco: uma breve introdução e algumas lições**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2015.
- NEWIG, Jens; KOCHSKÄMPER, Elisa; CHALLIES, Edward; JAGER, Nicolas W. Exploring governance learning: How policymakers draw on evidence, experience and intuition in designing participatory flood risk planning. **Environmental Science and Policy**, v. 55, p. 353–360, 2016. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.07.020.
- PALTTALA, Pauliina; BOANO, Camillo; LUND, Ragnhild; VOS, Marita. Communication Gaps in Disaster Management: Perceptions by Experts from Governmental and Non-Governmental Organizations. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, v. 20, n. 1, p. 2–12, 2012. DOI: 10.1111/j.1468-5973.2011.00656.x.
- REED, M. S.; CURZON, R. Stakeholder mapping for the governance of biosecurity: a literature review. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, v. 12, n. 1, p. 15–38, 2015. DOI: 10.1080/1943815X.2014.975723.
- REED, Mark S.; GRAVES, Anil; DANDY, Norman; POSTHUMUS, Helena; HUBACEK, Klaus; MORRIS, Joe; PRELL, Christina; QUINN, Claire H.; STRINGER, Lindsay C. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 5, p. 1933–1949, 2009. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.01.001.
- RENN, Ortwin. New challenges for risk analysis: systemic risks. **Journal of Risk Research**, 2020. DOI: 10.1080/13669877.2020.1779787.
- ROGERS, Rex Stainton. *Q-Methodology*. In: SMITH, J.; HARRE, R.; VAN LANGENHOVE, L. (org.). **Rethinking methods in psychology**. Nova Iorque: Sage, 1995. p. 178–192.
- SANTOS, P. P.; PEREIRA, S.; ZÉZERE, J. L.; TAVARES, A. O.; REIS, E.; GARCIA, R. A. C.; OLIVEIRA, S. C. A comprehensive approach to understanding flood risk drivers at the municipal level. **Journal of Environmental Management**, v. 260, 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110127.
- SCHMOLCK, P. **The QMethod Page**. 2008. Disponível em: <http://schmolck.org/qmethod/>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- SHACKLETON, Ross T. et al. Stakeholder engagement in the study and management of invasive alien species. **Journal of Environmental Management**, v. 229, p. 88–101, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.04.044.
- TAVARES, Alexandre Oliveira. Referenciais e modelos de governação dos riscos. In: LOURENÇO, Luciano; MATEUS, Manuel Alberto (org.). **Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo**. Coimbra: Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2013. p. 63–80.
- TAVARES, Alexandre Oliveira. Modelos de Gestão dos Riscos e as Políticas Públicas. In: LOURENÇO, Luciano; AMARO, António (org.). **Riscos e Crises. Da Teoria à Plena Manifestação**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018. p. 179–205. DOI: 10.14195/978-989-26-1697-1\_6.
- TAVARES, Alexandre Oliveira; MENDES, José Manuel. Risk prevention, risk reduction and planning policies: misunderstandings and gaps in a local context. In: KREMERS, Horst; SUSINI, Alberto (org.). **Risk Models and Applications**. Berlim: CODATA-Germany, 2010. p. 73–88.
- UNDRR. **Global assessment report on disaster risk reduction - 2009**. Geneve: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2009. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2009>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- UNISDR. **Quadro de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015-2030**. Sendai: Gabinete das Nações Unidas para a Redução do Risco de Catástrofes, 2015.
- VAN EXEL, Job; DE GRAAF, Gjalte. **Q methodology: A sneak preview**. 2005. Disponível em: <http://reserves.library.kent.edu/courseindex.asp>; Acesso em: 12 ago. 2020.

WEBLER, Thomas; DANIELSON, Stentor; TULER, Seth. **Using Q Method to Reveal Social Perspectives in Environmental Research Board of Directors**. Greenfield MA. Disponível em: <http://www.seri-us.org/sites/default/files/Qprimer.pdf>www.seri-us.org. Acesso em: 12 ago. 2020.

WEBLER, Thomas; TULER, Seth; SHOCKEY, Ingrid; STERN, Paul; BEATTIE, Robert. Participation by local governmental officials in watershed management planning. **Society and Natural Resources**, v. 16, n. 2, p. 105–121, 2003. DOI: 10.1080/08941920309196.

WESSELINK, Anna; PAAVOLA, Jouni; FRITSCH, Oliver; RENN, Ortwin. Rationales for Public Participation in Environmental Policy and Governance: Practitioners' Perspectives. **Environment and Planning A: Economy and Space**, v. 43, n. 11, p. 2688–2704, 2011. DOI: 10.1068/a44161.

## Legislação

Lei de Bases da Proteção Civil, Lei n.º 27/2006, de 3 de julho, na sua redação atual.

Lei-quadro da transferência de competências para as autarquias locais e para as entidades intermunicipais, Lei n.º 50/2018 de 16 de agosto.

Regime Jurídico das Autarquias Locais, Lei n.º 75/2013, de 12 de setembro, na sua redação atual.

## Anexo I – Afirmações aplicadas em *Q-Methodology*

- A1: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco deve focar-se na prevenção, contingência e reabilitação das atividades.
- A2: Os atuais instrumentos de planeamento de proteção civil incluem os riscos mais importantes presentes na CIM da Região de Coimbra.
- A3: A gestão dos riscos à escala da CIM da Região de Coimbra beneficiará com instrumentos de gestão à escala intermunicipal.
- A4: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco para a Região de Coimbra irá melhorar a resposta operacional municipal e regional aos riscos.
- A5: Os sistemas de comunicação interna (intramunicipais) respondem às necessidades em qualquer fase do ciclo do desastre.
- A6: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco para a Região de Coimbra irá melhorar a articulação entre os vários Planos Municipais de Emergência de Proteção Civil.
- A7: A gestão dos riscos à escala da CIM da Região de Coimbra beneficiará com a capacidade de mobilização de mais recursos financeiros.
- A8: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco deve melhorar a resposta de emergência conjunta dos municípios.
- A9: Os sistemas de comunicação intermunicipais respondem às necessidades em situação de crise ou desastre.
- A10: Os critérios para ativação dos atuais planos de proteção civil são objetivos e eficientes.
- A11: A gestão dos riscos à escala da CIM da Região de Coimbra é uma oportunidade para harmonizar as várias cartografias de risco, levando à concordância de classes de risco entre municípios.
- A12: Os riscos naturais são adequadamente considerados nos atuais planos de proteção civil.
- A13: A gestão dos riscos à escala da CIM da Região de Coimbra permite alargar as questões relativas aos riscos a outros setores de atividade e envolver outros interlocutores.
- A14: É importante definir à escala intermunicipal critérios comuns de ativação e desativação para os planos de emergência.

A15: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco para a Região de Coimbra possibilita uma melhor utilização dos recursos de aviso e alerta e dos recursos materiais e humanos para o socorro.

A16: A articulação das várias entidades públicas e privadas na gestão do risco é fundamental para responder com eficiência à emergência intermunicipal.

A17: Há articulação entre o nível distrital e municipal na gestão da emergência.

A18: Um Plano Intermunicipal deve reforçar o envolvimento de diversos setores de atividade (transportes, energia, mobilidade, ordenamento do território, ambiente, agricultura e florestas, por exemplo), para além dos agentes de Proteção Civil (Bombeiros, Serviços Municipais, ICNF, Forças de Segurança).

A19: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco para a Região de Coimbra de permite melhorar as ações preventivas de preparação para o desastre e de recuperação pós-desastre das comunidades afetadas.

A20: Aumentar a capacidade de decisão sobre os impactos dos riscos na evacuação e mobilidade de pessoas, no acesso a serviços ou na interrupção de funções sociais, deve ser um objetivo do Plano Intermunicipal.

A21: A gestão dos riscos à escala da CIM da Região de Coimbra beneficiará com a facilidade de mobilização de recursos materiais e humanos, quer operacionais quer de suporte técnico.

A22: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco para a Região de Coimbra permite melhorar a articulação política em caso de desastre e possibilita uma melhor capacidade de decisão em todas as fases do desastre.

A23: É importante à escala intermunicipal definir quais os riscos a necessitem de planos especiais de gestão.

A24: Um Plano Intermunicipal para a gestão do risco para a Região de Coimbra deve avaliar os principais riscos naturais, ambientais e tecnológicos que afetam, individual ou conjuntamente, os municípios.

A25: Há articulação entre o nível distrital e municipal em matéria de planeamento e mitigação do risco.



# PANORAMA DOS RISCOS COSTEIROS NO ESTADO DO AMAPÁ: CONHECER PARA AGIR

Orleno Marques da Silva Junior<sup>1</sup>

Leonardo Sousa dos Santos<sup>2</sup>

Marcus Roberto Cascaes Rodrigues<sup>3</sup>

## 1 Introdução

O Brasil possui uma linha de costa de, aproximadamente, 8.500 km de extensão, dos quais 35% são ocupados pelo litoral amazônico brasileiro. A zona costeira amazônica ocupa uma extensão de 2.975 km, estando limitada pelo rio Oiapoque no extremo norte do Amapá e pela baía de São Marcos no Maranhão (PEREIRA et al., 2012; PRESTES; SILVA; JEANDE, 2018). É uma região complexa abrangendo diversos ambientes, como estuários, pântanos, manguezais, planície de marés, dunas, praias, lagos e cheniers (SANTOS, 2006; SOUZA-FILHO et al., 2011). A influência do rio Amazonas é preponderante na região, atuando na descarga de aproximadamente 6,3 trilhões  $m^3 \cdot ano^{-1}$  das águas continentais mundiais, representando cerca de 16% de toda a água doce despejada nos oceanos (OLTMAN, 1968).

A atual faixa litorânea, com até 100 m do nível do mar, concentra cerca de 2/3 da população mundial sob a taxa de incremento de 1,5% até 2020 (UNDP et al., 2012). A média global para a subida do nível do mar é da ordem de 0,5 m com aquecimento de 2° C projetados para 2050 no cenário pessimista (IPCC, 2014). Os processos físicos costeiros alterados por mudanças climáticas e aliados às atividades humanas propiciam condições de risco acelerando a ocorrência de eventos danosos como inundações, ondas elevadas, tempestades severas, erosão costeira, derivas continentais e redistribuição sedimentar (SANTOS, 2006; NICHOLLS et al., 2007; NICHOLLS; CAZENAVE, 2010).

Nas últimas décadas pode se observar um aumento no número de desastres relacionados com os fenômenos hidroclimáticos. Muitos autores (EASTERLING et al., 2000; SMITH, 2000; BERZ et al., 2001; McBEAN, 2004; SILVA JUNIOR, 2010; PEREIRA et al., 2016; LOPES et al. 2017; PABÓN-CAICEDO et al., 2018) comprovaram em suas pesquisas esse aumento ser em função das mudanças climáticas. Os desastres naturais têm gerado grandes impactos negativos na sociedade em virtude da ocupação de áreas vulneráveis ou da sua incapacidade em responder aos mesmos.

Os fenômenos naturais extremos não se traduzem necessariamente em risco para os indivíduos e sistemas socioeconômicos, entretanto, quando a sua manifestação ameaça

---

1 Doutor em Planejamento Ambiental. Coordenador do Programa de Gerenciamento Costeiro do Estado do Amapá - Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - GERCO/IEPA. E-mail: orleno@ppe.ufij.br.

2 Doutor em Geografia. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará. E-mail: leonardodorgeo@gmail.com.

3 Sub Gerente do Programa de Gerenciamento Costeiro do Estado do Amapá - Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - GERCO/IEPA. E-mail: marcus.cascaes18@hotmail.com.

a normalidade, tais fenômenos, podem se tornar riscos em potencial. O risco depende não somente das características do perigo existente, senão também das características das pessoas, populações e o sistemas impactados. Segundo Bollin (2007), o risco reflete a possibilidade de perdas e danos humanos e econômicos e é latente onde uma ameaça coexiste com uma população ou infraestrutura vulnerável. Mitchell, Tanner e Haynes (2009), ao relacionar o risco com perdas sociais e econômicas, ameaças e populações vulneráveis, dão o real sentido a esse conceito, pois danos e os prejuízos são o que caracterizam o risco a um desastre e é essa quantificação de perdas que diferencia os conceitos de risco e ameaça.

Segundo Lopes et al. (2009), para que haja um desastre é necessário que ocorram danos, e os consequentes prejuízos. Dano é conceituado como sendo a intensidade das perdas humanas, materiais ou ambientais ocorridas às pessoas, comunidades, instituições, instalações e aos ecossistemas, como consequência de um desastre ou acidente.

Na Amazônia, as ameaças ou evento natural que pode desencadear um dano estão ligados predominantemente à dinâmica dos rios com casos mais comuns de ameaças relacionadas a enchentes, erosão e em menor incidência a seca. No Amapá, os riscos conhecidos são principalmente causados pela erosão e inundações. Há também a submersão lenta ou abrupta de espaços litorais continentais e a intrusão salina. Há uma estreita relação desses riscos com às mudanças climáticas que levam a um aumento no nível médio dos mares. As mudanças climáticas exacerbam a degradação dos solos, sobretudo em áreas costeiras, de baixas altitudes e deltas fluviais (IPCC, 2019).

O objetivo desse artigo é pontuar e descrever os principais riscos costeiros existentes no estado do Amapá de maneira a dar conhecimento a sociedade e ao poder público para que ações de mitigação a esses impactos possam ser elaboradas assim como estudos mais detalhados sobre os mesmos.

## 2 Zona Costeira do Amapá

A Zona Costeira do Estado do Amapá (ZECA) se entende por cerca de 750 km da foz do rio Oiapoque à foz do Rio Jari. Dos 16 municípios que o estado possui, onze estão inseridos na ZCEA: Oiapoque, Calçoene, Amapá, Pracuúba, Tartarugalzinho, Cutias, Itaubal, Macapá, Santana, Mazagão e Vitória do Jari.

Considerando as características fisiografias e dinâmicas, a ZCEA é dividida em dois setores distintos (TORRES; EL-ROBRINI, 2006; TAKIYAMA; SILVA, 2009): Costa Oceânica do Amapá e Costa Estuarina do Amapá (Figura 1).

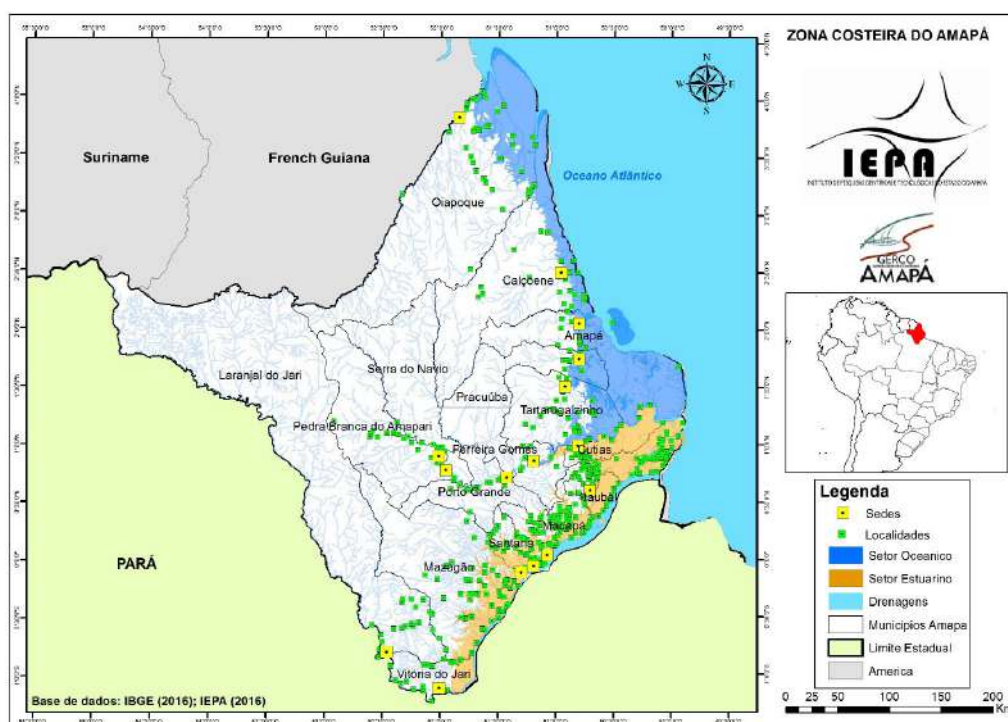
A Costa Oceânica estende-se da Baía do rio Oiapoque até a antiga foz do rio Araguari, abrangendo uma área de cerca de 15.500 km<sup>2</sup>. Apresenta largas e extensas planícies de maré lamosas, a partir do Cabo Cassiporé em direção noroeste. Ao sul, é notável a presença de cordões arenosos e de praias (IEPA, 2016). Bosques de mangues frontais, em forma de franja, bordejam este litoral, que para o interior possui contato com campos inundáveis, desenvolvidos sobre as planícies de inundação influenciadas sazonalmente pelas marés (IEPA, 2016).

A Costa Estuarina se estende por cerca de 9.700 km<sup>2</sup>, está em contato direto com o Canal do Norte do rio Amazonas, se caracteriza por apresentar um substrato argiloso e siltoso ao longo da planície de inundação do rio Amazonas e seus tributários, e também, possui influência das marés. Para o interior da desembocadura do Amazonas, os mangues dão lugar a extensas florestas de várzea e banhados, que recobrem o substrato das margens de rios e ilhas e as planícies de inundação. Pequenas praias de bolso ocorrem no interior, às proximidades da cidade de Macapá (IEPA, 2016).

A principal atividade nos municípios que compõem o setor oceânico é a criação de bois, búfalos e a pesca artesanal. Nesse setor, também, concentra-se uma das maiores riquezas do estado: os manguezais. Este ecossistema se estende por quase

toda a costa do setor oceânico e constitui o berçário de muitas espécies que o utilizam para sua reprodução e depois retornam ao seu habitat de origem. Por sua vez, o Setor Estuarino é a região mais dinâmica do estado do ponto de vista socioeconômico e concentra mais de 70% da população total do Estado. Macapá, a capital, é o principal centro urbano da região, comandando a demanda de serviços e atividades econômicas. No município de Santana localiza-se a infraestrutura portuária do Estado.

A ZCEA é a região costeira com menor densidade populacional do Brasil. No entanto, possui inúmeras ocupações dispersas ao longo do litoral, com grande adensamento de populações nas zonas urbanas, o que se reflete na diversidade e localização dos recursos socioeconômicos. Na Figura 1 observa-se a distribuição das sedes municipais e localizadas no Estado do Amapá, a maioria das comunidades estão localizadas na ZCEA.



**Figura 1.** Setorização da Zona Costeira do Amapá, presença de comunidades e sedes municipais.

Por ser a faixa mais densamente povoada do Estado do Amapá, a maioria das atividades econômicas também se desenvolvem na ZCEA, essa diversidade de atividades deve ser considerada no planejamento e gerenciamento.

Nota-se que são numerosas as populações de comunidades tradicionais na ZCA, sejam eles caboclos (“ribeirinhos”), quilombolas, pescadores, agricultores ou indígenas. Essas populações utilizam os recursos naturais e serviços ambientais disponíveis e contribuem com a proteção e/ou conservação ambiental, o que se manifesta pelo elevado número de unidades de conservação, em particular as de uso sustentável.

Assim, devido à dinâmica natural e a importância das atividades que se desenvolvem na região costeira, há grande necessidade de se conhecer as ameaças e vulnerabilidade a que essa região está sujeita para assim identificar os riscos e propor ações para mitigá-los.

### 3 Características físicas

Apesar da setorização já citada, a Zona Costeira do Estado do Amapá, possui características de relevo, geomorfológicas e meteorológicas compartilhadas entre os



dois setores, sendo diferenciados apenas pelos processos que atuam em cada uma, e as atividades humanas predominantes em cada setor.

### 3.1 Relevo

A paisagem da Zona Costeira Amapaense é formada, em sua grande maioria, por áreas planas, levemente onduladas e de baixa altitude, cujos conjuntos de tais áreas compõem a planície costeira, uma região que possui uma interface com mar, e conseqüentemente está sujeita aos processos hidrodinâmicos (ROCHA; SOUZA; SOARES, 2018). Assim, muitos ecossistemas presentes neste tipo de relevo, caracterizado como plano ou baixo, também estão sujeitos a flutuações sazonais de marés, responsáveis pelo alagamento periódico de água salgada ou salobra, principalmente, manguezais, áreas de várzeas e campos inundáveis (SILVEIRA; SILVEIRA; COSTA NETO, 2006).

Analisando o modelo digital de elevação mostrado na Figura 2, percebe-se que a área de menor altitude do estado é a área costeira, o relevo vai aumentando conforme se afasta do litoral para oeste. Essa condição torna a área muito frágil às oscilações climáticas e às intervenções antrópicas.

De acordo com Silveira e Santos (2006), a configuração atual da planície costeira é resultado da ação de processos erosivos e deposicionais, que foram determinantes para o estabelecimento da unidade morfoestrutural que compõe a paisagem, como por exemplo, o estabelecimento do Grupo Barreiras ao longo da linha de costa do Amapá.

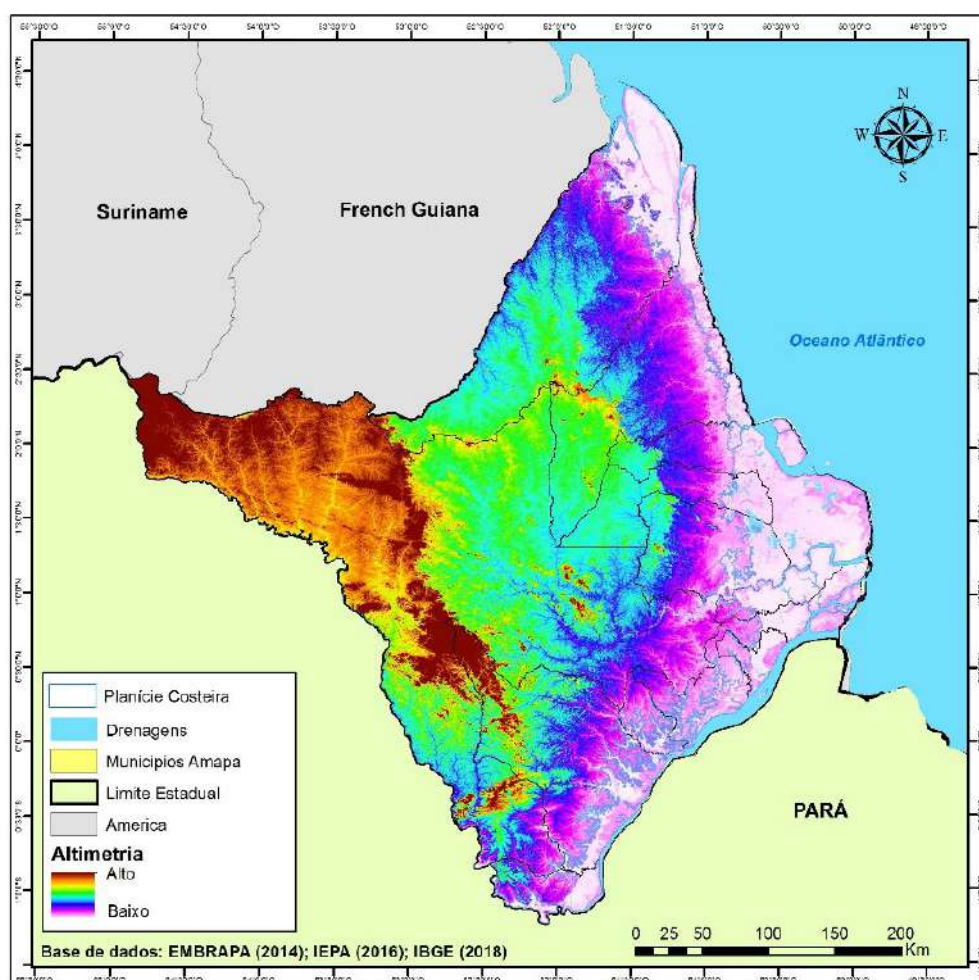
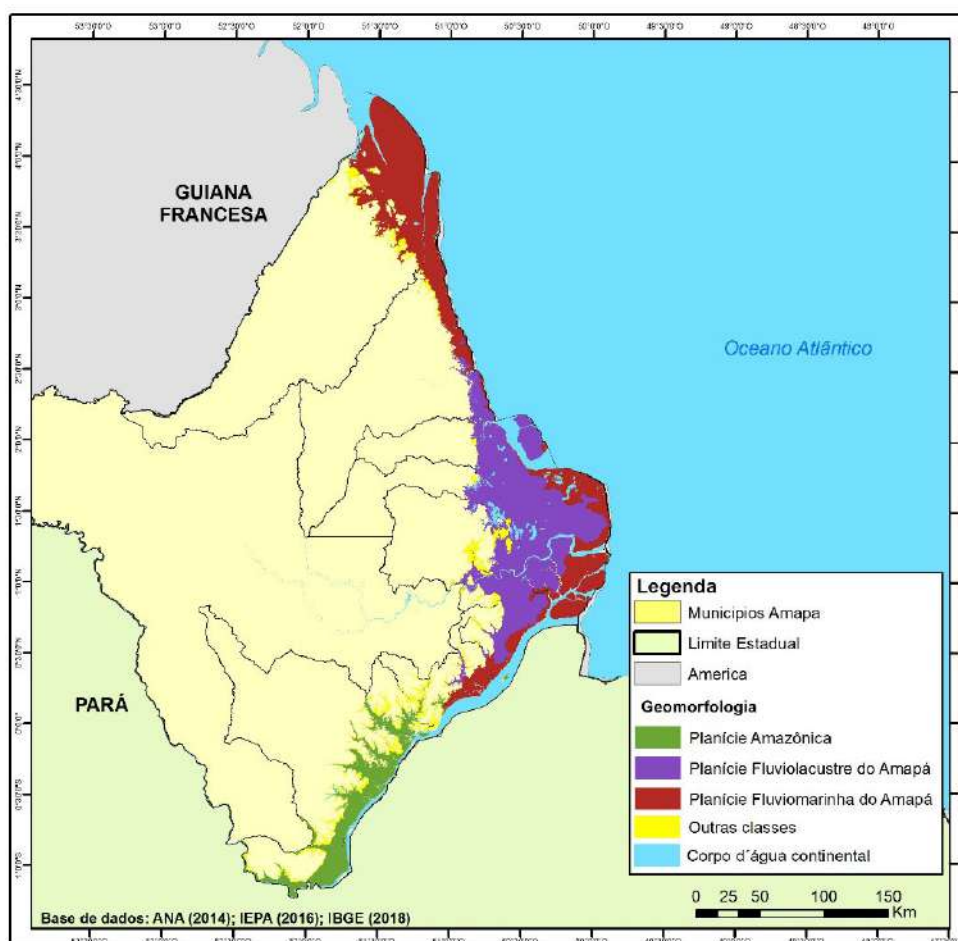


Figura 2. Modelo digital de elevação do estado do Amapá.

### 3.2 Geomorfologia

O estado do Amapá, possui ao todo cinco unidades morfoestruturais. A sua zona costeira é representada pela Planície Costeira, unidade morfoestrutural que corresponde a uma área de ocorrência de sedimentos quaternários fixados pela vegetação costeira, principalmente, os manguezais (SILVEIRA; SANTOS, 2006; ABDON et al., 2008).

De acordo com Silveira e Santos (2006), os sedimentos de origem quaternária podem ser provenientes de Depósitos de planície flúvio estuarina/lacustres e flúvio-marinha (Figura 3). Os Depósitos de planície flúvio-estuarina são caracterizados por pertencer às porções mais internas, continente adentro, desenvolvidas atrás de áreas de várzeas e manguezais do interior da planície costeira, com sedimentos ricos em matéria orgânica. Apesar de terem pouca influência marinha, algumas áreas do estado, como a porção noroeste do Cabo Norte, possuem uma sedimentação, tipicamente, de influência marinha. A planície amazônica é predominante ao sul da área costeira até o rio Jari.



**Figura 3.** Classes geomorfológicas na planície costeira do Estado do Amapá.

Já os Depósitos de planície flúvio-marinha por sua vez, localizados ao longo da linha de costa em regiões onde os processos costeiros dinâmicos são mais acentuados, por este motivo, estes depósitos possuem áreas de maior salinidade devido a influência do oceano. As regiões onde ocorrem estes depósitos são de grande importância geomorfológica, pois é nestas, cujos efeitos primordiais das marés são mais evidentes, ou seja, a sedimentação nestas áreas.

Apesar dos depósitos sedimentares provenientes do período quaternário caracterizarem bem a unidade morfoestrutural que é a Planície Costeira, está também

apresenta outro tipo de cobertura sedimentar bem característica proveniente do período terciário, o Grupo Barreiras. Este grupo sedimentar é fruto, principalmente, da sedimentação fluvial ocorrida na era Cenozóica, no período Terciário, com constituição sedimentar no estado do Amapá de arenito e argilito com tonalidades variadas (amarelo-avermelhada), com rochas pouco consolidadas, sob a forma de platôs baixos e dissecados ou relevo colinoso (DEMATTE et al., 2012).

### 3.3 Clima

O estado do Amapá, assim como os estados de Amazonas, Roraima e Pará, está em uma posição geográfica caracterizada pela presença da linha do Equador, na denominada Zona Equatorial ou Intertropical. Assim como em outras áreas inseridas na Zona Intertropical, o Amapá recebe uma grande quantidade de energia solar durante o ano todo, lhe conferindo um clima quente e úmido, apresentando características climáticas particulares, como uma grande variação sazonal no regime de chuvas. Isto ocorre devido a ação de um sistema meteorológico complexo que define a circulação atmosférica nesta região, a Zona de convergência Intertropical (ZCIT) (TAVARES, 2014).

Este sistema de atividade meteorológica determina a quantidade pluviométrica da região equatorial, sendo modulado por fatores atmosféricos (convergência de ventos alísios do Norte e do Sul) e oceânicos (evaporação das superfícies oceânicas) (MOURA; VITORINO, 2012). Entretanto, este sistema não atua da mesma forma em todas as áreas da região equatorial, devido a diferenças de latitude, assim, dentro da ZCIT, existe variabilidade na precipitação de um local para o outro (MOURA; VITORINO, 2012).

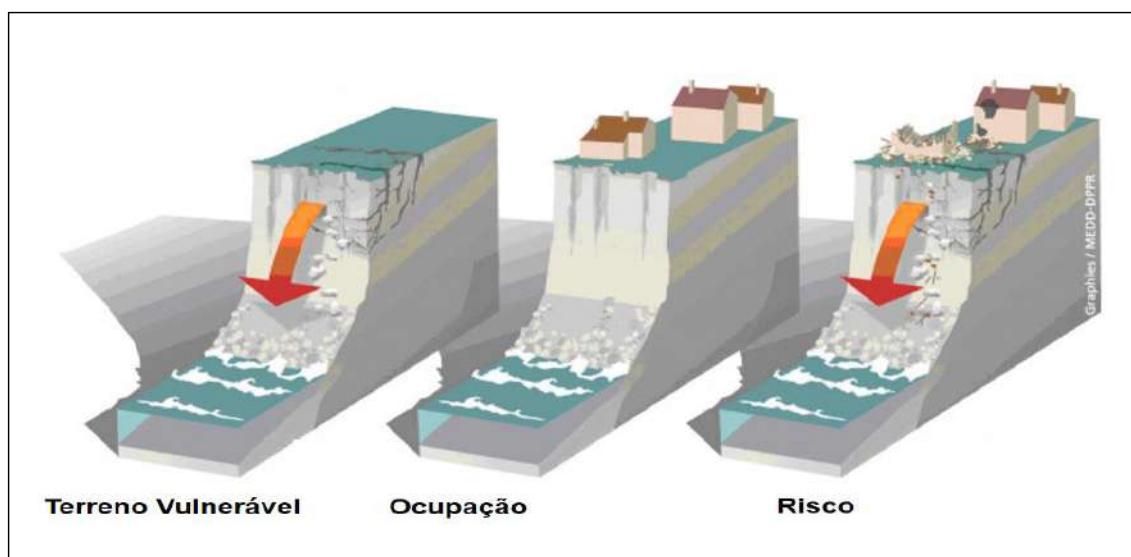
Devido a influência da ZCIT na temperatura da superfície oceânica e, conseqüentemente, a convergência de umidade, o Amapá reúne condições que favorecem a formação de nuvens de chuvas sobre a região. Desta maneira, a Zona Costeira, bem como outras regiões do Amapá, apresenta duas estações distintas, uma muito chuvosa e outra seca. Durante a estação chuvosa podem ser observados diversos eventos de alta precipitação que podem intensificar a ocorrência de processos atuantes na costa, como os alagamentos e erosão (TAVARES, 2014).

## 4 Riscos na Zona Costeira do Amapá

A fragilidade ou exposição é a componente física e ambiental da vulnerabilidade relacionada com a localização do elemento em área de influência de uma ameaça. A suscetibilidade é o componente socioeconômico e demográfico associado com a predisposição de um grupo populacional de sofrer danos em face de um fenômeno perigoso.

Dito isso, na Figura 4 ilustra um terreno naturalmente vulnerável, que após ser ocupado por moradias de uma população, passa a ser um local de risco, nesse caso risco ao deslizamento do terreno, perda de casas e possivelmente de vidas humanas.

A Zona Costeira Amazônica como um todo, é uma área de grande instabilidade morfológica, devido à alta dinamicidade da região. Esta dinamicidade é responsável pela mudança na configuração dos ambientes costeiros, e conseqüentemente a evolução desta área em uma escala temporal (BATISTA; SOUZA FILHO; SILVEIRA, 2009). Tais modificações no cenário da Zona Costeira dependem de três principais forçantes: atmosférica, caracterizada como um sistema de circulação atmosférica, resultando na ação das correntes atmosféricas e da precipitação, determinando assim, a variação climática e hidrológica; oceânica, resultante da circulação das correntes oceânicas e das propriedades físicas e químicas dos oceanos (densidade, temperatura e salinidade); e amazônica, resultante do transporte e deposição de sedimentos provenientes do rio Amazonas (SILVEIRA; SANTOS, 2006).



Fonte: Observatoire Côte Aquitaine, 2020

**Figura 4.** A “criação” do risco na ocupação de um terreno naturalmente vulnerável.

Com isso em mente, pode-se ter ideia da interconexão dessas forçantes e suas relações como componentes integrativos de todo o delineamento, configuração atual e dinamicidade do espaço costeiro amazônico.

Essas três forçantes, atuam sobre os principais processos costeiros na Zona Costeira Amazônica, sobretudo, na Zona Costeira Amapaense com forte influência da proximidade com a foz do rio Amazonas. Processos estes como a erosão e a progradação, influenciados, principalmente, pelo clima de ondas, que representa um dos principais indutores dos processos costeiros, este por sua vez, é controlado e regulado pelas forçantes citadas anteriormente (TESSLER; GOYA, 2005).

Em virtude da dinâmica natural a que a ZCEA está submetida, há ocorrência de algumas ameaças que podem se constituir em risco à população que são principalmente erosão e inundação. No caso da erosão atividades antrópicas sem o correto desenvolvimento e manejo podem potencializar os efeitos adversos as populações. Outros fenômenos menos citados na literatura como intrusão salina e submersão marinha também serão tratadas nos itens a seguir.

#### 4.1 Erosão e Progradação

A erosão e a progradação são processos costeiros de efeito contrário um do outro, que conferem variação a linha de costa, ou seja, a interface entre o continente e oceano. Enquanto a erosão costeira é o recuo da linha de costa em relação ao oceano devido ao aumento do nível do mar ou/e um balanço sedimentar negativo (RUDORFF; BONETTI, 2010); a progradação está relacionada com a retenção e fixação de sedimentos, que culmina no avanço da linha de costa, proporcionando um ambiente mais estável para consolidação da vegetação costeira, como o mangue por exemplo (BATISTA; SOUZA FILHO; SILVEIRA, 2009).

A erosão, geralmente possui mais impactos negativos que a progradação, principalmente por estar relacionada com a instabilidade de edificações situadas na

linha de costa e instabilidade da cobertura de vegetação costeira (MUEHE; NEVES, 2009). Assim, um dos maiores indicativos naturais da erosão costeira é o número de árvores de mangue tombadas ao longo da linha de costa (TORRES; EL-ROBRINI, 2006).

A progradação costeira por sua vez, representa o avanço da linha de costa perante o oceano, que geralmente está relacionado com o transporte e deposição de sedimentos. No Amapá, a progradação possui duas áreas, consideradas as maiores em que este fenômeno ocorre, a área norte do arquipélago do Bailique e a foz do rio Araguari (TORRES; EL-ROBRINI, 2006).

Estes dois processos antagônicos possuem metodologias de observação e estudos, bastantes distintos. Uma vez que a identificação e evolução desse processo ao longo da linha de costa, depende muito mais do conhecimento prévio do local, principalmente em relação a sua geologia, do que a observação em tempo real e periodicamente (NEVES; MUEHE, 2010). Ao contrário da erosão que deixa vestígios muito mais evidentes, como a questão do tombamento da vegetação, citado anteriormente.

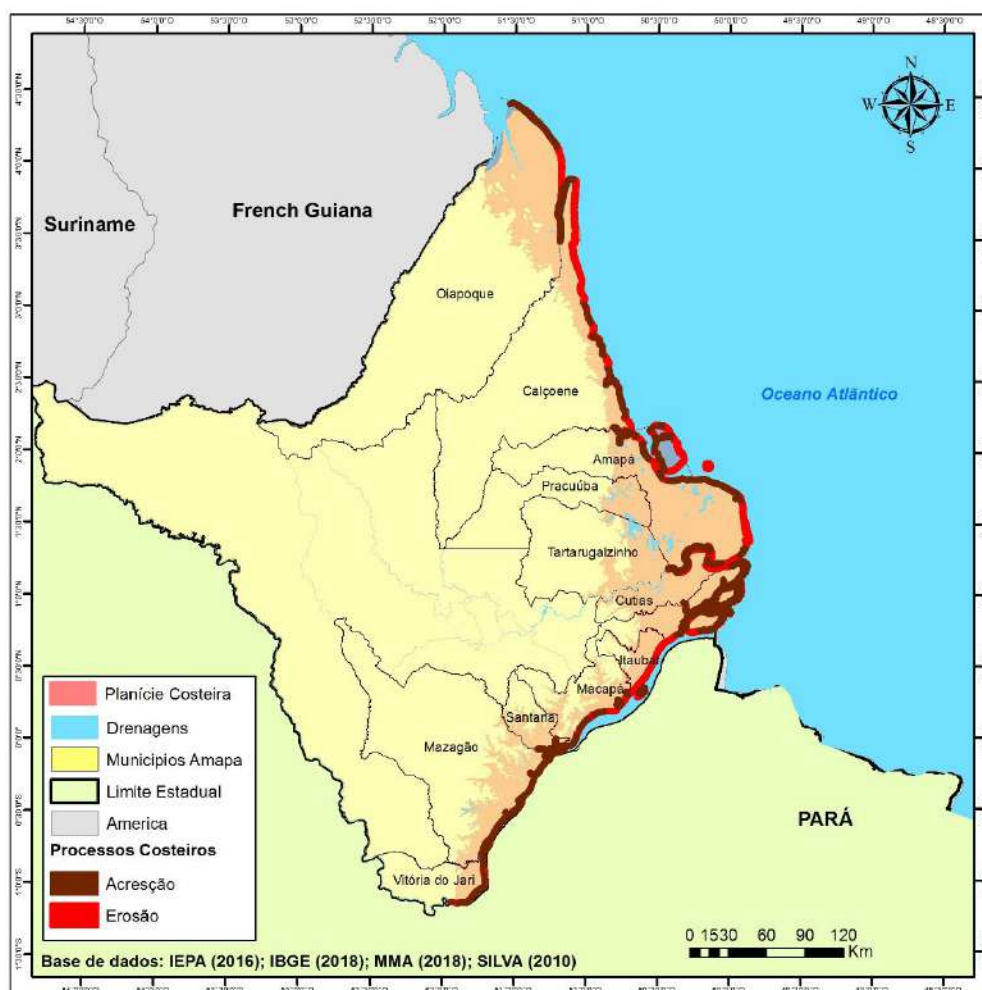
Na zona costeira, os riscos incluem declínio, abruptamente ou de modo gradativo, no litoral, engorda (invasão duna, assoreamento e sedimentação) e a submersão lenta ou espaços litorais continentais brutais. A erosão costeira é medida por uma observação de campo, mas corresponde a uma tendência evolutiva a longo prazo. Para conhecer a evolução, trata-se de realizar um estudo diacrônico da posição da linha de costa e analisar o balanço sedimentar, adaptado ao ambiente que se estuda (OBSERVATOIRE CÔTE AQUITAINE, 2020).

A erosão é um fenômeno natural, definido como uma perda de materiais para o mar que afeta todos os tipos de costa, arenosa, lamacenta ou rochosa. Resulta dos efeitos combinados da maré, das ondas e das correntes induzidas, ventos e processos continentais (por exemplo, chuva ou escoamento), bem como do déficit de sedimentos costeiros. A erosão resulta em um declínio no litoral e/ou na diminuição do nível das praias, temporárias ou permanentes, com o desaparecimento gradual dos estoques de sedimentos.

No litoral do Amapá, pesquisas do IEPA, que analisaram imagens de satélites orbitais desde a década de 1970 (SILVA, 2010) já demonstraram a tendência de vários setores da ZCEA à perda de terrenos com a retração da linha de costa.

Allison, Nittrouer e Faria Junior (1995), discute que na linha de costa do tipo deposicional arenosa, correlacionado, é registrado a ocorrência das zonas de deposição efêmeras. Estas zonas são caracterizadas por depósitos não consolidados formados nas desembocaduras dos principais rios costeiros que drenam nesta região (rios Amapá Grande, Calçoene e Cunani).

Na análise geral das áreas de mudanças, Silva (2010) verificou-se que as áreas erodidas predominam frente às áreas acrescidas. Os valores quantificados de variação da linha de costa no período de estudo (1972-2000) demonstram que 48,7% da costa amapaense estiveram sobre influência de processos acrescionários, contra 51,3% dos processos erosivos (Figura 5). Estes valores indicam que a costa do Amapá sofreu mais perdas do que ganhos de novas áreas, entretanto, ressalta a autora, é importante observar que a diferença entre a acreção e a erosão de terrenos não foi expressiva,

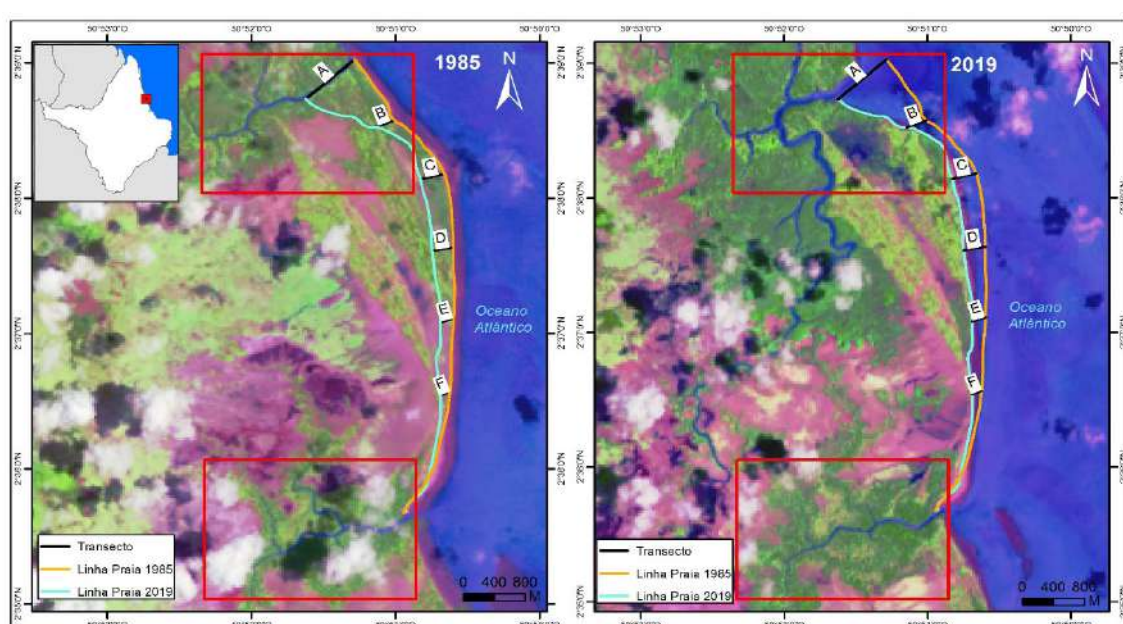


**Figura 5.** Processos de acresção e erosão na linha de costa do estado do Amapá.

Segundo Batista (2006), a região com maior tendência a erosão na costa do Amapá é a que está compreendida entre o Sul do Cabo do Cassiporé e Norte do Cabo Norte. Nesta faixa litorânea está localizada a praia de água salgada mais conhecida no estado que é a praia do Goiabal cujos processos de avanço do mar tem causados constantes erosões nos terrenos marginais à praia.

A praia do Goiabal está localizada no setor oceânico da ZCEA, município de Calçoene, é um importante local turístico e está sofrendo com a perda de terreno para o mar. Ela está localizada em uma forte zona de tendência a erosão, como pode ser observado na Figura 6 e Tabela 1. Em análise da linha da praia entre 1985 e 2019, a praia que tem cerca de 7 km de extensão está perdendo área para o mar, que acontece de maneira mais acentuada em seu limite norte, foz do Igarapé Goiabalzinho.

As medições que constam na Tabela 1 mostram que em 35 anos a praia perdeu 140 hectares de áreas. No entanto, pela falta de estudos detalhados não se pode afirmar que essa erosão se faz com a migração dos bancos de areia ou se o material está sendo levado pelo mar. Atualmente há propostas de projetos do IEPA para entender essa dinâmica e propor medidas mitigatórias.



**Figura 6.** Erosão na praia do Goibal entre os anos de 1985 e 2019.

**Tabela 1.** Medições da erosão na praia do Goibal entre 1985 e 2019

Erosão Praia do Goibal			
Transecto	1985-2019 (m)	Sessão	Área (ha)
A	825,15	A-B	52,88
B	269,04	B-C	19,40
C	317,20	C-D	29,71
D	278,97	D-E	21,58
E	177,40	E-F	16,33
F	130,47		

O impacto desse fenômeno chama a atenção da população que lá reside, cerca de 80 famílias, que em sua maioria se dedicam a pesca e ao turismo. Segundo Rocha (2020) em janeiro de 2020 com o aumento do nível do mar devido aos ventos e ondas do inverno amazônico, a água chegou à apenas cinco metros de terra firme na entrada da estrada que dá acesso ao balneário. As fotos mostradas na Figura 7 (A, B, C e D) mostram a praia e o avanço das águas em janeiro de 2020.

No setor estuarino da costa do Amapá, a erosão também é uma problemática no Distrito de Bailique, município de Macapá, o arquipélago possui mais de 10 mil moradores distribuídos em 52 comunidades situadas em várias ilhas que o formam (Figura 7). A erosão é provocada pela força das águas. O fenômeno das “terras caídas” no Bailique ocorre quando a cheia e a vazante da maré atuam sobre as margens de seus rios, causando a erosão de extensas áreas de terras, até que uma ruptura provoque a queda do terreno, que é tragado pelas águas, fenômeno esse que vem se acentuado nos últimos anos segundo informações de alguns moradores mais antigos (relatos ouvidos durante visita técnica do IMAP em abril de 2018), provavelmente devido ao assoreamento da foz do rio Araguari.



Fonte: Picanço e Silva, 2020

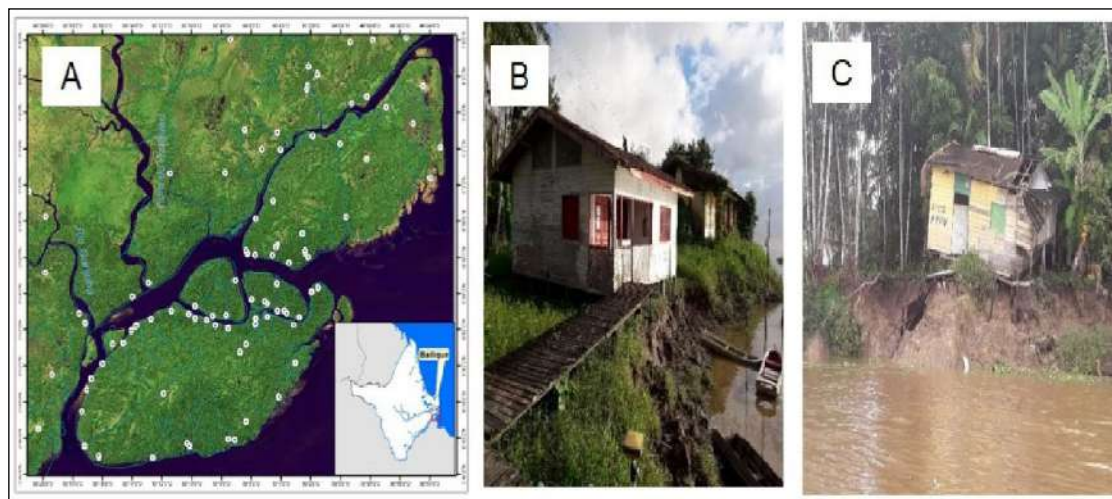
**Figura 7.** Erosão e avanço da água na praia do Goiabal em janeiro de 2020.

Na mesma visita de campo, observou-se que no arquipélago está ocorrendo a perda de suas infraestruturas como pontes, escolas, postos de saúde e trapiches (Figura 8 A, B e C) onde os moradores amarram suas embarcações e embarcam seus alunos que estudam em outras comunidades. Esse fenômeno também tem causado a migração de alguns moradores para outras comunidades mais próximas e para a sede do município de Macapá (IMAP, 2018).

Os processos supracitados vêm causando diversos problemas, tanto sociais como econômicos a essas comunidades e seus moradores pois esse fenômeno os obriga a desmontarem e realocarem suas residências para o mais longe das margens, que vem sendo destruída com o desabamento e queda de barreiras, onde habitualmente pescam, coletam água, realizam o extrativismo do fruto do açaí entre outros (IMAP, 2018).

Em vistorias anteriormente realizadas pela prefeitura de Macapá à essas comunidades conjuntamente com a Defesa Civil, várias residências foram identificadas e declaradas como: residências localizadas às margens dos rios (RI – risco iminente de queda) e residências um pouco mais afastadas das margens do rio (RS – risco secundário) (Figura 8).





Fonte: IMAP, 2018

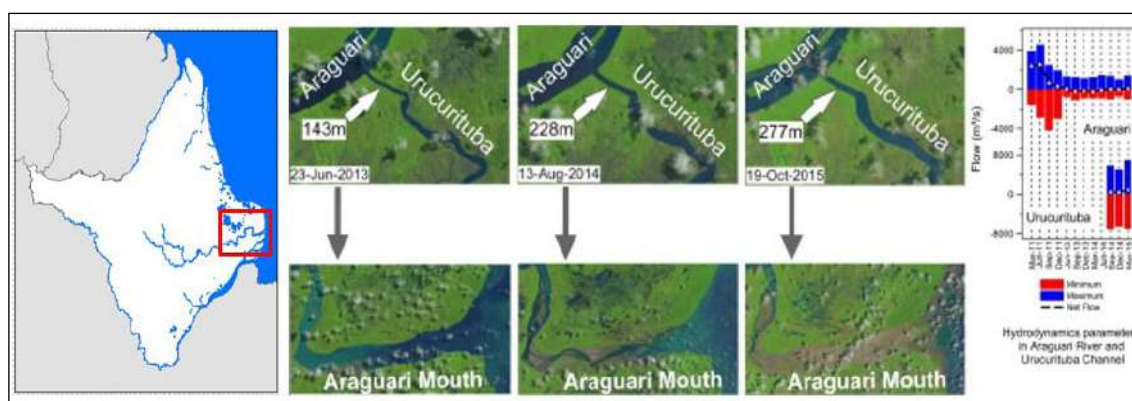
**Figura 8.** Arquipélago do Bailique e suas principais comunidades, posto de saúde local e residência em área de risco.

Os estudos que vem sendo realizado por pesquisadores do IEPA no arquipélago do Bailique desde 2016 (por exemplo, COSTA et al., 2018) citam algumas recomendações tais como:

- ✓ Das 13 comunidades monitoradas, os moradores que estão sob maior risco, até o presente momento, são aqueles estabelecidos nas margens das comunidades de Itamatatuba, Franco Grande, São Pedro, Vila Macedônia, Vila Progresso e Ponta da Esperança;
- ✓ Considerando que as estruturas das escolas situadas nas comunidades de Ponta da Esperança e Itamatatuba já foram afetadas pela erosão, sugere-se a realização de uma ação emergencial do Governo do Estado nos locais, buscando alternativas para atividades escolares, sem colocar em risco a vida de estudantes, professores e serventes;
- ✓ Considerando o elevado grau de instabilidade das margens na área da Escola Bosque, comunidade de Vila Progresso, bem como a grande movimentação de embarcações para transporte de estudantes e professores; considerando que um dos prédios está a menos de 5 metros da margem, sugere-se que a direção da escola e a Secretaria Estadual de Educação tenham atenção com a concentração de estudantes nas margens no momento do embarque e desembarque dos mesmos, bem como buscar não utilizar o prédio que está sob risco;
- ✓ A Prefeitura de Macapá deve proceder a remoção do atendimento à população no Posto de Saúde localizado na comunidade de Itamatatuba;
- ✓ As instituições competentes da União, Estado e Município devem reunir esforços para construir um plano de ordenamento para os usos das orlas das comunidades mais afetadas, como Franco Grande, Ponta da Esperança, São Pedro, Vila Progresso e Macedônia visando à definição de locais adequados à atracação das embarcações, instalação de unidade unifamiliares, comércios e estrutura pública;
- ✓ As instituições competentes da União, Estado e Município devem promover em conjunto com os moradores locais o reflorestamento das matas ciliares; elaborar projetos de infraestrutura com captação de recursos para construção de terminais hidroviários protegidos por muros de arrimos, casas, postos de saúde, escolas, passarelas, pontos de captação de água, geração e distribuição de energia;
- ✓ Deve ser evitada a instalação de postes da rede elétrica com distâncias inferiores a 100 m da margem, devendo-se, ainda, buscar novas formas de geração e distribuição de energia para a região;
- ✓ As mudanças ambientais que estão ocorrendo no regime fluvial do rio Araguari têm contribuído significativamente para as mudanças na região do Distrito de Bailique, entretanto

o tempo de pesquisa e os tipos de estudos científicos realizados precisam ser ampliados na região, devendo o poder público garantir recursos financeiros específicos para a continuidade das pesquisas que subsidiarão as tomadas de decisões para a região.

Uma das causas do fenômeno que está ocorrendo no Bailique, segundo Santos et al. (2018), é devido à recente erosão progressiva do novo Canal de Urucurituba, que fez com que o rio Amazonas “capturasse” quase toda a vazão do baixo rio Araguari, que anteriormente fluía diretamente para o Oceano Atlântico. Essas recentes mudanças geomorfológicas têm causado fortes impactos na paisagem e padrões hidrodinâmicos próximos à foz do rio Araguari, especialmente a alteração do sistema de drenagem fluvial e a qualidade da água. Tendo como linha de base o ano de 2011, o fluxo do Rio Araguari foi desviado em até 98% pelo Canal de Urucurituba (Figura 9).



Fonte: Santos et al., 2018

**Figura 9.** Mudanças observadas, entre 2013 e 2015, na foz do Araguari e canal do Urucurituba

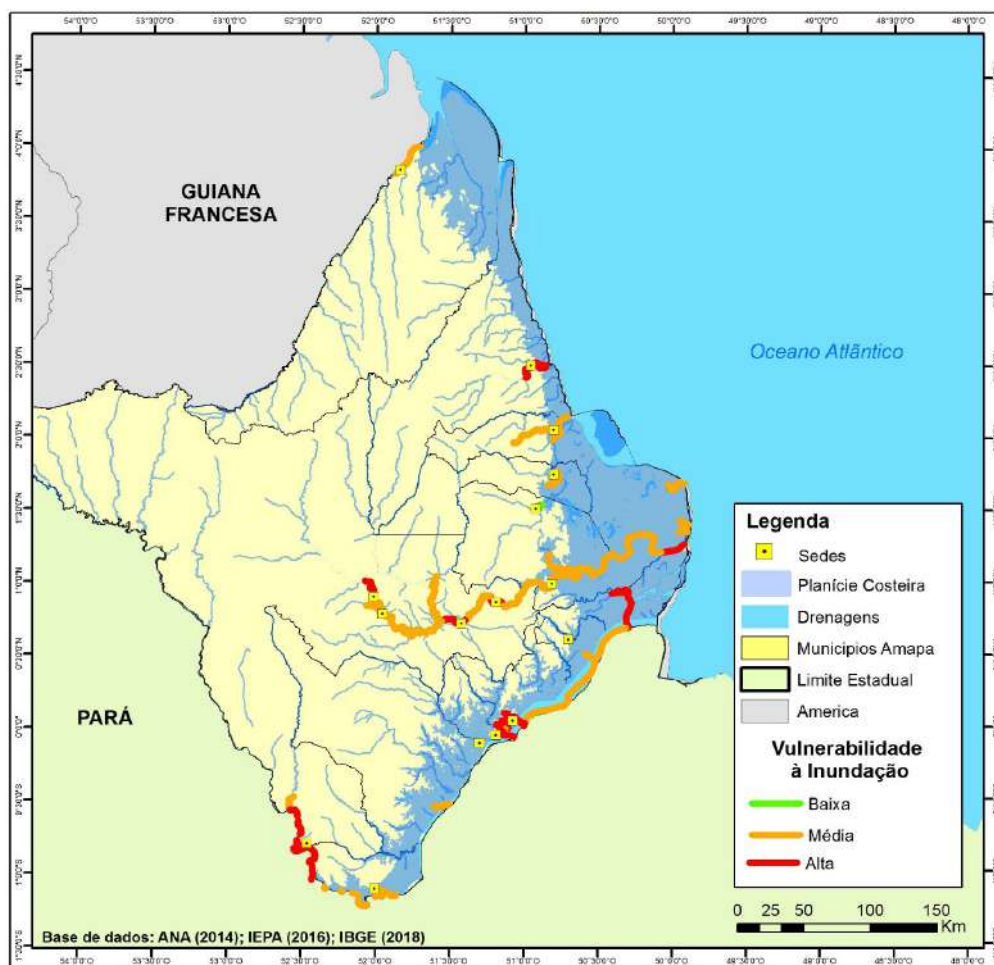
## 4.2 Inundação Fluvial, Submersão Marinha e Outros Riscos

Quanto aos fenômenos de inundação, segundo ANA (2013), no Amapá foram identificados 120 trechos inundáveis em 28 cursos d’água nos 16 municípios. Do total, 39 (32%) foram considerados de alta vulnerabilidade a inundações graduais; 79 (66%), de média; e dois (1%), de baixa. Macapá concentra 17 trechos, dos quais 12 são de alta vulnerabilidade (Figura 10).

Os principais cursos d’água com potenciais risco de inundação são os rios Jari, Araguari, Calçoene e Oiapoque, isso decorre do fato desses rios cortarem importantes cidades do estado como Vitória do Jari, Laranjal do Jari, Porto Grande, Ferreira Gomes, Calçoene e Oiapoque.

Os trechos com alta vulnerabilidade à inundação se localizam no rio Calçoene (a sede incluída), rio Araguari nas cidades de Porto Grande e Ferreira Gomes, foz do rio Araguari, canal do Uricurituba, região metropolitana de Macapá e rio Jari (Laranjal do Jari). Nas últimas décadas, a Defesa Civil do Estado do Amapá registrou importantes eventos nesses locais. Nas cidades mais populosas do estado, Macapá e Santana, o risco nas chamadas “áreas de ressaca” que são áreas que inundam sazonalmente e foram ocupadas, principiante pela população mais pobre, num processo de ocupação espontânea.

Como média vulnerabilidade, encontram-se trechos que cortam as cidades de Cutias do Araguari, Amapá, Pracuúba, rio Araguari entre as cidades de Cutias e Serra do Navio, rio Oiapoque, incluindo a sede do município.



**Figura 10.** Vulnerabilidade a inundação no Estado do Amapá.

A erosão costeira é profundamente relacionada com outro processo costeiro, a intrusão de água salgada superficial e subterrânea, conhecida como intrusão salina. A mistura vertical de águas costeiras com a água doce despejada na foz do Amazonas, se deve, principalmente, pela influência da corrente e amplitude de maré, ventos e até mesmo pelo formato do estuário, e possui um efeito significativo sobre a distribuição dos seres vivos (SILVA; EL-ROBRINI; SANTOS, 2001; PEDROZO; KAPUSTA, 2016; PASCHE; LANZENDORF, 2017).

Um fator importante para intrusão salina na Zona Costeira Amapaense, é a descarga de água e sedimentos do rio Amazonas, devido a relação significativa entre o alcance da intrusão salina e a vazão fluvial (MEDEIROS, 2003). O regime de vazões e a intrusão salina são forças inversamente proporcionais, enquanto a redução das vazões exercem um efeito de aumento da intrusão salina, provocando uma redução da carga de sedimentos e material dissolvidos, o aumento das vazões pode levar a um deslocamento da zona estuarina em direção ao mar, provocando a estratificação da coluna d'água (GENZ; LESSA; CIRANO, 2008). Além disso, a redução das vazões conjuntamente com a evaporação da estação seca, intensificam os efeitos da intrusão salina, podendo tornar áreas hipersalinas, o que influencia na distribuição dos seres vivos e conseqüentemente, no ambiente (PROST; RABELO, 1996).

Em algumas localidades como nas proximidades da foz do rio Araguari até a cidade de Cutias, a intrusão salina já prejudica o abastecimento de água doce nessas localidades. Em muitas dessas localidades o abastecimento depende do fornecimento via caminhão pipa fornecidos pela prefeitura ou comprados pelos próprios moradores.

O recente assoreamento da foz do rio Araguari, com o desvio do volume de água, potencializou a intrusão da cunha salina.

No caso de outro fenômeno, as submersões marítimas, elas podem durar de algumas horas a alguns dias. É um fenômeno natural relacionado principalmente às condições das marés, condições do mar, ventos e pressão atmosférica. Em geral, essas elevações temporárias do nível do mar ocorrem durante tempestades, ciclones ou tsunamis. A caracterização do perigo de “submersão marinha” é viável a partir de uma análise histórica de inundações costeiras, uma análise de frequência de parâmetros oceânicos (níveis marinhos) e possivelmente modelagem numérica.

O avanço da intrusão salina em estuários, tendo em vista que a sua interação com ambientes lênticos, e principalmente, lóticos, pode exercer influência sobre os padrões de circulação estuarina, gradiente de salinidade e transporte de componentes tóxicos e poluentes provenientes de bacias hidrográficas (GENZ; LESSA; CIRANO, 2008). Tal processo pode afetar também, a captação de água doce para uso industrial e/ou para abastecimento das cidades situadas próximas à linha de Costa (MEDEIROS, 2003).

No Amapá, esse fenômeno está presente em algumas localidades, por exemplo, o avanço das águas do mar sobre a praia do goiabal provocam a submersão marinha que é uma invasão temporária, muitas vezes brutal, e a inundação (submersão de uma área costeira pela água do mar como resultado do aumento do nível do mar) de uma costa continental junto ao mar. No Amapá, a costa é muito plana, o risco de submersão é alto para as áreas localizadas no interbancário. A escassez de areia e seixos na costa é também uma das causas da atual erosão.

Esses fenômenos podem ser influenciados pelo aumento do nível do mar. As tendências mostram que até o final do século 21, o aumento do nível do mar global estará entre 0,18 e 0,59 metros (IPCC, 2019). Observações por altimetria espacial mostram um aumento no nível médio do mar na Guiana Francesa (território contínuo ao litoral do Amapá) em 3,5 mm / ano entre 1993 e 2012 (BRGM, 2019). As ondas de tempestade aumentam os riscos de submersão marinha e também o aumento das frentes de salinidade nas captações de água na costa.

Outra questão que carece de atenção nos estudos na ZCA é o potencial risco a derramamento de óleo, além do transportado em navios na região, em 2013 houve leilão de blocos para a exploração de petróleo na costa do Amapá. Em recentes estudos, o IEPA (2016) confeccionou Atlas de Sensibilidade Ambiental do Óleo da Foz do Amazonas (Cartas SAO. Esse material é de grande importância para a gestão costeira, principalmente para o uso de suas informações para planos de contingência em caso de derreamento caso as atividades de exploração sejam efetivadas nessa região.

## Conclusões e recomendações

A Zona Costeira Amapaense consiste em um subsistema da Zona Costeira Amazônica brasileira, formado por diversos ecossistemas, e influenciados tanto pelos processos continentais como oceânicos, uma combinação de fatores ligados aos processos costeiros associados a região, como a variação sazonal do regime de marés, grande amplitude de maré e elevada precipitação. É considerada uma região de baixa densidade populacional, com exceção dos grandes centros urbanos (Macapá e Santana) que possuem aglomerados populacionais, é uma área com grande potencial econômico para o estado do Amapá, devidos aos seus recursos econômicos, principalmente a pesca (artesanal e industrial).

A combinação de processos costeiros ligados as forças que atuam sobre esta zona costeira modificam constantemente esta área, entretanto, apesar de todos os esforços metodológicos de quantificação das variáveis que atuam sobre a Zona

Costeira Amapaense, é difícil determinar todos os componentes que atuam sobre o sistema determinante da dinâmica dessa região. De tal forma que muitas vezes, não se têm conhecimento sobre todos os processos que atuam nesta área.

Identificar os fenômenos e processos que podem causar situações de risco na Zona Costeira do Amapá é uma importante fonte de informação para os governos e a sociedade em geral. No entanto mais do que isso, coloca-se a necessidade de estudos pontuais e detalhados nos locais de maiores riscos, para a produção de dados mais precisos que possam subsidiar intervenções e a implementação de medidas mitigadoras e de adaptação.

Nessa seara, é necessário analisar a dinâmica dos processos naturais e antrópicos que podem desencadear riscos na Zona Costeira do estado do Amapá de maneira a caracterizar a distribuição dos processos fluviais e oceanográficos visando dar suporte aos estudos de riscos nos municípios costeiros amapaenses; caracterizar a vulnerabilidade socioeconômica da população que habita a ZCEA; estimar a quantidade de pessoas e infraestrutura ameaçadas pelos processos estudados; gerar mapas de ameaças, vulnerabilidades e riscos na ZCEA; identificar e analisar a resiliência da população frente aos riscos; dar suporte, com as informações geradas, à política estadual de gerenciamento costeiro e demais políticas públicas.

Para avaliar a vulnerabilidade de um território, é também necessário ter em conta as representações dos habitantes (em relação ao conhecimento e o comportamento das pessoas envolvidas), bem como a gestão do risco pelas ferramentas de prevenção existentes e as políticas adotadas e implementadas pelas diferentes autoridades competentes. Vulnerabilidade, portanto, caracteriza uma sociedade (ou um indivíduo) sujeita a um risco.

No setor costeiro, o recuo da linha de costa é causado por fatores de origem natural, relacionados a dinâmica costeira, e por intervenções humanas na zona costeira, principalmente na forma de ocupação inadequada da zona de linha de costa e de obras de engenharia na área urbana de Macapá, que interrompem o fluxo de sedimentos e aumentam o poder erosivo das marés.

Quanto a problemática da praia do Goiabal e do Arquipélago do Bailique, sugere-se o desenvolvimento de projetos que monitorem continuamente as variáveis como onda, ventos e correntes marítimas, pois há necessidade de se entender os processos. Com esses dados poderia haver proposição de cenários para a linha de costa para 10, 20 e 30 anos com o uso de modelagem matemática e inteligência artificial.

É importante enfatizar que o desenvolvimento de qualquer intervenção ou projeto de engenharia necessita de estudos e viabilidades técnica, social e econômica, para que seu dimensionamento possa suportar às cargas solicitantes de forma eficiente e que sua realização esteja em consonância com as leis vigentes.

Por fim, há que se destacar a presença de inúmeros sítios arqueológicos e edificações históricas já registradas na área costeira devem ser considerados, no caso de respostas emergenciais, a fim de mitigar impactos a este tipo de patrimônio cultural, de natureza não renovável.

O Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro, com vistas a apoiar a implementação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, identificou em 2017 no seu IV Plano de Ação Federal para Zona Costeira a necessidade de um sistema de monitoramento ambiental, devido aos riscos relacionados a erosão e inundação costeira.

O planejamento e ordenamento do território colaboram na redução de riscos na medida em que:

- (a) não proporciona o surgimento de assentamentos humanos de alta densidade e a construção de instalações estratégicas em áreas sujeita as ameaças;
- (b) fomenta o uso adequado e sustentável da terra e dos recursos naturais, e;
- (c) oportuniza tanto medidas corretivas (redução dos riscos existentes) como pró ativas (evitar a criação de novas ameaças e vulnerabilidades).

Nesse caso, é recomendado pelos estudiosos em áreas costeiras são: (i) Acostume-se a viver em ambientes costeiros mutáveis; (ii) Não lute contra a natureza com uma linha de defesa; (iii) Considere temporárias todas as estruturas construídas pelo homem na linha de costa; (iv) Apenas como último recurso considere a construção de estruturas de engenharia para proteção ou preservação costeira, somente em áreas metropolitanas.

## Referências

- ABDON, L.; SILVA, S.; DIAS, F.; VIEIRA, I. Pescadores da vila do Sucuriju, estado do Amapá: características das relações entre pescadores e recursos pesqueiros. **Scientific Magazine Uakari**, v. 3, n. 2, p. 57-62, 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Atlas de vulnerabilidade a inundações**. 2013. Disponível em: [metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=282](http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=282). Acesso em: 05 maio 2019.
- ALLISON, M.; NITTRouer, C.; FARIA JUNIOR., G. Rates and mechanisms of shoreface progradation and retreat downdrift of the Amazon river mouth. **Marine Geology**. v. 125, n. 3-4, p. 373-392, 1995.
- AMAPÁ. **Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO**. Macapá, AP: Relatório Técnico-Científico Meio Físico, s.d. 196 p.
- BATISTA, E. M. **Avaliação de dados de sensores remotos no reconhecimento e monitoramento de ambientes costeiros tropicais: cabos Cassiporé e Orange, Amapá**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2006.
- BATISTA, E.; SOUZA FILHO, P.; SILVEIRA, O. Avaliação de áreas deposicionais e erosivas em cabos lamosos da zona costeira Amazônica através da análise multitemporal de imagens de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 83-96, 2009.
- BERZ, W.; KRON, G.; LOSTER, T.; RAUCH, E.; SCHIMETSCHKE, J.; SCHMIEDER, J.; SIEBERT, A.; SMOLKA, A.; WIRTZ, A. World map of natural hazards: a global view of the distribution and intensity of significant exposures. **Natural Hazards**, n. 23, p. 443-465, 2001.
- BOLLIN, C. **Incorporar la gestión del riesgo en la planificación territorial**. Guia preliminar para el nivel municipal. 1 versão, 2007.
- BRGM. Bureau de Recherches Géologiques et Minières de la Guyane. **Impact du changement climatique en Guyane: Aléas et vulnérabilités**. 2019. Disponível em: [www.brgm.fr/projet/impact-changement-climatique-guyane-aleas-vulnerabilites](http://www.brgm.fr/projet/impact-changement-climatique-guyane-aleas-vulnerabilites). Acesso em: 10 nov. 2019.
- COSTA, W.; MARTINS, M.; TORRES, A.; TAKIYAMA, L. Caracterização ambiental de comunidades costeiras no Distrito de Bailique: Campanha de Janeiro de 2018. **Relatório Técnico**, IEPA/NUPAQ, 2018. 26 p.
- DEMATTÊ, J.; VASQUES, G.; CORRÊA, E.; ARRUDA, G. Fotopedologia, espectroscopia e sistema de informação geográfica na caracterização de solos desenvolvidos do Grupo Barreiras no Amapá. **Bragantia**, v. 71, n. 3, p. 438-446, 2012.
- EASTERLING, D.; MEEHL, G.; PARMESAN, C.; CHANGNON, S.; KARL, T.; MEARNES, L. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. **Science**, n. 289, p. 2068-2074, 2000.
- GENZ, F.; LESSA, G.; CIRANO, M. Vazão mínima para estuários: um estudo de caso no rio Paraguaçu (BA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 73-82. 2008.
- IEPA. **Atlas de sensibilidade ambiental ao óleo da Bacia Marítima da Foz do Amazonas**. Macapá, 2016.
- IMAP. **Relatório técnico de vistoria à comunidades do arquipélago do Bailique**. Macapá, 2018. 38 p.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.). **Climate Change 2013: the physical science basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 1-30.

- IPCC. Climate Change and Land an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. **Summary for Policymakers**. 2019. 43 p. Disponível em <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM\\_Approved\\_Microsite\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf)> Acesso em: 10 ago. 2019.
- LETORTU, P.; COSTA, S.; CANTAT, O. Les submersions marines en Manche orientale: approche inductive et naturaliste pour la caractérisation des facteurs responsables des inondations par la mer. **Climatologie**, n. 9, p. 31-57, 2012.
- LOPES, D. da C; BARROS, F. A. C. de; BARROS FILHO, M. A.; SILVA, M. V. de O. **Construindo comunidades mais seguras: preparando para a ação cidadã em defesa civil**. Florianópolis: UFSC/CEPED; [Brasília]: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2009.
- McBEAN, G. Climate change and extreme weather: a basis for action. **Natural Hazards**, n. 31, p. 177-190, 2004.
- MEDEIROS, A. **A influência da maré e da batimetria sobre a intrusão salina no estuário do Rio Itajaí-Açu**. 2003. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Oceânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.
- MITCHELL, T.; TANNER, T; HAYNES, K. **Children as agents of change for disaster risk reduction: lessons from El Salvador and the Philippines**. Brighton: Children in a Changing Climate –Research Institute of Development Studies, 2009.
- MOURA, M.; VITORINO, M. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 4, p. 475-483, 2012.
- MUEHE, D.; NEVES, C. A zona costeira do Brasil e sua vulnerabilidade face à ocupação e às mudanças climáticas. In: MENDONÇA, F.; LOWEN-SAHR, C.L.; SILVA, M. (Org.). **Espaço e Tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico**. Curitiba: ADEMADAN, 2009. p. 425-439.
- NEVES, C.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 217-296, 2010.
- NICHOLLS, R.; WONG, P.; BURKETT, V.; CODIGNOTTO, J.; HAY, J. Coastal systems and low-lying areas. In: PARRY, M. et al (Eds.). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Cap. 6, p. 315–356.
- NICHOLLS, R.; CAZENAVE, A. Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. **Science**, v. 328, n. 5985, p. 1517–1520, jun. 2010.
- OBSERVATOIRE CÔTE AQUITAINE. **Les risques côtiers**. Disponível em: [www.observatoire-cote-aquitaine.fr/Les-risques-cotiers](http://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/Les-risques-cotiers). Acesso em: 20 jan. 2020.
- OLTMAN, R. Reconnaissance investigation of the Discharge and Water Quality of the Amazon River. **Geological Survey Circulator Geological Survey Circular**, v. 552, n. 1, p. 1–16, 1968.
- PABÓN-CAICEDO, J.; YCAZA, R.; FRIEND, F.; ESPINOZA, D. FENZL, N.; APOSTOLOVA, M. Vulnerabilidad de la cuenca amazónica ante fenómenos hidroclimáticos extremos. Cuadernos de Geografía: **Revista Colombiana de Geografía**, v. 27, n. 1, p. 27-49, jan.-jun. 2018.
- PASCKE, M.; LANZENDORF, F. Diferença entre peixes de água salgada e peixes de água doce. **Maiêutica: Ciências Naturais**, v. 5, n. 1, 2017.
- PEDROZO, C.; KAPUSTA, S. **Indicadores ambientais em ecossistemas aquáticos**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Sul – IFRS, 2016.
- PEREIRA, L.; SILVA, N.; COSTA, R.; ASP, N.; COSTA, K.; VILA-CONCEJO, A. Seasonal changes in oceanographic processes at an equatorial macrotidal beach in northern Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 43, p. 95–106, jul. 2012.
- PICANÇO, R.; SILVA, A. **Registro Fotográfico do avanço do Mar na praia do Goiabal**.

Rio de Janeiro, 2020.

PRESTES, Y.; SILVA, A.; JEANDE, C. Amazon water lenses and the influence of the North Brazil Current on the continental shelf. **Continental Shelf Research**. v. 160, n. 15, p. 36-48, 2018.

PROST, M.; RABELO, B. Variabilidade fito-espacial de manguezais litorâneos e dinâmica costeira: exemplos da Guiana Francesa, Amapá e Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências da Terra. v. 8, p. 101-121, 1996.

ROCHA, D. **À cinco metros do fim**: texto produzido por morador local sobre a situação da erosão na praia do Goiabal. Janeiro, 2020.

ROCHA, G.; SOUZA, G.; SOARES, D. Unidades de paisagem e morfologia da zona costeira. In: ROCHA, G. de M.; MORAES, S. C. de (Org.). **Uso do território e gestão da zona costeira do Estado do Pará**. Belém do Pará: NUMA/UFPA, 2018, v. 1, p. 35-48.

RUDORFF, F.; BONETTI, J. Avaliação da suscetibilidade à erosão costeira de praias da Ilha de Santa Catarina. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 9-20, 2010.

SANTOS, E.; LOPES, P.; PEREIRA, H.; NASCIMENTO, O.; RENNIE, D.; STERNBERG, L.; CUNHA, A. The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. **Science of the Total Environment**. n. 624, p. 887-899, 2018.

SANTOS, V. **Ambientes costeiros amazônicos**: avaliação de modificações por sensoriamento remoto. 2006. 306 f. Tese (Doutorado). CPGGM, LAGEMAR/UFF/IGEO. Niterói, 2006.

SILVA JUNIOR, O. **Análise de risco a inundação na cidade de Alenquer - Estado do Pará**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2010.

SILVA, A.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. Campos de temperatura e salinidade na plataforma continental do Amazonas, durante a descarga mínima do rio Amazonas: uma análise ambiental. **Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA**, v. 1, p. 1, 2001.

SILVA, M. Análise multitemporal quantitativa da linha de costa amapaense aplicando dados de sensores remotos óticos e radar (1972-2000). Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Bacharel em Geografia). Universidade Federal do Amapá, Macapá-Ap, 2010.

SILVEIRA, O.; SILVEIRA, O. COSTA NETO, S. História natural das regiões dos lagos e Sucuriju, Amapá. **Relatório Final PROBIO**, p. 9-16, 2006.

SILVEIRA, O.; SANTOS, V. **Aspectos geológicos-geomorfológicos região costeira entre o rio Amapá Grande e a região dos lagos do Amapá**. Macapá: MMA/PROBIO, 2006. 30 p.

SMITH, K. **Environmental hazards: assessing risk**. Florence: Routledge, 2000. 352 p.

SOUZA-FILHO, P. PARADELLA, W.; RODRIGUES, S.; COSTA, F.; MURA, F.; GONÇALVES, F. Discrimination of coastal wetland environments in the Amazon region based on multi-polarized L-band airborne Synthetic Aperture Radar imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 95, n. 1, p. 88-98, nov. 2011.

TAKIYAMA, L.; SILVA, U. Experiências na utilização de metodologias participativas para a construção de instrumentos de gestão costeira no Estado do Amapá, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 2, p. 33-45, 2009.

TAVARES, J. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 50, 2014.

TESSLER, M.; GOYA, S. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 11-23, 2005.

TORRES, A.; EL-ROBRINI, M. Amapá. In: MUEHE, D. (Orgs.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 11-40.

UNDP. UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. SHERMAN, K.; MCGOVEN, G. **Frontline observations on climate change and sustainability of large marine ecosystems** Large Marine Ecosystems. New York: [s.n.], 2012.



# O PAPEL DOS SOLOS NA AVALIAÇÃO DE PERIGO E RISCO DE DESASTRES

Ana Christina Wigner Gímenes<sup>1</sup>

Antonio Celso de Oliveira Goulart<sup>2</sup>

André Luiz Nascentes Coelho<sup>3</sup>

## 1 Introdução

As ciências do solo representam um dos vastos campos de estudos de fundamental interesse em várias áreas do conhecimento, como a Agronomia, Geografia Física, Engenharia Civil, Geologia, Química, Biologia, entre outras, oferecendo apoio, em suas múltiplas dimensões de atuação. Os diferentes objetivos e demandas cada vez maiores e de maior complexidade têm permitido transdisciplinaridade com aplicações de métodos e técnicas antes restritas. Os resultados desses estudos se constituíram referências nas pesquisas que orientam a compreensão das condições que tornam o ambiente pedológico mais instável, no caso das dinâmicas de perigo e risco envolventes.

Ainda que a fragmentação dessas diferentes áreas tenha possibilitado alguns avanços, admitiu também alguns prejuízos à interdisciplinaridade muitas vezes desejada. Em que pese as questões de perigo e risco, os objetivos de uma determinada pesquisa, geralmente, se regem pela própria demanda. Esses sim reunirão as principais perguntas a serem formuladas voltadas à resiliência. Do mesmo modo, a desintegração e a exclusão simultânea nos processos e resultados do avanço do conhecimento se manifestam algumas vezes entre a oferta do conhecimento em destaque e a demanda deste pela sociedade, em instituições científicas na promoção de investigações em pesquisas de base e aplicadas, e nas prefeituras, Defesas Cívicas, governos, poder legislativo, cooperativas, agricultores, técnicos de órgãos públicos, professores e moradores, atuantes em seus lugares e espaços.

A identificação do funcionamento dos solos como uma das abordagens para a avaliação dos perigos e dos riscos de desastres é o tema principal da discussão proposta nesse texto. As limitações enfrentadas para uma assimilação das dinâmicas do solo pela sociedade, a princípio, vêm de duas maneiras. A primeira delas, na observação e no reconhecimento dos solos com as suas diferentes estruturas, na distinção das condições intrínsecas ao tipo de aplicação anunciada e no pequeno detalhamento dos mapeamentos de solos existentes atualmente. Nesse último, surgem em um mesmo

---

1 Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/CEPEDES-UFES, Laboratório de Geografia Física - LGF-UFES e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias LCGGEO. E-mail: acw.gimenes@gmail.com.

2 Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/CEPEDES-UFES, Laboratório de Geografia Física - LGF-UFES e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias LCGGEO. E-mail: celsoliveiragoulart@gmail.com.

3 Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/CEPEDES-UFES, Laboratório de Geografia Física - LGF-UFES e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias LCGGEO. E-mail: alnc.ufes@gmail.com.

polígono do mapa pedológico várias classes de solos desprovidas de limites entre si. A segunda, na redução da participação da comunidade em discussões locais sobre os processos, sejam eles de erosão, movimentos de massa, inundações, estiagem, incêndios, sejam aqueles relacionados a moradia, geração de renda, necessidade de equipamentos urbanos, locais de lazer, áreas industriais, de aterro sanitário, de tratamento de água e esgoto, entre outros. Essas têm dificultado uma solução executável para a superação/mitigação dos problemas que envolvem perigo e risco, sobretudo, nos municípios, cidades, estradas e propriedades agrícolas.

O modo como uma pessoa interfere no solo, até certo ponto, revela como se mostra afetado por ele. E, de fato, tem sido visto de forma diferente entre as distintas áreas do conhecimento e também entre os que lidam com a terra e aqueles que a tem apenas em seu imaginário. Segundo Kämpf e Curi (2012a):

“Geralmente, as pessoas têm algum entendimento do significado do termo solo, pois é uma característica do ser humano reconhecer e entender um objeto conforme aprendeu a olhá-lo e a manipulá-lo” (KÄMPF; CURI, 2012a, p. 1).

Um processo evolucionário, presente na topofilia<sup>4</sup> descrita por Tuan (2015), apresenta-se como categorias simples baseadas nas percepções que integram os esquemas de complexidade crescente, e cujo foco está na estruturação da natureza segmentada, uma vez que a ideia de uma unidade primordial e harmônica favorece a compreensão básica de como as pessoas reagem às incertezas durante os eventos naturais e é dependente dessa condição. Essa percepção tem valor para a nossa sobrevivência e, também, para propiciar algumas satisfações que estão enraizadas na nossa cultura. Vivenciar as adversidades ambientais, entretanto, muitas vezes contraria aceitação das diferentes intervenções notadamente equivocadas no lugar, revelando-se conflitantes com as aptidões reconhecidas nos relatórios técnicos impeditivos de ocupação, ou mesmo de uma percepção de perigo e de risco consciente do local. Segundo o próprio Tuan (op. cit.), a atitude é primariamente uma postura cultural, que se toma frente ao mundo, pois compreende uma maior estabilidade de que a percepção é formada de uma longa sucessão de percepções, isto é, de experiências. É por essa razão que a estimativa das áreas perigosas à moradia, instalações urbanas, estradas ou até mesmo cultivos agrícolas devem considerar a atuação em planejamento em uma escala local e a percepção das pessoas por meio de suas vivências.

O fato das adversidades ambientais terem raramente sido pensadas no planejamento do espaço, nos colocou em uma condição de conflitos e perdas, das quais humanas e materiais, nas relações com esses espaços. Ressaltam-se como fundamentais os métodos para investigação e identificação das instabilidades, seja pelas condições intrínsecas das zonas de fraqueza das rochas, dos materiais inconsolidados e das coberturas de superfície, seja pelas modificações antrópicas que afetam a forma do relevo, a estrutura dos materiais e os processos. Como efeito de processos naturais ou antrópicos temos os movimentos de massa, as inundações, os incêndios em turfeiras ou as *badlands* antrópicas (termo usado aqui para áreas de erosão laminar intensa, em alusão às *badlands* naturais), em que a verificação das condições deflagrantes traduz-se em uma das demandas.

A identificação da variação espacial das estruturas se torna imprescindível no entendimento dos limiares de processos e dos indicativos de instabilidades, aplicados às ações inclusivas nos mecanismos de planejamento/intervenções. A pedologia, estudo das características macro e micromorfológicas, gênese, evolução e ocorrências/classificação dos solos, se volta à compreensão das condições intrínsecas que mostra um determinado funcionamento sinérgico entre os componentes. Por isso, aplica-se à visualização das potencialidades e das limitações dos ambientes, sendo possível ser

somada a outras ciências do solo, como a física, química, mineralogia, geoquímica e manejo do solo, e de outras áreas, por exemplo, a geomorfologia, biologia, biogeografia, climatologia, dependendo do tipo de questão a ser averiguada, restauração ou mitigação. Como aplicações às necessidades da sociedade, são enfatizadas as características morfológicas e físicas do solo (OLIVEIRA, 2011) e a pedogênese (KÄMPF; CURI, 2012b).

## 2 Os materiais de origem do solo e a pedogênese

Na descrição de um perfil de solo (SANTOS *et al.*, 2015) e nos relatórios técnicos dos mapas pedológicos ou de levantamento de reconhecimento dos solos constam informações sobre os materiais de origem desse corpo. Mas, até que ponto isso importa nas análises das áreas de menores ou maiores instabilidades ou graus de perigo e de risco? Na literatura aceita-se e entende-se como materiais de origem de um solo: a) rochas (Figura 1), b) matéria orgânica, como no caso dos Organossolos (Figura 2), pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2018) e c) materiais tecnogênicos, como materiais de aterro, ruínas de construções, lixões, sambaquis, “terra preta de índio”, materiais diversos em sua maioria se considerados os limites internos, as estruturas, as composições químicas, as texturas, as frações granulométricas e as mineralogias.



Foto: autores.

**Figura 1.** Perfil vertical, mostrando a transformação de rocha em solo. Granito-Alterita-Solo. Material de origem do solo: rocha. As zonas de fraqueza do granito favorecem a entrada da água e solutos, a transformação de minerais primários em minerais secundários e os processos pedogenéticos responsáveis pelas características atuais do solo. 22/03/2008. Fradinhos, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

Um quarto material de origem refere-se ao próprio material de um solo já formado. Isso ocorre em alguns locais sob condições especiais (mudança climática, tectônica ou auto-organização) propícias a perdas ou ganhos geoquímicos, translocações, entre outros processos, de modo que uma classe de solo em sua dinâmica evolutiva modifica suas características estruturais morfológicas, físico-químicas e mineralógicas, evoluindo

para uma outra classe de solo. Retratando uma condição como esta estão os modelos de cobertura pedológica em equilíbrio e de sistemas pedológicos em transformação (BOCQUIER, 1973; BOULET, 1974; BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1984; BOULET *et al.*, 1997). Enquanto as coberturas pedológicas em equilíbrio representam aqueles solos originados de rochas, materiais orgânicos ou materiais antrópicos, os sistemas pedológicos em transformação manifestam solos originados de outros solos que antes eram coberturas pedológicas em equilíbrio, como Argissolos ou Latossolos transformados em Espodosolos ou de Latossolos transformados em Argissolos. Atestam, contudo, uma condição favorável à transformação de um conjunto de processos pedogenéticos.



(a)

Foto: autores.

**Figura 2.** Relevo de fundo de vale embaciado com presença de Organossolo, em clima tropical. Lençol freático raso. Material de origem: matéria orgânica. Processo pedogenético: paludização. Sítio Aeroportuário de Vitória - Eurico de Aguiar Salles, Vitória, Espírito Santo, Brasil. 22/08/2016.

Em qualquer modelo, cada um dos limites em profundidade (no perfil vertical) ou lateralmente (em topossequência) revela um local a ser apurado em seus potenciais de fragilidade ou instabilidades e mudanças nos processos, como erosão, movimentos de massa ou inundações. Esse mesmo raciocínio circunscreve condições de fragilidade nos limites dos pedons, por suas mudanças de estruturas e funcionamento interno.

Tanto as coberturas pedológicas em equilíbrio quanto os sistemas em transformação resultam da pedogênese como integração de processos. Kämpf e Curi (2012b) acentuam a vinculação conceitual do solo aos processos intrínsecos:

“A pedogênese é entendida como uma integração de processos pedogenéticos específicos, cada qual capaz de criar na fase sólida do solo um conjunto de características pedológicas” (KÄMPF; CURI, 2012b, p. 14).

Nas chamadas áreas úmidas, em Organossolos (Figura 2), Gleissolos (Figuras 3) e Espodosolos (Figura 4), com presença de lençol freático raso e afloramentos da água na superfície nos períodos de chuva, a importância da preservação está relacionada à dinâmica, porque exercem a função de captação das águas de superfície e subsuperfície, minimizando alagamentos e inundações das áreas circunvizinhas, além do papel regulador do nível piezométrico. As características morfológicas, físicas e composição do solo irão contribuir para a retenção, tempo de permanência e níveis da água internamente.

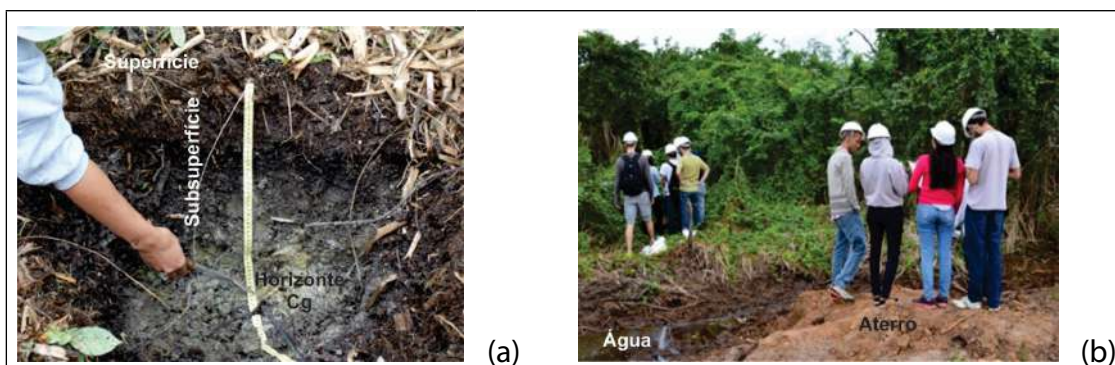


Foto (a) e (b): autores.

**Figura 3** (a) e (b). Gleissolo (a). Textura muito argilosa. Relevo plano em fundo de vale (b). Material de origem: mineral. Cor cinzenta em profundidade diagnóstica, característica do processo de gleização (a). Aterro (b) sobre Gleissolo realizado para construção de vias internas. Sítio Aeroportuário de Vitória - Eurico de Aguiar Salles, Vitória, Espírito Santo, Brasil. 22/08/2016.

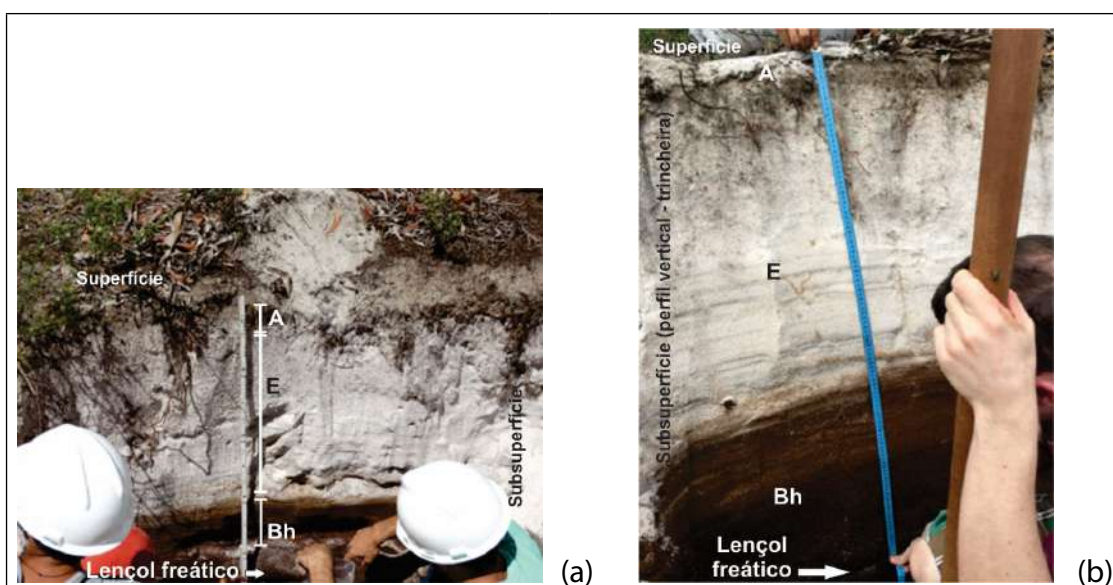


Foto (a) e (b): autores.

**Figura 4** (a) e (b). Espodossolo Humilúvico (sequência de horizontes A-E-Bh) (a). Horizonte A (organo-mineral), horizonte E (eluviação) e Bh (acúmulo subsuperficial de matéria orgânica). Relevo: terraço. Material de origem: mineral. Sedimentos de origem marinha. Processo: podzolização. Lençol freático raso. Sítio Aeroportuário de Vitória - Eurico de Aguiar Salles, Vitória, Espírito Santo, Brasil. 22/08/2016.

Uma outra questão do funcionamento dos solos para minimização de desastres trata da erosão e dos movimentos de massa. Na pedologia, a erosão, atingindo todas as classes de solos e definida como a remoção de partículas sólidas por ação eólica ou hídrica, com ou sem interferência humana, refere-se a um dos processos pedogenéticos específicos. Portanto, a identificação da origem e a intensidade se tornam importantes nos modelos. Incluímos nesse contexto (da erosão) os chamados “movimentos de massa” que são remoções de material sólido, movimentos coletivos, rápidos ou lentos. Ainda que mude a terminologia entre as áreas de conhecimento, os objetivos e os métodos podem ser os mesmos em sua transdisciplinaridade. Enquanto na pedologia a erosão é um dos processos pedogenéticos específicos (BUOL *et al.*, 1997; BOCKHEIM; GENNADIYEV, 2000; KÄMPF; CURI, 2012b), somada aos chamados movimentos de massa, na geomorfologia aparecem como processos geomorfológicos (alteração de formas de superfície), na geologia, processos geológicos exógenos (alteração

de propriedade geológica) e na engenharia, processos geotécnicos (alteração da capacidade de suporte de atividade).

A teoria e os conceitos trabalhados na pedologia advêm dos estudos sobre as condições em que a dinâmica interna se manifesta e qualquer esforço têm surgido no sentido de estudá-lo em si mesmo. Essa afirmação coloca os modelos de biostasia e resistasia e o modelo paleoclimático tradicional, em desconexão com a compreensão do solo, necessitando de outras abordagens afinadas com os processos internos como foco de análise, complementar ou mesmo excludente.

Para que um solo tenha surgido foi necessário a ocorrência de processos pedogenéticos, quando ao menos um horizonte pode ser formado. Johnson e Watson-Stegner (1987) explicam duas vias de pedogênese, uma progressiva e uma outra regressiva. A pedogênese progressiva favorece a horizontalização, em que as condições e processos promovam perfis organizados. Utilizando-se da noção de sistemas complexos, defendem que ocorram pedoturbações proanisotrópicas, admitindo auto-organizações intrínsecas do solo. Numa via em que há o favorecimento de uma pedogênese regressiva, retratam a simplificação em perfis menos diferenciados, onde os processos e condições promovam um retardo ou um rejuvenescimento do perfil, em pedoturbações proisotrópicas, e também considerando as auto-organizações intrínsecas.

O conceito de pedogênese progressiva e regressiva associa-se mais uma vez a um outro contexto, o do estudo das transformações pedológicas e transições. Nos sistemas pedológicos em transformação, enquanto no solo inicial (material de origem) a pedogênese se apresenta em processo de regressão, no solo mais novo, desenvolvido às custas do primeiro, acentua-se uma pedogênese progressiva, segundo sua organização própria. Um exemplo disto são os horizontes B texturais que gradativamente deixam de existir, possibilitando o surgimento de horizontes E de eluviação, como no caso das transformações de Argissolos em Espodossolos pesquisadas por Gimenes *et al.* (2019).

Estudos de mineralogia da argila pedológica por neoformação, realizados por Lucas *et al.* (1993) mostraram que um modo de pedogênese regressiva pode vir da influência da atividade biológica em floresta pluvial, contribuindo para adições de silício nos horizontes superficiais do solo, diminuindo a transformação caulinita-gibbsita esperada em solos muito intemperizados resultantes da ferralitização.

A ideia de uma via em pedogênese progressiva é de um comportamento contínuo e favorável ao avanço pedogenético. Já em um solo raso, geralmente, implica em pouca diferenciação do perfil e erosão laminar ("em lençol") ou erosão por escoamento difuso que se faz de modo mais pronunciado, além da disponibilidade constante de minerais a sofrerem transformações (mecânicas, químicas e mineralógicas). Assim, Nos Neossolos Litólicos (A-C-R ou A-R) e nos Cambissolos (A-Bi-C) predomina uma pedogênese regressiva. Nos Latossolos, solos profundos medianamente diferenciados (A-Bw-C) pela própria condição pedogenética do solo no processo de ferralitização (dessilicação e oxidação), e nos Argissolos, bem diferenciados (A-E-Bt-C), por argiluviação, elutriação ou outro processo que tenha permitido o acúmulo de argila no horizonte B, uma pedogênese progressiva foi mais atuante no desenvolvimento do solo. Outros perfis considerados muito diferenciados, ainda que com poucos horizontes em sua configuração, incluem aqueles com intensa acumulação relativa por processos pedológicos, como na formação de calcita e outros, e aqueles com cimentação presente em um ou mais horizontes do solo.

As vias de pedogênese progressiva e regressiva, a nosso ver, alcançam a dimensão processual multiescalar, por isso espera-se a sua identificação iniciando-se pela observação do perfil de solo em campo. A observação e descrição têm ocorrido de dois pontos de vista, num perfil vertical, de cima para baixo, e num perfil lateral, de montante para jusante. A profundidade da coleta (0-10 cm, de 0-200 cm ou até a rocha sã) e a posição no perfil (por exemplo, no meio de cada horizonte, a cada 20 cm e ou nas transições de cada horizonte) dependerá do objetivo da pesquisa.

Alguns exemplos de pedogênese regressiva ocorrem sob determinadas condições específicas de processos ou conjunto de processos: a) erosivos difusos, como nas *badlands* antrópicas (Figura 5), crescentes de cima para baixo e condicionados por fluxos hídricos superficiais difusos, b) erosivos concentrados, como nas voçorocas (Figura 6), de crescimento remontante (de jusante para montante) e, principalmente, de baixo para cima, genética e principalmente associadas a fluxos hídricos subsuperficiais com formação de *pipes* (dutos internos no solo) com remoção de material inconsolidado, podendo também sofrer incisão superficial por meio de fluxos hídricos concentrados; nas ravinas, sobretudo por fluxos hídricos superficiais concentrados, em zonas preferenciais, c) movimentos de massa (Figuras 7, 8 e 9), como nos escorregamentos e fluxos de lama, por saturação de água da chuva ou da frente de saturação no solo e perda de coesão e atrito; *creep* (rastejamento) por ação da gravidade; queda de blocos (tombamento, rolamento), por deslocamento em zonas de fraqueza das rochas e descalçamento de blocos, por ação da gravidade; tração/fenda de tração (queda de solo seco), por ação da gravidade; abatimento, por ação da gravidade e d) elutriação, pela retirada de argila e silte fino, no horizonte A do perfil do solo.

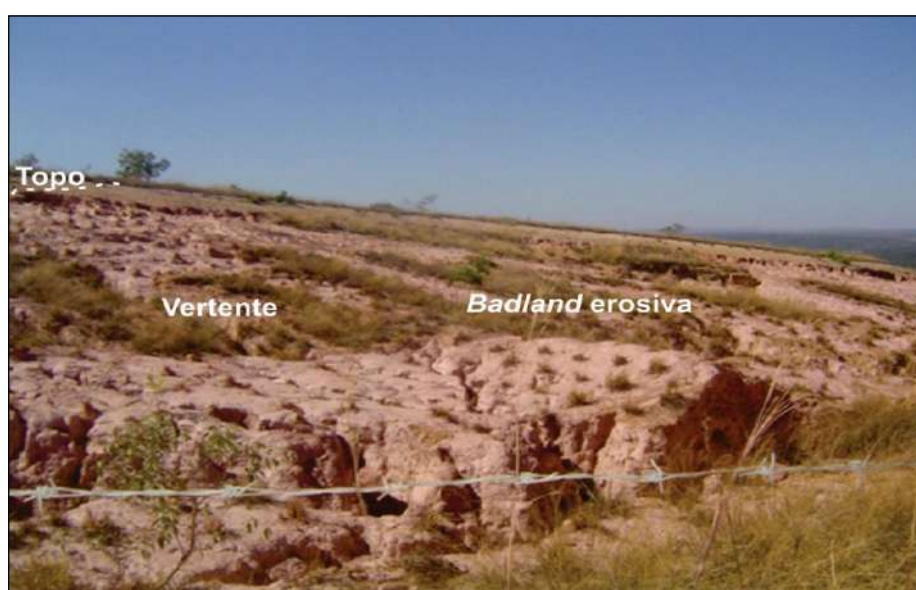


Foto: autores.

**Figura 5.** *Badland* erosiva de origem antrópica. Pedogênese regressiva. Grupo Bambuí, imediações de Sete Lagoas, Minas Gerais. 02/07/2011.

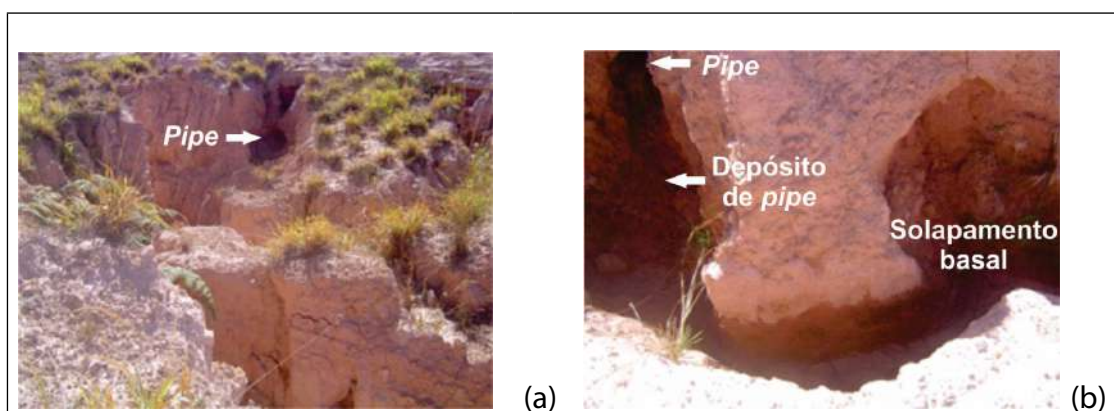


Foto (a) e (b): autores.

**Figura 6** (a) e (b). *Pipes* ou dutos de voçoroca, seguido de abatimentos (a). *Pipes*, depósito de *pipe* e solapamento basal (b). Grupo Bambuí, imediações de Sete Lagoas, Minas Gerais. 02/07/2011.



Foto: autores.

**Figura 7.** Queda de blocos. Deslocamento em falésia rochosa nas zonas de fraqueza da rocha. Superfície de ruptura: rocha. Mangueira, Mimoso do Sul, Espírito Santo, Brasil, 2017. Evento: 14/12/2016, às 4 h 00 min. Foto: 24/12/2016.



Foto: autores.

**Figura 8.** Escorregamento, e posterior ravinamentos. Alfredo Chaves, Espírito Santo, Brasil. 02/06/2002.



Esse tipo de pedogênese regressiva impõe redução ou rebaixamento do solo ao mesmo tempo que promove adições de materiais nos locais de menor energia, contribuindo para o espessamento das formações superficiais, das quais depósitos de movimentos de massa, colúvios e colúvio-alúvios, sobre outros materiais pré-existentes. Nestes locais, a pedogênese continua, porém, apresentando a parte superior mais nova e menos evoluída.

Os depósitos de material tecnogênico (aterros, lixões, depósitos de rejeito de mineração, ruínas de construções, destroços, entre outros), dependendo da espessura irão formar Antropossolos (EMBRAPA, 2004), pelo chamado processo de antrossolização, iniciando em um tempo zero na idade do novo solo formado. Nesses solos os processos pedogenéticos acontecem, transformando as partículas sólidas por intemperismo químico, pedoturbação, elutriação e erosão, com avanço na pedogênese. Quanto ao solo enterrado, as alterações modificam as estruturas pedológicas, a atividade biológica, o funcionamento hídrico, o nível piezométrico, as translocações internas, a pedoturbação e a mineralogia pelas novas adições.

A identificação da estrutura, da direção da pedogênese e do comportamento do solo indica o funcionamento hídrico interno, a presença de ambientes frágeis passíveis de ruptura, as alterações no meio, assim como as intervenções possíveis em ambientes estáveis, de modo a manter seu funcionamento interno com segurança, como na definição de profundidades de cortes nas vertentes, áreas seguras para ocupação, definição de áreas passíveis de serem represadas e outras de serem drenadas.



Foto (a): Fredherico Moreno Serri Costa, Cabo Bombeiro Militar. Foto (b) e (c): Cristiane Tinoco, Defesa Civil Estadual.

**Figura 9** (a), (b) e (c). Movimentos de massa do tipo queda de bloco, por queda livre. Superfície de deslocamento e deslizamento do bloco ocorreu na superfície do solo e entre duas vertentes laterais (a). Depósito: bloco placóide de rocha de tamanho matacão (b). Destroços de residência (c). Taquaruçu, Vargem Alta, Espírito Santo, Brasil. Evento: 03/01/2020, às 18 h 30 min.

Solos com presença de turfas como alguns Organossolos e Gleissolos, estão sujeitos a combustão em subsuperfície, muitos deles próximos a residências, resultando em prejuízos à saúde humana e de animais. Alguns eventos de incêndios registrados nos solos próximos a Vitória, em Serra (ES), ocorreram em uma planície flúvio-marinha de Gleissolos Sódicos Hidromórficos (antes Solonchak Sódico). Duas condições protegem a turfa abaixo da combustão, das quais a textura muito argilosa que mantém a umidade do solo por longo período e a presença de lençol freático pouco profundo e afloramentos dessa água nos períodos de chuva. A apenas 30 cm de profundidade um horizonte mosqueado cinzento e avermelhado revela a parte superior da zona de oscilação do lençol freático. Em períodos de estiagem ocorre o rebaixamento desse lençol e susceptibilidades a queimadas e incêndios (naturais ou não) e queima da turfa. Desvendar a organização própria de cada ambiente se torna útil ao entendimento dessas interações. Em situações de aterros, poderá ocorrer interferências no lençol freático, colocando a turfa em risco. A influência dos aterros sobre o rebaixamento do lençol ou sua total expulsão e os efeitos sobre a queima da turfa devem ser qualificados.

O solo como estruturante expõe os processos, tornando-se funcional, e o modo como ele se processa resulta na auto-organização, em analogia ao que se discute em Dumouchel e Dupuy (1983). Das interações entre os constituintes emergem padrões ordenados e os processos pedológicos, autônomos e auto organizados, promovem evolução integral. Logo, o curso dessa evolução dependerá de fatores naturais e ou antrópicos, em uma organização temporal, espacial e funcional. O entendimento da dinâmica por estruturas dissipativas (PRIGOGINE, 1982) justificaria a evolução pedológica dos solos, manifestando sua complexidade.

Vasconcellos, Rodrigues e Luzzi (2015) salientam que devemos incorporar leis características para a descrição de sistemas, evidenciando-se a auto-organização macroscópica e aponta duas questões, do ponto de vista da física, destacando qual a origem microscópica das transições e como podemos descrevê-las a nível teórico e numa análise rigorosa.

Em sistema não linear o que se procura observar são as concentrações e as não homogeneidades. Em convergência ao que apontam Vasconcellos, Rodrigues e Luzzi (2015) em estudos alusivos a outras ciências:

“Nas reações químicas a não-linearidade está relacionada com a concentração de reagentes, e a condição crítica depende das afinidades químicas, e no caso em que inhomogeneidades estão presentes, depende também do coeficiente de difusão. Nos dispositivos físicos a não-linearidade aparece nas funções de distribuição dos componentes elementares (moléculas, átomos, elétrons, quasi-partículas, etc.), e a condição crítica é determinada pela intensidade dos campos aplicados (VASCONCELLOS; RODRIGUES; LUZZI, 2015, p. 2314-9)”.

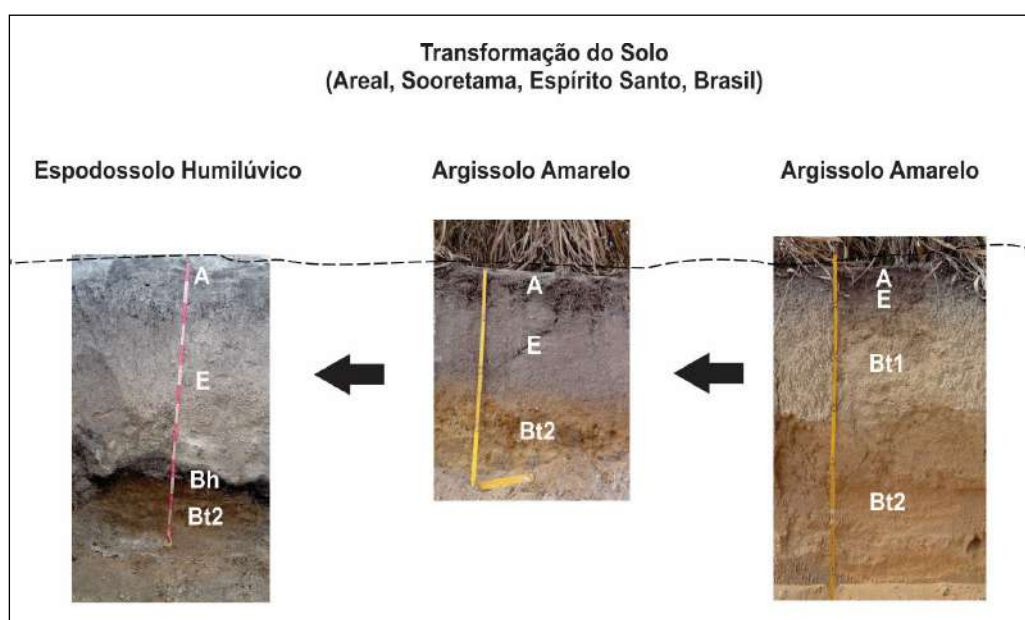
Os solos (coberturas pedológicas em equilíbrio e sistemas pedológicos em transformação), pela abordagem com base em estruturas dissipativas, reconhecíveis como unidade de análise, são dissipadas e renovadas. As interações entre os processos pedogenéticos criam determinadas condições de evolução.

Nessa perspectiva, os métodos de delimitação do sistema levariam em consideração: 1) seu comportamento inferido a partir do todo, e não das partes, 2) a identificação dos componentes, 3) a identificação das escalas, 4) a identificação dos comportamentos comuns, 5) a auto-organização e 6) a identificação de padrões de comportamento.

Mantida a ideia de olhar o solo como um todo, e não apenas partes dele, estudos atestam a influência da morfologia e tamanho dos agregados pedológicos (arredondados/

microagregados e em blocos) sobre a existência de descontinuidades hidráulicas no perfil do solo (BARRETO; GIMENES; GOULART, 2019) e retenção de água no solo (CARVALHO, 1998). A textura, a consistência, o caráter coeso, a cimentação e a mineralogia da argila também são objeto de análise no entendimento do comportamento hídrico do solo.

As interações entre os elementos do solo, os processos e as condições específicas são reveladas por meio de métodos da pedologia, química, mineralogia e física do solo. Alterações mineralógicas de argilas podem resultar em elevação do adensamento do solo em profundidade, influenciando na formação de lençol freático temporário, como o verificado no Espodossolo do Areal em Sooretama no Espírito Santo (Figura 10), importantes na avaliação de riscos de inundações como aquelas ocorridas em 2019 em área de plantio de pimenta-do-reino (GIMENES *et al.*, 2019). O Espodossolo nessa área foi derivado da transformação do Argissolo Amarelo Distrocoeso com horizonte de eluviação, resultando em solos arenosos, por meio da destruição de argilas pelos processos de acidólise e ferrólise, até a formação do horizonte arenoso E e Bh do Espodossolo. Tem-se, não apenas a estrutura, mas o funcionamento do solo como indicativo de instabilidades ou de fragilidades que interferem no uso da terra.



Fotos: autores.

**Figura 10.** Transformação Argissolo-Espodossolo e alteração mineralógica de argila. Bt2 maciço coerente, adensado, muito compactado a extremamente compactado, relação textural abrupta e formação de lençol freático temporário no Espodossolo. O afloramento da água resultou em inundações no Espodossolo em plantio de pimenta-do-reino. 06/10/2018. Areal, Sooretama, Espírito Santo, Brasil.

Um lençol freático raso pode emergir de uma relação textural abrupta também nos Planossolos, aumentando a desestruturação de argilas no topo do B plânico, acentuando ainda mais o aumento da relação textural em um mecanismo de auto-organização. Nesse sistema o lençol é uma propriedade emergente, bem como a destruição da argila. Fato similar, com aumento da relação textural (não abrupto), foi entendido para os solos da Reserva Biológica de Sooretama (GIMENES, 2014), entre os horizontes A e B textural coeso (Bt1) e no topo deste último, ligeiramente mais claro, no Argissolo Amarelo Distrocoeso e no Argissolo Acinzentado Distrocoeso abrupto dúrico, interpretado pela diminuição da infiltração no perfil do solo, acidólise e destruição da argila. Na teoria discutida, solos nessas condições representam complexidade emergente. De outro modo, solos com

desenvolvimento evolutivo constante nas transformações material de origem-solo e que preservam sua estrutura original são representativos de uma simplicidade emergente, não importando qual a classe de solo.

### 3 Métodos nas ciências do solo aplicados a percepção de perigos

Na biodinâmica o solo possui significado funcional e as interações são contínuas, importante para a manutenção da vida:

“O solo faz a transição entre a rocha e a superfície (biosfera). A argila leva o arquétipo da forma viva de baixo (rocha-argilogênese) para cima (biosfera, agrosfera), numa corrente ascendente” (MIKLÓS, 2017, p. 109).

A percepção sensorial (MIKLÓS, 2001) tem sido negligenciada ou menos priorizada. A valorização da observação das estruturas dos solos como método de estudo na fase inicial, vem do fato de ser a primeira referência que representa toda a sequência de análises e intervenções posteriores.

Adicionados a outros parâmetros (geomorfológicos, climáticos, biológicos, do manejo e dos mapeamentos), o Quadro 1 sistematiza algumas análises, em que a descrição do perfil de solo e a pedogênese se inserem, utilizadas em estudos sobre perigo e risco de desastres.

**Quadro 1.** Exemplos de investigações de processos nas ciências do solo. 1 – Ravinas e *badland*; 2 – Voçorocas; 3 – Movimentos de massa; 4 – Erosão fluvial; 5 – Inundação; 6 – Incêndio em solos com turfa.

Análises	1	2	3	4	5	6
Convergência de fluxo em superfície, fluxos preferenciais, zonas de fraqueza na rocha abaixo do solo, crostas, fluxos de tronco. Teor de argila, textura, química do solo, matéria orgânica, agregados pedológicos, índice S (curva de retenção da água no solo).	x					
Descontinuidades estruturais em subsuperfície, descontinuidades hidráulicas bruscas e contínuas em subsuperfície, remoção de argilas e silte fino de áreas preferenciais (pipes), fluxos preferenciais, zonas de fraqueza na rocha abaixo do solo, micromorfologia do solo.		x				
Descontinuidades estruturais em subsuperfície, descontinuidades hidráulicas em subsuperfície, curva de retenção da água no solo, micromorfologia do solo, teor de argila, textura, mineralogia da fração argila, coesão e atrito associados a inclinação da vertente.			x		x	
Estrutura dos solos, adensamento e compactação do solo, cimentação de horizonte subsuperficial, micromorfologia do solo.				x	x	
Estrutura do solo, química do solo, mineralogia, micromorfologia do solo, análise das frações húmicas do solo, carbono, nível piezométrico.						x
Magnitude-frequência (chuva diária e limiares de processos).			x		x	x
Registros de acumulados de chuva e da tipologia dos movimentos de massa, solos e estruturas de rocha.			x			
Magnitude-frequência (incisão e número/km <sup>2</sup> ).	x					
Magnitude-frequência de vazão.				x		
Magnitude-frequência de períodos de estiagem.						x

Organizado pelos autores.

Estudo sobre processos pedogenéticos e características morfológicas, físicas e mineralógicas desenvolvidos por Gimenes *et al.* (2019) mostrou um dos condicionantes estruturais do solo que influencia a elevação do nível piezométrico, evidenciando a importância de se conhecer o solo para avaliar ambientes úmidos, frágeis e submetidos a riscos de inundação em cultivos agrícolas, podendo ser também aplicado em áreas de risco urbanizadas.

Útil aos estudos do funcionamento dos solos, outra análise refere-se à magnitude e frequência (WOLMAN; MILLER, 1960; AHNERT, 1987; GIMENES, 2000; COLANGELO, 2005; DE PLOEY; KIRKBY; AHNERT, 1991), aplicada a estimativa de alagamentos, cheias e inundações, estiagem, vazão de rio e movimentos de massa. Os dados considerados tem sido, para cada caso, geralmente diário ou mensal.

A análise de eventos extremos de vazão corresponde a um dos níveis de entendimento da dinâmica do ambiente, adotada em estudos de erosão fluvial em solos de margem de rio e erosão/deposição em barragens de terra e áreas adjacentes. Complementar a essa, a análise de magnitude e frequência demonstra a vazão mais efetiva, ou seja, aquela que possui a melhor relação entre magnitude e frequência.

Em estudo aplicado às inundações na Planície Deltaica do Rio Doce, Coelho *et al.* (2018) estimaram que a cada um, dez e cem anos, respectivamente, ocorre pelo menos uma vez uma vazão máxima média mensal de 3.621,1 m<sup>3</sup>/s (Y), de 5.175,8 m<sup>3</sup>/s (Y + A) e de 6.730,5 m<sup>3</sup>/s (Y + 2A), em que as de melhor relação e maior período úmido estiveram associadas principalmente a Zona de Convergência do Atlântico Sul. A vazão dominante foi de 5.990 m<sup>3</sup>/s, representando aquela de maior atuação em uma determinada erosão fluvial e deposição de sedimento. A vazão de melhor representação na dinâmica geomorfológica foi a do período de 1999 a 2013 (COELHO *et al.*, 2018).

A análise de magnitude e frequência também foi aplicada em estudo de processos geomorfológicos (*runnof* e movimentos de massa) por Fileti, Gimenes e Goulart (2019), associando-os a chuvas diárias e Latossolos com interferências antrópicas em Venda Nova do Imigrante no Espírito Santo, no registro de 1976 a 2013, com chuvas máximas que chegaram a 155 mm, IMF (72,35; 40,02), enquanto o evento dominante foi de 17 mm nesse período.

Como referências a serem adotadas nas pesquisas, De Ploey (1981) discute os efeitos da vegetação, das coberturas pedregosas, da hidrologia de vertente e do ângulo de inclinação da vertente sobre os movimentos de massa e sobre o escoamento superficial difuso e aponta os limiares de processos, baseados em experimentos em modelos reduzidos, notificando valores limites a partir dos quais determinado processo pôde ser deflagrado. Segundo o autor, é preciso uma discussão mais refinada da situação em diferentes partes da vertente.

Alguns estudos integram a geomorfologia e a pedologia. Numa pesquisa conduzida por Barreto, Gimenes e Goulart (2019) com o objetivo de estudar os solos de Santa Tereza (ES), descontinuidades hidráulicas foram analisadas em Latossolo, por meio de aferição da estrutura pedológica, textura, granulometria, densidade do solo, condutividade hidráulica saturada e curva de retenção da água do solo, apontando dois intervalos no perfil pedológico e recomendando profundidades limites de corte da vertente.

Oliveira (2011) exibiu os parâmetros do solo a serem analisados para diferentes fins de aplicação, como os relacionados à textura do solo e outras características físicas, e limitações para determinados usos, a exemplo de áreas de lazer e de aterros sanitários para resíduos sólidos, como prevenção de riscos de erosão eólica e contaminação das águas.

Brady e Weil (1996) associaram a textura do solo e a atividade da argila (alta e baixa) a algumas características importantes para a análise da erosão (escoamento concentrado em fluxos hídricos superficiais, tendência ao fracionamento e transporte) e movimentos de massa (drenagem interna ou fluxos hídricos subsuperficiais). Como método de identificação da intensidade e direções dos fluxos hídricos, além da textura

e da mineralogia da fração argila evidenciada na citação, complementam esse tipo de análise a descrição das formas dos agregados pedológicos e a micromorfologia do solo.

Castro *et al.* (2003) enumeraram as aplicações da micromorfologia, tais como nos estudos da estrutura, compactação, efeitos das práticas agrícolas e irrigação, porosidade, encrostamento superficial, erosão, movimentos de massa, entre outras. Os autores citam que em Latossolos alterados por atividade antrópica as distribuições relativas passaram a porfírica, voltando a enáulica quando a área foi induzida à recuperação mecânica, química e vegetativa.

A micromorfologia aponta processos e relações existentes no interior da cobertura pedológica. Ainda, estima os impactos negativos provenientes do uso da terra e os impactos positivos nas ações regenerativas do ambiente. Neste último, porém, a resiliência não será a mesma em todos os solos, devendo a mesma ser examinada e conferida nas condições que se apresentarem.

### Considerações finais

As pesquisas de base e aplicadas, os levantamentos *in situ*, os experimentos em laboratório, simulações de processos em campo, os estudos sobre métodos de laboratório e metodologias de mapeamentos avançam no sentido de produzir mais conhecimento na busca por soluções de questões relevantes à sociedade, contribuindo para a gestão da redução de risco e desastres.

Levantamentos de campo em escala local para caracterização e mapeamento são investimentos custosos aos Estados e municípios e requerem equipes especializadas. O uso dos mapas de classes de solos existentes, embora sejam fundamentais, estão limitados à escala e ao entendimento da legenda. Mesmo assim, muitas informações são extraíveis de forma seletiva no conteúdo dessas legendas, de modo a favorecer a criação de mapas temáticos com diferentes objetivos. Um deles pode ser muito útil na análise de perigo e de risco, quando em uma análise espacial multicritério, ou modelagem utilizando SIG, unido à compreensão da variação nos pesos atribuídos a cada condicionante de interesse conforme o processo específico.

Ainda assim, informações obtidas em campo, coletas de amostras e análises de laboratório, além do que se desenvolve em pesquisa acadêmica, podem ser incluídas nos pareceres e relatórios técnicos de modo a complementar tais produtos. Os levantamentos de solos assumem assim um papel relevante e têm nas metodologias de mapeamento e SIG um grande aliado.

Ressalta-se a necessidade de preservação daqueles sistemas importantes à manutenção da água, seja pela reserva e recarga hídrica seja na prevenção de queimadas e incêndios; de sistemas de manejo no campo e escolha de materiais de superfície nas áreas urbanas que favoreçam a percolação da água nos solos; de programas a médio e longo prazo de retorno das áreas originalmente úmidas. Índices de qualidade do solo para fins de prevenção à erosão são adequados, em áreas agrícolas e urbanas, podendo os mesmos serem incluídos nos planos municipais a exemplo de PDMs e Zoneamentos Agroecológicos.

A organização das demandas por pesquisas requer alguns fatores, dos quais a ampliação da articulação entre pesquisadores e diversos setores (prefeituras, defesas civis, cooperativas, etc.) para o entendimento das necessidades, editais temáticos e execução das pesquisas com a participação representativa e horizontal dos envolvidos, interdisciplinar e interinstitucional.

### Nota

4 [A palavra “topofilia” é um neologismo, útil quando pode ser definida em sentido amplo, incluindo todos os laços afetivos dos seres humanos com o meio ambiente

material. Estes diferem profundamente em intensidade, sutileza e modo de expressão]. Yi Fu Tuan - Topofilia [livro eletrônico]: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente; tradução: Livia de Oliveira – Londrina: Eduel, 2015. p. 177.

## Referências

- AHNERT, F. An approach to the identification of morphoclimates. In: GARDNER, V. (ed.). **International Geomorphology**, 1987, p. 159-188.
- BARRETO, N.R.; GIMENES, A.C.W.; GOULART, A.C.O. Análise do mecanismo de ruptura da vertente pelas discontinuidades hidráulicas em Latossolo no bairro Vila Nova em Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 20, n. 71, p. 487-503, set. 2019.
- BOCKHEIM, J.G.; GENNADIYEV, A.N. The role of soil-forming process in the definition of taxa in soil taxonomy and the world soil reference base. **Geoderma**, n. 95, p. 53-72, 2000.
- BOCQUIER, G. **Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad**. Paris: ORSTOM, 1973, 350 p. (Mémoires, 62).
- BOULET, R. **Toposéquences de sols tropicaux em Haute-Volta**: equilibre et déséquilibre pedobioclimatique. 1974. 272p. (Thèse sci. Strasbourg et Mém: ORSTOM. 85).
- BOULET, R.; CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. **Les systemes de transformation en pédologie**: Livre jubilaire du cinquanteaire de l'A.F.E.S., 1984. p. 167-179.
- BOULET, R.; LUCAS, Y.; FRITSCH, E.; PAQUET, H. Geochemical Processes in Tropical Landscapes: Role of the Soil Covers. In: PAQUET, H.; CLAUER, N. (eds.). **Soils and sediments**: mineralogy and geochemistry. Berlin, Germany: Springer, 1997. p. 67-96.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soil**. 11. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996. 740p.
- BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; MCCracken, R.J.; SOUTHARD, R.J. **Soil genesis and classification**. Ames: Iowa State University Press, 1997. 527 p.
- CARVALHO, M.A. **Retenção de água e outros atributos físicos de agregados de um Latossolo Vermelho-escuro**. 1998. 83 f. Tese (Doutorado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- CASTRO, S.S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.107-164.
- COELHO, A.L.N.; GOULART, A.C.O.; GIMENES, A.C.W.; CUNHA, L. Análise das inundações na planície deltaica do Rio Doce, Brasil. In: ENCONTRO LUSO-AFRO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E AMBIENTE, 2., 2018, Guimarães, Portugal. **Anais [...]**. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, 2018. p. 653-660.
- COLANGELO, A.C. Sobre os modelos de magnitude-frequência e de estabilidade de vertentes. **Revista do Departamento de Geografia**, Universidade de São Paulo, n. 16, p. 11-23, 2005.
- DE PLOEY, J. The ambivalent effects of some factors of erosion. **Mém.Inst. Géol. Univ. Louvain**, t. 31, p. 171-181, 1981.
- DE PLOEY, J.; KIRKBY, M.J.; AHNERT, F. Hillslope erosion by rainstorms: A magnitude-frequency analysis. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 16, p. 399-409, 1991.
- DUMOUCHEL P.; DUPUY J.P. (eds). **Colloque de Cerisy**: L'autoorganisation de la physique au politique. s.l.: Editions du Seuil, 1983.
- EMBRAPA. **Antropossolos**: proposta de ordem (1ª Aproximação). Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004. 49 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 351 p.

FILETI, R.B.; GIMENES, A.C.W.; GOULART, A.C.O. Estimativa de magnitude-frequência de chuvas diárias associadas a runoff e a processos geomórficos em Latossolos Antropizados (São João de Viçosa, Venda Nova do Imigrante, ES). **Revista Científica Intelletto**, Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil, v. 4, n. 1, p. 99-109, 2019.

GIMENES, A.C.W. Análise semilogarítmica de magnitude-frequência na identificação do evento pluviométrico diário dominante e processo geomórfico associado. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA, 8., 2000, Santiago do Chile. **Anais [...]**. Santiago do Chile: Universidad de Chile, 2000, p 411-421.

GIMENES, A. C. W. **Pedogeomorfologia de depressão nos tabuleiros costeiros do Norte do Espírito Santo**. 2014. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa (UFV, MG). Viçosa, Brasil, 2014.

GIMENES, A.C.W.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; OLIVEIRA, F.S.; GOULART, A.C.O.; COSTA, T.B. Inundações associadas a Espodosolos e evolução da rede de drenagem em Tabuleiro Costeiro no nordeste do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REDUÇÃO DE RISCOS E DESASTRES, 3., 2019, Belém. **Anais [...]**. Belém: UFPA, 2019.

JOHNSON, D.L.; WATSON-STEGNER, D. Proisotropic and proanisotropic process of pedoturbation. **Soil Science**, v. 143, n. 4, p. 278–292, 1987.

KÄMPF, N., CURTI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (eds). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012a. p. 1-20.

KÄMPF, N., CURTI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (eds). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012b. p. 207-302.

LUCAS, Y.; LUIZÃO, F.J.; CHAUVEL, A.; ROUILLER, J.; NAHON, D. The relation between biological activity of the rain Forest and mineral composition of soils. **Science**, v. 260, p. 521-523, apr. 1993.

MIKLÓS, A.A.W. **A dissociação entre homem e natureza: reflexos no desenvolvimento humano**. São Paulo: Antroposófica, 2001.

MIKLÓS, A.A.W. Agricultura biodinâmica, nutrição e desenvolvimento humano: ênfase na digestão do etérico do alimento. **Arte Médica Ampliada**, v. 37, n. 3, jul./set. 2017.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. 4. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2011. 592 p.

PRIGOGINE, I. **From being to becoming: time and complexity in the physical systems**. Freeman, San Francisco, 1982.

SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 102 p.

TUAN, Yi-Fu. **Topofilia: espaço e lugar: a perspectiva da experiência**. Tradução de Livia de Oliveira. Londrina: Eduel, 2015.

VASCONCELLOS, A.R.; RODRIGUES, C.G.; LUZZI, R. Complexidade, auto-organização e informação em sistemas dinâmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 2314, 2015.

WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. **Journal of Geology**, n. 68, p. 54-74, 1960.



# PREVENIR E ENFRENTAR: UM ESTUDO SOCIOLÓGICO SOBRE O CUMPRIMENTO DOS PRECEITOS DA CAMPANHA ‘CIDADES RESILIENTES A DESASTRES’ NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA-SP

Henrique Almeida Forini<sup>1</sup>

Victor Marchezini<sup>2</sup>

## Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar alguns resultados de uma pesquisa de iniciação científica que foi realizada junto ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Essa pesquisa buscou estudar os resultados da campanha “Construindo Cidades Resilientes” por meio de uma investigação no Município de Araraquara, situado no interior do Estado de São Paulo - SP, que foi reconhecido pela ONU como um dos estados mais resilientes do mundo (DCI, 2014). O objetivo geral da pesquisa consistiu em analisar as políticas públicas dos diferentes setores da gestão municipal de Araraquara-SP no âmbito da resiliência urbana.

O trabalho aqui apresentado teve como orientação teórica os estudos de Sociologia do Risco e Sociologia dos Desastres. Ao passo que o tema abordado dialoga com fenômenos sociais, econômicos, ambientais e institucionais podemos verificar a contribuição das Ciências Sociais para o estudo de caráter interdisciplinar. O trabalho sociológico enriquece os estudos de desastres não somente do ponto de vista teórico, mas também no que diz respeito aos métodos, ou seja, na maneira de coletar, sistematizar, examinar e inferir criticamente os dados da pesquisa.

Ao longo da pesquisa de iniciação científica, em especial no tratamento da literatura sociológica, percebemos que o tema vem sendo tratado de forma sistemática há pouco tempo. Uma das principais publicações que apresenta um conjunto consistente de abordagens sobre o conceito de desastres é o livro intitulado *What is a Disaster? Perspectives on the Question* (1998), organizado pelo sociólogo norte-americano Enrico Quarantelli. Já no Brasil, a Sociologia dos Desastres é ainda muito incipiente na produção científica, sendo que esse campo de pesquisa foi introduzido no país pela professora Norma Valencio, como se pode constatar nos quatro volumes da coletânea *Sociologia dos Desastres - construção, interfaces e perspectivas no Brasil* (2009, 2010, 2013; VALENCIO; SIENA, 2014). Esses volumes apresentam trabalhos que analisam desastres a partir da perspectiva social, multidisciplinar e interdisciplinar, apontando estudos e

---

1 Graduado em Ciências Sociais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail: forini.henrique@gmail.com.

2 Bacharel em Ciências Sociais, mestre e doutor em Sociologia pela UFSCar. Pesquisador no Cemaden/MCTIC. Professor no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre (PGCST/INPE) e no Programa de Pós-Graduação em Desastres (ICT/Unesp - Cemaden). E-mail: victor.marchezini@cemaden.gov.br.

abordagens a respeito das instituições, da atuação de determinados grupos ante os cenários de risco e desastres no país, dentre outros temas relevantes. Neste sentido, o campo da Sociologia dos Desastres, como subárea da Sociologia do Desenvolvimento, contribui amplamente para os debates que estão associados à degradação ambiental, à urbanização, ao avanço da pobreza e ao fenômeno das mudanças climáticas.

Neste capítulo apresentaremos a revisão bibliográfica, as pesquisas documentais e de campo em Araraquara-SP. As seções estão divididas entre as que mostram as reflexões que resultaram das leituras de artigos e livros sobre desastres e resiliência, as que tratam de descrever e analisar os estudos de campo (entrevistas) e, por último, as considerações finais, com os principais resultados do trabalho e algumas recomendações para se avançar nos estudos acerca da resiliência a desastres.

## Os estudos sociais sobre desastres

De acordo com o *Oxford English Dictionary* (1978), a palavra desastre advém do latim *dis* + *astro*, que traz a ideia de infortúnio, um grande evento inesperado ou calamidade (FAVERO; SARRIERA; TRINDADE, 2014). Mas uma das reformulações mais recorrentes é supor que o desastre é produzido por forças naturais poderosas ou sobrenaturais que atuam inevitavelmente contra a humanidade. Nesses casos, as pessoas transferem a causa dos acontecimentos reais a um nível supra humano, o que é impossível de se compreender racionalmente, uma vez que elas tendem a atribuir a situação adversa a um Deus furioso, ou algo semelhante. Interpretar a chuva forte, as secas prolongadas e os terremotos como castigo divino é muito comum entre a população do campo, por exemplo (ROMERO; MASKREY, 1993).

O maior desafio nos estudos dos desastres relaciona-se com sua própria conceituação, caracterizada pela considerável diversidade e pela inexistência de consenso acerca de alguns conceitos, como o que é um desastre (QUARANTELLI, 1998; VALENCIO, 2010; MARCHEZINI, 2009). Diferentes instituições e órgãos (defesa civil, centros de pesquisa, organizações internacionais etc.) trabalham com esse conceito, porém, elas estabelecem definições conforme suas regras de ação e as soluções das quais dispõem para atuar sobre o cenário de crise (MARCHEZINI, 2009), evidenciando o quão discutível é a caracterização de um desastre.

Por exemplo, a Estratégia Internacional de Redução de Desastres da ONU (UNISDR, 2012) define desastre como uma interrupção brusca no funcionamento de uma comunidade ou sociedade que acarreta grande quantidade de mortes, perdas materiais, econômicas e ambientais que excedem a capacidade da comunidade afetada para enfrentar a situação, mediante uso de seus próprios recursos. Essa definição admite que o momento para um evento adverso ser classificado como desastre é quando se expressa a incapacidade local de enfrentamento da situação de pós-impacto, decorrente de perdas humanas e materiais que interrompem a funcionalidade da comunidade atingida. Além disso, neste conceito fica implícito que um mesmo evento pode representar desastre ou até catástrofe para uma comunidade, e não para outra que possua maior capacidade de enfrentamento (RODRIGUES *et al.*, 2015).

No Brasil, tendo como referência a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, o termo desastre se refere ao resultado de fenômenos adversos, naturais ou produzidos pelo ser humano sobre um ecossistema vulnerável e que causa danos humanos, materiais e ambientais, além dos prejuízos econômicos e sociais (CEPED, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2015). Na área de gestão de desastres a diferenciação é feita quanto à origem ou causa, estabelecendo-se dois grupos: desastres “naturais”, os quais têm como evento “deflagrador” um fenômeno natural, que pode ser agravado pelas intervenções sobre o território, como chuvas que precipitam sobre áreas

impermeabilizadas acarretando alagamentos e perdas materiais; e “desastres humanos ou antropogênicos” que resultam tanto de atividades quanto de omissões humanas. Alguns exemplos de desastres humanos, também denominados de desastres tecnológicos, podem ser os acidentes aéreos, incêndios urbanos, contaminação do meio ambiente por substâncias tóxicas, rompimento de barragens etc. (RODRIGUES *et al.*, 2015).

É possível verificar que diversos autores estão trabalhando com uma perspectiva analítica desses tipos de desastres que vai além da visão tecnocrática, reconhecendo, portanto, a vulnerabilidade social como fator crucial na produção de riscos e impactos (O'KEEFE; WESTATE; WISNER, 1976; HEWITT, 1983; MASKREY, 1993; VALENCIO, 2012). Essa perspectiva considera que, mesmo tendo como eventos detonadores fenômenos naturais, os desastres não são naturais, e sim resultados da interação entre ambiente e ação humana, no qual elementos históricos, políticos, econômicos fazem parte dos contextos de adversidades (RODRIGUES *et al.*, 2015; VALENCIO, 2009, 2012; MARCHEZINI, 2009).

O primeiro estudo no âmbito das ciências sociais foi realizado em 1917 pelo sociólogo canadense Samuel Prince, a partir de um desastre tecnológico que resultou do choque entre dois navios e provocou a explosão de um suprimento de munição, causando mais de dez mil mortes, além de vinte e cinco mil desabrigados, em Halifax, Canadá (MENDES, 2015; MARCHEZINI, 2018). Esse pesquisador acompanhou a reconstrução da cidade durante dois anos e meio após o acidente e, apesar do seu foco ter sido a reabilitação e reorganização no pós impacto, suas descrições sobre os efeitos da explosão e as respostas a elas permitiram analisar minuciosamente as mudanças que são ensejadas nos desastres (MARCHEZINI, 2018). A busca da compreensão das mudanças sociais que são ensejadas pelas catástrofes também foi tema da pesquisa do sociólogo russo Pitirim Sorokin que, em 1942, analisou os comportamentos sociais e dinâmicas institucionais em razão da vivência de períodos de fome, guerra e epidemias (SOROKIN, 1942).

Anthony Wallace também foi um dos primeiros a se engajar com o tema de desastre no âmbito da antropologia. Em seu estudo publicado em 1956, o principal objetivo era entender as mudanças de personalidade e de saúde mental decorrentes da vivência como situações de estresse, e como transformações culturais foram catalisadas por desastres ou catástrofes. Em seu modelo analítico, interpretou os desastres como processos que possuem dimensões espaço-temporais, permitindo comparar diferentes casos em diversos contextos (MARCHEZINI, 2018). Contudo, foi entre a década de 1960 e 1970 que se inicia uma corrente sociológica ligada à pesquisa social dos desastres. Destacam-se nessa corrente os pesquisadores norte-americanos Enrico Quarantelli e Russell Dynes, cujas contribuições relacionaram temas como o comportamento coletivo e a análise organizacional diante dos desastres (LA RED, 1993). De acordo com Marchezini (2018), esses pesquisadores enfatizaram o papel das instituições e a conduta das pessoas durante as fases de prevenção, preparação, resposta e reconstrução aos desastres. Esses trabalhos enfocaram, a partir de uma abordagem norte-americana, o contexto dos Estados Unidos. Embora exista um volume relativamente significativo de estudos publicados, eles influenciaram muito pouco as ciências sociais na América Latina (LA RED, 1993).

Segundo Quarantelli (1998), somente a partir da Segunda Guerra Mundial que os cientistas começaram a produzir pesquisas recorrentes nesta área, focando em estudos perceptivos e comportamentais das populações em situações de riscos e desastres. Diversas instituições e cientistas passaram a pesquisar o desastre, entretanto, não foi possível estabelecer um consenso mínimo em relação ao conceito (MARCHEZINI, 2009). Quarantelli (*in memoriam*) argumentava que isso prejudicava o avanço científico sobre os desastres, pois havia mais ênfase nos estudos empíricos em detrimento de um desenvolvimento teórico mais sofisticado (MARCHEZINI, 2009). Para Kroll-Smith e Gunther (1998), é o dissenso que colabora para o desenvolvimento científico no tema dos desastres.

Mas, afinal, o que é um desastre? O cientista social canadense Russell Dynes (1998 *apud* QUARANTELLI, 1998) afirmou que esse fenômeno é uma situação definida normativamente, na qual a comunidade inicia esforços extraordinários para proteger determinados recursos sociais cuja existência é considerada em estado de ameaça. O que há de pertinente nessa definição é que não se faz referência a agentes externos que provocaram os acontecimentos e, por essa razão, todos os desastres têm causas sociais. É interessante observar que nesse caso desaparecem as dicotomias entre Deus e ser humano, natural e tecnológico, e a ênfase encontra-se na ideia de recurso social (MENDES, 2015).

Dynes também publicou um trabalho muito importante intitulado *Organized behavior in disaster* (1970), em que ele distingue as quatro classificações de desastres mais utilizadas: a primeira, com ênfase nas ameaças naturais, tais como furacão, explosão, inundações; a segunda como dano físico, em termos de estruturas e indivíduos afetados; a terceira como uma interrupção social que causa um conjunto de perturbações para as comunidades e nações; a quarta e também a mais comum, como avaliação negativa, representando as pessoas como desorientadas em situações de desastres ou catástrofes, ou seja, considera as pessoas como desafortunadas e ignorantes (MARCHEZINI, 2018).

Outro marco importante, mas insuficientemente valorizado, foi o livro publicado pelo geógrafo galês Kenneth Hewitt, intitulado *Interpretations of calamity* (1983), que é considerado por muitos pesquisadores de desastres, como o esforço mais pertinente realizado com a intenção de globalizar uma teoria social sobre desastres (LA RED, 1993; MENDES, 2015). Partindo de uma posição crítica em relação à forma como as ciências têm abordado o tema, Hewitt (1983) afirma que é necessário romper que a ideia de que desastre é um evento externo, extraordinário, que rompe a normalidade, prejudicando a sociedade. Para ele, as causas dos desastres são processualmente produzidas nos territórios e as vulnerabilidades vão se acumulando, até que um evento natural ocorre e as revele. As reflexões de Hewitt (1983) foram inspiradas por desastres ocorridos na década de 1970, como o terremoto de 1976 na Guatemala, chamado pelos sobreviventes de “terremoto de classes”, sobretudo porque as moradias mais precárias ruíram diante dos abalos sísmicos.

Hewitt (1983) também salienta uma série de fatores que restringe as pesquisas de diferentes ciências que se engajam no tema dos desastres. Primeiramente, porque as pesquisas sociais sobre desastres têm se desenvolvido como um campo marginal em comparação às pesquisas realizadas pelas ciências naturais e engenharias, visto que essas áreas contam com apoio de muitas instituições, centros de pesquisa e, com isso, conseguem ter acesso às fontes de financiamento. Em segundo lugar, ocorre um isolamento em relação aos pesquisadores que apresentam uma perspectiva social, seja no acesso à bibliografia, seja na pouca divulgação dos trabalhos realizados, como também na ausência de estruturas institucionais adequadas para contribuir com a inserção científica da abordagem social dos desastres (HEWITT, 1983; LA RED, 1993).

Diante da ocorrência de inúmeros desastres na América Latina na década de 1980, muitos pesquisadores estrangeiros vieram à região realizar suas pesquisas, publicando-as em língua inglesa. Foi diante do contexto de escassez de trabalhos realizados e publicados por latino americanos, que surgiu a *Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina* (LA RED). Esse grupo buscou, por meio da reunião de diversas instituições, promover a relevância do enfoque social nos estudos sobre desastres, constituindo, assim, em 1993, uma rede de colaboração interinstitucional e interdisciplinar. La Red (1993) promove pesquisas comparativas acerca da prevenção e gestão de desastres na América Latina, estabelecendo pontos de comunicação entre os pesquisadores sociais que antes estavam dispersos. Uma das abordagens principais é compreender os desastres como problemas mal resolvidos de desenvolvimento.

Os estudos realizados pela antropóloga mexicana, Virginia Acosta (1996, 2008), conceberam uma abordagem crítica sobre a construção sócio-histórica dos riscos de desastres na América Latina. Esses trabalhos resultaram em uma coletânea junto à La Red intitulada *Historia y Desastres en América Latina* (1996, 1997, 2008), que organizou também, entre 1993 e 1998, a revista semestral intitulada *Desastres y Sociedad*, com interpretações críticas sobre a abordagem sociológica norte-americana (MARCHEZINI, 2018).

Acosta (1993) menciona a escassez de estudos orientados por uma perspectiva histórica e social. De acordo com a antropóloga, existem alguns trabalhos que buscaram analisar cronologicamente os desastres no México em períodos distintos, como a época da colonização espanhola, além de análises sobre os fenômenos meteorológicos e terremotos. A autora pontua que na década de 1980 surgiu um enfoque menos conhecido (diferente do estrutural-funcionalismo anglo-saxão) que analisa os desastres como fenômenos internos e não externos. Essa abordagem considera que as sociedades humanas não constituem entes totalmente integrados funcionalmente e estruturalmente organizados que, somente por causa dos eventos externos, vivenciam transtorno social. Além disso, critica o emprego do método indutivo através do qual se apresentam conclusões a partir de um único evento. Assim, a abordagem apresentada pela autora propõe analisar, dedutivamente, a totalidade de fatores internos que intervêm em uma determinada sociedade antes e depois de um desastre, ou seja, considerando seu contexto histórico-social (ACOSTA, 1993).

Em outras palavras, essa perspectiva busca entender o processo que levou ao desastre, desde uma abordagem crítica que engloba os efeitos sociais, políticos e econômicos. Posto que o enfoque destaca a vulnerabilidade socioeconômica de certas populações afetadas pelos desastres, observa-se que em algumas situações um desastre pode se converter em catástrofe devido ao grau de vulnerabilidade da sociedade atingida (ACOSTA, 1993; MARCHEZINI, 2009). A vulnerabilidade é compreendida como um processo que levou a uma situação em que se conjugam pobreza, capacidade física debilitada, isolamento social, falta de acesso a recursos, falta de acesso a poder político, dentre outros fatores (CHAMBERS, 1989; WISNER; GAILLARD; KELMAN, 2012). Assim, fica evidente que a concentração de riquezas, a crescente pauperização, a instabilidade política e a debilidade econômica são fatores que acentuam o cenário de calamidade. Uma exemplificação desse processo é a conversão, no longo prazo, da condição de desabrigados a de abandonados nos desastres (VALENCIO; SIENA; MARCHEZINI, 2011; MARCHEZINI, 2014).

Essa breve discussão dos estudos sociais sobre desastres serve para contextualizar e situar o escopo e a atualidade científica da pesquisa. Na próxima seção do texto, discute-se a revisão do conceito de resiliência e suas implicações nos estudos sobre desastres, em especial no que concerne ao objeto deste trabalho: as cidades resilientes a desastres.

## O conceito de resiliência e suas implicações

Conforme apresentado na introdução, a campanha global "Cidades Resilientes" se insere em um amplo e atual debate que atravessa as esferas políticas, econômicas e, principalmente, ambientais. O Marco de Ação de Sendai (2015-2030) estabelece princípios que guiam o desenvolvimento sustentável e as medidas de erradicação da pobreza por meio de políticas de redução de riscos de desastres, e também aponta para a relevância das políticas que buscam promover a resiliência urbana frente aos desastres. Neste sentido, esta seção apresenta e analisa o conceito de resiliência, tendo em vista os desdobramentos e a importância desse conceito para o presente capítulo.

Podemos verificar que o conceito de resiliência foi emprestado das ciências exatas, especialmente da física, e ao ser introduzido nas ciências da saúde há cerca de quatro décadas, acabou sofrendo muitas transformações. Inicialmente era considerado como

uma característica individual, mas posteriormente passa a ser visto como um processo que se desenvolve no domínio das interações humanas diante de adversidades, tendo como resultado o processo de recuperação e superação. Ao conceber a resiliência como um processo, pressupõe-se que existam fatores e mecanismos que contribuam para o seu desenvolvimento, como os riscos e a proteção (SOUZA, 2011).

Os riscos são situações de elevado estresse que predisõem as comunidades às desestruturações e crises mas, ao mesmo tempo, as colocam em condições de enfrentamento e resposta às atribulações. São ocasiões em que ameaças e/ou perigos interagem com vulnerabilidades no território e, por conseguinte, demandam a resiliência, que não é natural, mas depende de uma série de fatores de proteção. Os fatores de proteção indicam que existem potenciais auxiliares do enfrentamento desses desafios, que se constituem em características individuais, relações de vínculo e circunstâncias do próprio contexto que amparam a resiliência (SOUZA, 2011).

A história e o uso desse conceito nas ciências é apresentado no trabalho de Brandão, Mahfoud e Gianordoli-Nascimento (2011). Os autores afirmam que, entre as décadas de 1970 e 1980, pesquisadores americanos e ingleses demonstravam interesse no fenômeno dos indivíduos que apresentavam estabilidade mesmo depois de expostos às situações adversas, como aquelas que causam estresse. Inicialmente esses tipos de indivíduos foram chamados de invulneráveis e o fenômeno de invulnerabilidade, sendo que somente mais tarde o termo passa a ser substituído por resiliência.

Na literatura brasileira, a origem do termo resiliência deriva do campo da física e das ciências exatas. Os pesquisadores latino-americanos atribuem o conceito de resiliência às ciências exatas. Como a palavra “resiliência” não faz parte do vocabulário coloquial brasileiro, criou-se a necessidade de entender sua origem (BRANDÃO; MAHFOUD; GIANORDOLI-NASCIMENTO, 2011). Desta forma, no Brasil, a ideia de que o conceito de resiliência para o campo da psicologia teria vindo das ciências exatas é devido à disseminação dos trabalhos publicados pela psicóloga Dra. Maria Ângela Mattar Yunes (2001, 2003, 2006). A autora menciona que o conceito tem origem nas ciências exatas e nas conceituações utilizadas na física. Contudo, ela aponta que podem existir riscos em transpor o conceito da física para as ciências humanas. Como seus trabalhos se tornaram uma referência, a maioria dos pesquisadores brasileiros interessados nesse tema passou a reproduzir a definição presente nos trabalhos de Yunes, afirmando assim que a resiliência na perspectiva da psicologia se originou na física (*apud* BRANDÃO; MAHFOUD; GIANORDOLI-NASCIMENTO, 2011).

Interessante destacar as diferentes escolas de pensamento em relação ao conceito de resiliência, no contexto histórico das décadas de 1970 e 1980. Os anglo-saxões pesquisaram o fenômeno de resiliência como resistência ao estresse. Inicialmente chamavam esse fenômeno de invulnerabilidade e, posteriormente passaram a denominá-lo como resiliência para compreender o caso de pessoas que tinham probabilidades de apresentar mau desenvolvimento, mas permaneciam estáveis. Já os latino-americanos trouxeram definições de resiliência que consideravam o sentido de superação e de recuperação, apesar de terem começado seus estudos sobre resiliência como resistência ao estresse. Os pesquisadores latino-americanos da psicologia e das ciências sociais buscaram a base para suas análises nas ciências exatas, nas quais a resiliência tem o sentido de recuperação e, a partir disso, levantou-se a hipótese de que a ideia de recuperação que a resiliência passou a empregar tenha surgido daquele contexto (BRANDÃO; MAHFOUD; GIANORDOLI-NASCIMENTO, 2011).

A popularização do termo resiliência se disseminou por vários campos do conhecimento e aplicações. As pesquisas acerca de cidades e comunidades resilientes demonstram uma tendência a interpretar o conceito de resiliência associando-o aos

princípios de desenvolvimento socioeconômico sustentável (REBOTIER; PELÁZEZ; PIGEON, 2013). No campo de desastres, o conceito ainda pode apresentar algumas variações, dependendo do ponto de vista e da abordagem do pesquisador. A aplicação do referencial da resiliência aos sistemas socioambientais urbanos, por exemplo, considera os constantes contextos de incerteza, e deve ser flexível para operar ajustamentos e, desta forma, tornar-se capazes de capitalizar as oportunidades (GONÇALVES, 2017). Ou seja, “as ‘competências’ no sentido da resiliência, das quais se nota a flexibilidade para conviver com o inesperado e a adaptação, são elementos-chave para o futuro das cidades” (GONÇALVES, 2017, p. 8). Para Manyena (2006), o ponto central consiste em apreender a quais objetos se confere resiliência, posto que indivíduos, comunidades e nações possuem diferentes graus de resiliência, podendo ser definidos em termos de seus valores essenciais de sobrevivência – vida, meios de subsistência, cultura etc. A partir deste raciocínio, podemos compreender que o objetivo de todo programa de ‘resiliência a desastres’ é melhorar tanto os valores fundamentais quanto os recursos que podem ser aplicados no processo de adaptação em circunstâncias de adversidade. Salientamos, assim, que o estudo sobre cidades resilientes deve considerar todas essas variáveis e analisar como elas se imbricam à medida que modelam a complexa dinâmica social contemporânea

O guia para gestores públicos locais *Como construir cidades mais resilientes* (UNISDR, 2012) é um importante norteador. Nele encontram-se elementos que caracterizam uma cidade resiliente: é um local onde desastres são minimizados porque sua população vive em residências e comunidades com serviços e infraestrutura organizados e que obedecem a padrões de segurança; sem ocupações irregulares construídas em planícies de inundações ou em encostas íngremes por falta de outras terras disponíveis; que possui um governo local competente, inclusivo e transparente, que se preocupa com a urbanização sustentável ao passo que investe os recursos necessários ao desenvolvimento de capacidades para gestão e organização municipal antes, durante e após uma ameaça natural ou desastre. Ademais, considera-se que uma cidade resiliente é onde as autoridades locais e a população compreendem os riscos que enfrentam e desenvolvem processos de informação local e compartilhada com base nos danos por desastres e riscos, levando em conta a situação de vulnerabilidade social e exposição dos grupos, ao passo que busca responder e implantar estratégias imediatas de reconstrução, restabelecendo rapidamente os serviços básicos para retomar suas atividades sociais, econômicas e institucionais após um evento adverso (UNISDR, 2012). Como veremos nos resultados preliminares da pesquisa de campo, compartilhados nas próximas seções, nem todas recomendações dessa campanha da ONU têm sido cumpridas, mas há iniciativas em curso.

## **A gestão de riscos de desastres: analisando as políticas públicas locais**

Nesta seção, apresentamos os resultados da pesquisa documental sobre as políticas públicas municipais no tema. Sendo assim, buscamos analisar esses resultados para fazer inferências pertinentes que consideram os principais objetivos da pesquisa.

Existem duas mil cidades em todo mundo participando da iniciativa global “Construindo Cidades Resilientes: Minha Cidade está se preparando”, sendo que cerca de 25% estão localizadas nas Américas, e 11% no Brasil (DCI, 2014). Sabe-se que no Estado de São Paulo existem 645 municípios (SÃO PAULO, 2018), dos quais 214 aderiram à campanha global. Em 2013, a Defesa Civil de Araraquara foi a primeira dentre os municípios da região central do estado a receber o certificado da ONU de Compromisso de Resiliência aos Desastres (DCI, 2014).

Durante a pesquisa documental consultamos os documentos de órgãos públicos, incluindo material impresso e virtual. O site da Defesa Civil de Araraquara e da criação

do Centro Integrado de Alerta de Desastres Naturais (CIADEN) foram analisados a fim de observar se existem medidas que condizem com a campanha global da ONU e/ ou com o Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres (2015-2030). No site da Defesa Civil do Município de Araraquara no item “Serviço ao cidadão” foram encontrados os seguintes pontos:

- a) Comunicação de situações emergenciais pós-precipitações em situações de alagamentos (imóveis, ruas, etc), queda ou risco de queda de árvores, quedas de fiação elétrica ou postes de energia, afundamento ou abertura em asfalto ou vias públicas, após chuvas ou ventos intensos;
- b) Solicitação de avaliação de riscos em imóveis, edificações ou estruturas em situações de anormalidade, que apresentem sinais de comprometimento estrutural, com risco de desabamento ou que apresentem riscos à integridade física das pessoas;
- c) Solicitação de palestras preventivas e educativas destinadas às escolas públicas e particulares, universidades, associações, entidades e empresas, com os temas “Noções básicas de Defesa Civil”, tempestades, alagamentos, raios, queimadas urbanas, acidentes domésticos etc;
- d) Solicitação de relatórios pluviométricos, com dados observados (chuvas e temperatura).

Esses pontos são centrais para compreender a atuação da Defesa Civil e, diante da proposta da pesquisa, pôde-se constatar que as medidas apresentadas estão de acordo com algumas diretrizes e metas da campanha global da ONU. Embora alguns aspectos que apreciem os dez passos para construir cidades mais resilientes a desastres não sejam colocados em prática - tais como a priorização de investimentos em infraestrutura para redução de riscos, obras de drenagem para evitar inundações, avaliação da segurança de escolas e postos de saúde da cidade - observamos que a Defesa Civil de Araraquara cumpre certos pontos como: a existência de programas de educação e treinamento sobre a redução do risco de desastres; mantém atualizado os dados sobre os riscos e vulnerabilidades do município; tem ações para assegurar as necessidades dos afetados por eventos extremos; e também atribuem um orçamento para a redução do risco de desastres. Esses fatores podem contribuir para uma gestão de emergência, mas está para além do escopo deste trabalho avaliá-la.

Já o Centro Integrado de Alerta de Desastres Naturais (CIADEN) surgiu da necessidade de desenvolvimento de pesquisas para o fomento de estudos sobre as mudanças climáticas. A Escola Técnica Estadual Astor de Mattos Carvalho articulou a instalação do CIADEN, sendo resultado do Protocolo de Cooperação Técnico-Científico firmado entre o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), o Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil e a Prefeitura Municipal de Cabrália Paulista, através de sua Coordenadoria de Defesa Civil (COMDEC). Desta forma, encontram-se reunidos as três esferas do poder público, municipal, estadual e federal com propósito de garantir o melhor atendimento às necessidades e proteção para a população local e regional (CIADEN, 2013). O CIADEN cumpre um papel importante no monitoramento, tendo em vista que Araraquara-SP não consta na lista dos municípios monitorados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), órgão vinculado ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

O CIADEN<sup>3</sup> começou a operar no Município de Araraquara em 2015 (ARARAQUARA, 2019). A instituição constrói suas análises com auxílio da plataforma Terra MA<sup>2</sup>, e conta com geotecnologias desenvolvidas pelo INPE. O Terra MA<sup>2</sup> é destinado ao monitoramento, análise e alerta de riscos a partir da informação de satélites, radares meteorológicos, instrumentos geotécnicos, modelos de previsões numéricas, entre outras bases de dados (MCTIC, 2015). Sendo assim, os principais objetivos do CIADEN (2013) são:



- a) Monitorar em tempo real eventos meteorológicos extremos e alertar quanto à possibilidade daqueles fenômenos afetarem áreas com alguma vulnerabilidade ambiental;
- b) fomentar pesquisa técnico-científica sobre mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global;
- c) fortalecer as iniciativas locais na área de monitoramento de áreas florestais e alerta de desastres naturais;
- d) definir projeto piloto envolvendo a especificação, projeto, desenvolvimento, implantação e acompanhamento de aplicativos geográficos para uso em sistemas de coleta, análise e disseminação de dados geográficos;
- e) alertar a defesa civil sobre desastres naturais;
- f) alertar produtores rurais sobre chuvas de granizo;
- g) e realizar monitoramento climático regional.

Na sequência deste texto, apresentamos relato das etapas de pesquisa, bem como as entrevistas de campo e seus desafios.

### **Análise da percepção sobre riscos, desastres e resiliência no Município de Araraquara**

O Município de Araraquara foi elevado a essa condição no ano de 1889. Seus primeiros habitantes, os índios guaianá, davam-lhe o nome de Aracoara (de ará, que significa dia, e coara, que significa morada). Embora muito distante dos grandes centros urbanos da época, a região foi parte de uma rota estratégica, acontecimento que incentivou sua ocupação no início do século XVIII, quando foi descoberto ouro em Mato Grosso. Suas principais atividades agrícolas foram a cana-de-açúcar, em seguida o café e, mais recentemente, a laranja. Atualmente, o município tem uma população estimada em 233.744 habitantes, com um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 39.065,74 e um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,815, considerado muito alto (IBGE, 2017).

Para o planejamento e seleção da amostra de moradores e defesa civil entrevistados na pesquisa de campo (aplicação de entrevistas) utilizamos o mapeamento de áreas de risco a deslizamentos e inundações no Município de Araraquara, resultado do contrato celebrado entre o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT e a Casa Militar do Gabinete do Governador do Estado de São Paulo, no ano de 2018. No Município de Araraquara, foram identificadas sete áreas de risco de inundação, sendo uma área de risco baixo e seis áreas de risco médio. É importante também mencionar que no mapeamento não foram constatadas áreas de risco de deslizamento no município.

O mapeamento foi importante para planejar a amostra de moradores entrevistados. Em razão do período de um ano para a realização da iniciação científica, a proposta inicial foi realizar duas entrevistas em cada uma das sete áreas de risco mapeadas. Além dos moradores, também foi entrevistado um agente de defesa civil e a proposta inicial também era entrevistar outros agentes do poder público municipal. As entrevistas foram balizadas por um roteiro de entrevista semi-estruturado, construído e testado previamente. Foram organizados dois roteiros de entrevista: um voltado à entrevista com moradores e outro para realização de entrevistas junto aos agentes de defesa civil e do poder público municipal. De todo o planejamento realizado previamente, é importante destacar as barreiras encontradas para entrevistar alguns moradores e também representantes da assistência social do município (insegurança sobre o que será feito com a pesquisa, medo, receio da repercussão política). Apesar da limitação em relação à quantidade de interlocutores(as) que se dispuseram a serem entrevistados (as), os resultados da pesquisa de campo de base qualitativa revelam elementos interessantes que permitem contrapor os discursos sobre as "cidades resilientes" identificados na

pesquisa documental e aqueles revelados em campo. Os relatos dos entrevistados - registros originais dos discursos - foram mantidos, independente de cumprirem ou não da norma culta da língua portuguesa. Seus nomes são fictícios para manter a integridade dos entrevistados. As entrevistas duraram de 30 a 40 minutos e foram gravadas quando autorizado pelo entrevistado. A partir disso foram transcritas e analisadas.

Foram feitas quatro visitas às instalações da defesa civil municipal para conhecer seu funcionamento, além de ligações para tentar conversar com mais agentes em atuação na instituição. Entrevistamos um agente da defesa civil com a finalidade de compreender a atuação e os limites da gestão de riscos de desastres do município, bem como a implementação das medidas da campanha global “Construindo cidades resilientes”. Esse agente foi indicado pelo coordenador municipal para ser entrevistado por ser um profissional que, além de ter participado do mapeamento de áreas sujeitas a riscos (inundações e alagamentos), realiza com frequência atividades voltadas para prevenção, resposta e recuperação em situações de adversidade. Durante a entrevista, ele disse conhecer o Marco de Hyogo e o Marco de Sendai, “que é um compromisso de alguns países junto à ONU para adotar medidas de prevenção contra desastres”, mas afirmou não conhecê-lo profundamente. Afirmou ainda considerar muito relevante o papel desses marcos para contribuir com a construção de cidades, estados e países mais resilientes frente aos desastres. Ele mencionou conhecer a campanha “Construindo Cidades Resilientes”, bem como os dez passos essenciais para a construção de cidades resilientes a desastres:

*Sim, conheço, já trabalhamos. Araraquara está no programa, foi certificado pelo programa Cidades Resilientes pela ONU né? Conheço os 10 passos, mas agora não vou me lembrar, faz um tempo que a gente participou do programa. É, e também são coisas que... adoção de medidas pra que torne a cidade cada vez mais resiliente né (L, 2019)*

Quando questionado se o município atende as metas propostas pelos dez passos e se existem avanços ou falhas, ele respondeu:

*Falhas não, na verdade o que se tem é um levantamento do quão o município está fazendo pra cada vez mais a cidade ficar protegida frente aos desastres. Araraquara ficou numa pontuação, num patamar muito bom né?... se não me engano, de todos os índices que tinha que assim... não tava zerado nenhum, na verdade se não tava totalmente satisfeito, tava já bem encaminhado. Quer dizer, eu acredito que Araraquara ela satisfaz num grau bem importante essa questão das cidades resilientes (L, 2019).*

O entrevistado também definiu o que é uma cidade resiliente, além de falar sobre como as ações de redução de risco de desastres se relacionam com o atendimento à população vulnerável da cidade:

*[cidade resiliente] é a condição que a cidade tem de poder suportar um desastre e se reerguer rapidamente, na verdade é o tempo de resposta que a cidade tem frente a um desastre de poder voltar à normalidade, os serviços essenciais, o atendimento à população, né... é mais ou menos isso né? É a cidade que faz a prevenção, na hora do desastre ela tem como se... por exemplo, o Japão né? A gente cita o Japão sempre, no Japão se acontece uma coisa hoje, amanhã eles assim já estão normalizados. Eles são totalmente resilientes na capacidade de conseguir se reerguer frente a um desastre, frente a uma situação adversa.*

*O governo atual da cidade, ele dá muito amparo para o pessoal em vulnerabilidade né? Pessoal da periferia, existem muitos programas sociais, é uma marca do governo isso. Na questão do desastre, nosso trabalho é muito junto com a assistente social, é frente a desastres quando atinge pessoal vulnerável, pessoal que não tem condição de se restabelecer prontamente, a assistente social a gente vai junto, trabalha junto, tem vários, eu cito, por exemplo, questão de desastre quando dá problema na casa da pessoa que tem que tirar a pessoa do local, desaloja. Por exemplo, a parte de habitação, pessoas vulneráveis, pessoas como posso dizer, idosos, tem todo um... as classes que são prioritária, por exemplo, em programas de moradia social (...) principalmente essa questão de população em área de risco tem muitos casos que apareceu assim da gente ter que interditar o imóvel por conta de precariedade de estrutura, de ter risco, e assim essas pessoas tem prioridade em questão de habitação, de programa social de habitação... (L., 2019).*

Além disso, foi perguntado sobre quais desastres ocorrem com maior frequência no município de Araraquara, e ele respondeu que são inundações, alagamentos e queimadas. O agente falou das causas, como o excesso de lixo nas ruas que entopem as galerias de drenagem, mas que existem vários motivos, como o caso de algumas galerias de drenagem que são muito antigas e já não são mais eficientes para suportar a vazão de água das chuvas. Em relação à queimada, ele falou que também existem diversos fatores, mas que, na grande maioria das vezes, algumas pessoas jogam lixo em terrenos vazios, não limpam o terreno e depois colocam fogo. Segundo ele, as pessoas colocam fogo para "limpar" o terreno dos entulhos.

*Mas assim...o município, também a partir desse ano, as leis foram mudadas principalmente por conta da dengue né? Assim, são coisas que caminham juntas né? O terreno sujo lá com o entulho além de pegar fogo cria criadouro da dengue. Assim, o governo... ele enrijeceu as medidas de fiscalização e multa também, então o município tá pegando no pé contra isso, e agora assim por conta da dengue foram feitas revisões na legislação e as penas foram endurecidas, foram é... de uma forma aí ficaram mais pesadas e isso vai acabar respingando na questão da queimada também né... Então, é assim, a gente sabe que é só na questão de quando pega no bolso que o cara começa a prestar mais atenção, vai mantendo o terreno limpo, todo esse tipo de coisa aí (L., 2019).*

Em relação às ações tomadas pela Defesa Civil frente aos desastres no município, ele afirmou que se faz o monitoramento a partir de câmeras, mas também com viaturas *in loco*, com apoio da Secretaria de Trânsito, nas principais vias alagáveis, mas também em moradias. Também conta com apoio dos bombeiros para lidar com os perigos hidrometeorológicos e outros, como as queimadas:

*Em épocas de chuva forte, as ações tomadas pela defesa civil a gente monitora todos os pontos através de câmeras, existem câmeras em diversos pontos onde têm condições pra alagamento e inundação, ou através das câmeras já faz um monitoramento prévio né? Quando começa a chover a gente vê que tá chovendo, que vem vindo um tempo severo, a gente já faz o monitoramento e faz também com as viaturas não só nossas, mas da guarda da fiscalização de trânsito, faz tipo de monitoramento... o que mais pode acontecer ali... alagamentos em residências acontece bastante, a gente vai, o engenheiro vai, faz vistoria, vê se teve abalo em estrutura, se teve algum prejuízo para o imóvel...*

*Em incêndios, a gente vai junto com o bombeiro então assim, é tudo... mas assim tem um plano, nessa questão aí acho interessante a gente citar que nessas principais causas de ocorrências de desastres são as enchentes e as queimadas, pra cada uma dessas, porque assim são períodos distintos, então mais ou menos na metade do ano tem chuva, na outra metade do ano tem queimada, nós temos planos de contingência pra cada época, então quer dizer dentro desse plano ali a gente traça as ações, com todos os outros órgãos pra que assim na hora que aconteça a gente já tá alinhado pra poder ir dar uma resposta (L, 2019).*

Além do mais, questionamos acerca da existência do compartilhamento de uma base ampla de conhecimento e informação sobre desastres na cidade. O agente falou que existe um programa chamado “Guardando o Amanhã”, que é colocado em prática pela Secretaria de Segurança e engloba as outras pastas como a guarda civil, a defesa civil e a fiscalização de trânsito. De acordo com ele, as escolas do município recebem capacitação desses profissionais, e no caso da Defesa Civil, os profissionais nessa área de atuação compartilham as informações sobre o trabalho que é realizado no âmbito dos problemas de riscos de desastres. Ainda destaca que existem as mídias digitais, como o facebook, onde tem uma página da Defesa Civil em que são compartilhadas as informações e alertas, o que permite estabelecer comunicação com a população de Araraquara.

As entrevistas realizadas com a sociedade civil aconteceram em uma residência, numa oficina mecânica e outra em um comércio, em três áreas de risco das seis existentes no mapeamento. Ressaltamos que na maioria das áreas de risco não existem residências, são lugares próximos de vias suscetíveis a alagamentos, onde existe um fluxo constante de veículos todos os dias, causando transtorno em dias de chuva intensa. Percebemos, por meio das entrevistas, que todos conhecem bem o problema dos alagamentos e inundações na cidade, e eles consideram que a Defesa Civil do município sabe dos problemas que afligem o município assim como estão preparados para enfrentar as situações de riscos e desastres. No entanto, os entrevistados criticaram a prefeitura, acreditam que ela faz muito pouco e que portanto poderia fazer mais no que diz respeito aos problemas de inundações e afins. Além disso, mencionaram que se informam sobre alerta de chuva forte pelas redes sociais (facebook), site de notícias CidadeOn, e o site da própria Defesa Civil. De acordo com uma moradora que conhecia uma pessoa afetada em alagamentos quando estava se locomovendo pela cidade:

*Aham, conheço [as áreas de risco], já ouvi falar bastante, mas eu nunca presenciei, todas das vezes que foi assim chuva muito forte que alagou, alagou ali perto da rodoviária, mas sempre vi fotos, e pessoal comentando... teve uma vítima [fatal] aqui na frente, o filho da minha vizinha aqui, ele foi com o carro, e o carro não conseguiu passar, foi enchendo, foi enchendo... (G, 2019).*

Outro entrevistado reside no bairro e possui uma oficina mecânica, onde trabalha quase todos os dias, rememora sua experiência recorrente de prejuízos:

*a minha [oficina], por exemplo, é uma área de risco forte, já tive muito prejuízo com ela, muitos muitos, de pressão de água arrebentar muro, portão, invadir aqui... meu irmão que mora aqui embaixo já teve perda de móveis de dentro da casa umas quatro, cinco vezes, prejuízo forte nós tivemos... aqui a área de risco é muito forte (J, 2019).*

Uma das perguntas do roteiro de entrevista versou sobre o recebimento de alertas. Esse mesmo homem afirmou que:

*Sim, recebi alerta uma vez só (...) alerta que vai vir um tempo muito forte, mas pode acabar com nada... ai "avisamos", mas aqui não tem jeito de avisar, porque não tem o que fazer aqui, é área de risco (J, 2019).*

Neste caso, fica evidente uma situação de risco em que o morador recebe um alerta, mas não detém muitos recursos para se proteger ou se deslocar em uma situação adversa. A oficina dele fica no começo de uma rua muito inclinada e de frente com o córrego que passa perto do bairro. Ou seja, além de residir em uma área de risco médio, conforme os dados do mapeamento, ainda conta com uma localização delicada que acentua seu grau de vulnerabilidade.

Das pessoas entrevistadas somente uma conseguiu fazer uma definição próxima do que seria uma cidade resiliente:

*"Sim, uma cidade que resiste às dificuldades, às enchentes, desabamento né? Uma cidade que consegue sobreviver apesar de tudo isso aí" (P, 2019).*

Deste modo, vale ressaltar a importância de estudos futuros analisarem o papel das mídias digitais para contribuir com o acesso à informação acerca de riscos de desastres na cidade de Araraquara. Esses meios de comunicação são importantes e também são utilizados pela própria Defesa Civil, como observamos durante a pesquisa, na medida em que apresentam o que está acontecendo ou pode acontecer em situações de adversidade por meio da emissão de alertas, por exemplo. Nenhum dos moradores (sociedade civil) entrevistados conhecem o Marco de Sendai ou qualquer outra estratégia de redução de risco de desastres. Mas a Defesa Civil é bem ativa e busca atender às demandas da população, principalmente as que residem em áreas de risco e se encontram em condição de vulnerabilidade social.

## Considerações finais

Os resultados desta pesquisa trazem reflexões interessantes para o debate acerca das cidades resilientes. O mapeamento de risco elaborado pela Defesa Civil com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, por exemplo, evidencia uma medida de prevenção de desastres que localiza e registra determinadas áreas consideradas de risco, uma vez que estão sujeitas à inundação. Além disso, destacam-se os patrulhamentos que são realizados com frequência, conforme relatado pelo agente de defesa civil entrevistado durante a pesquisa. Essas ações têm sido feitas em parceria com a Secretaria de Trânsito. Para outras ações relacionadas ao atendimento às emergências, também se tem tido apoio do Corpo de Bombeiros e do setor de assistência social da Prefeitura Municipal.

A defesa civil local demonstrou conhecer bem a situação da cidade de Araraquara (áreas de risco, causas dos problemas que mais afetam o município, etc.), assim como as políticas de redução de desastre. O agente de defesa civil ainda descreveu a atuação e articulação da Defesa Civil com outros órgãos e profissionais (assistentes sociais e psicólogos, por exemplo). Entretanto, com base nas entrevistas junto à defesa civil, ainda se nota a necessidade de envolvimento de outros setores municipais em ações não somente de resposta às emergências, como também de redução de risco de desastres como, por exemplo, melhoramento do planejamento urbano.

Em relação às entrevistas com os moradores foi possível identificar que não apresentam muito conhecimento sobre o tema e os marcos de prevenção e redução de riscos de desastres. No entanto, os moradores sabem dos impactos causados pelos

desastres associados a alagamentos e inundações, e até de como se informar em alguns casos. Diante deste cenário, talvez seja interessante a criação de meios de comunicação mais eficientes da Defesa Civil e da prefeitura municipal com a população, na procura de resolver as questões de falta de medidas estruturais de redução de risco apontadas pelos entrevistados - problemas de drenagem urbana ineficiente, coleta e tratamento de resíduos sólidos etc. Palestras ou cursos de curta duração para os moradores dos bairros assinalados como áreas de risco também poderiam contribuir para o engajamento da comunidade, o que inclusive atenderia tanto as propostas e metas da campanha “Construindo Cidades Resilientes” como as do Marco de Sendai (2015- 2030). Os resultados preliminares dessa pesquisa de campo de base qualitativa também podem servir de subsídio à construção de questionários fechados, os quais podem ser aplicados, com auxílio de recursos financeiros para contratação de auxiliares de pesquisa, a uma amostra maior de municípios. Os investimentos nas políticas e planos de resiliência a desastres também passam pelo reconhecimento de que é preciso conhecer o que os cidadãos pensam para, a partir disso, planejar as cidades resilientes que se almejam.

## Nota

3 O Ciaden já opera em outras cidades, como Cabrália Paulista, Campinas, Presidente Prudente e São Carlos (MCTIC, 2015).

## Referência

- ACOSTA, V. G. (Ed.). **Historia y desastres en America Latina I**. Cidade do México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1996.
- ACOSTA, V. G. (Ed.). **Historia y desastres en America Latina II**. Cidade do México: La Red, 1997.
- ACOSTA, V. G. (Ed.). **Historia y desastres en América Latina III**. Cidade do México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: La Red, 2008.
- ACOSTA, V. G. *Enfoques teóricos para el estudio histórico de los estudios desastres naturales*. In: MASKREY, A. (Ed.) **Los desastres no son naturales**. Cidade do Panamá: La Red, 1993.
- ANAZAWA, T. M.; BONATTI, F.; CARMO, L. O risco construído: reflexões sobre o desastre ocorrido em Mariana, estado de Minas Gerais, em 2015, a partir da perspectiva da relação entre população e ambiente. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE POBLACIÓN, 7., 2016, Foz do Iguaçu; ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 20., 2016, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2016.
- ARARAQUARA (Cidade). Prefeitura Municipal de Araraquara. **Comunicação defesa civil**. Disponível em: <http://www.araraquara.sp.gov.br/governo/secretarias/seguranca-publica/guia-de-servicos/defesa-civil>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2011.
- BRANDÃO, J. M.; MAHFOUD, M.; GIANORDOLI-NASCIMENTO, I. F. A construção do conceito de **resiliência em psicologia**: discutindo as origens. **Paidéia**. Ribeirão Preto: USP, v. 21, p. 263-271, 2011.
- BRITTON, N. R. Developing an understanding of disaster. **Journal of Sociology**. p. 254-271. 1986.
- CARDONA, O. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. In: MASKREY, A. (Ed.) **Los desastres no son naturales**. Cidade do Panamá, La Red, 1993.
- CEPED – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Política Nacional de Defesa Civil**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2012.
- CHAMBERS, R. Vulnerability, coping and policy. **IDS bulletin**, v. 20, n. 2, p. 1-7, 1989.

- CIADEN - CENTRO INTEGRADO DE ALERTA DE DESASTRES NATURAIS, 2013. disponível em: <http://www.ciaden.com.br/> , acessado em 24/ 02/ 2018.
- DCI - DIÁRIO, COMÉRCIO, INDÚSTRIA & SERVIÇOS. **Araraquara e as cidades resilientes**. 2014 disponível em : <https://www.dci.com.br/dci-sp/araraquara-e-as-cidades-resilientes-1.541588> . acessado em 18/ 02/ 2018.
- DYNES, R. **Organized behavior in disaster**. Lanham: Heath Lexington Books, 1970.
- FAVERO, E.; SARRIERA, J.; TRINDADE, M. O desastre na perspectiva sociológica e psicológica. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 19. n. 2, p. 201-209, 2014.
- GARCIA-RENEDO, M.; GIL BELTRAN, J. M.; VALERO VALERO, M. **Psicología y desastres: aspectos psicosociales**. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I, 2007.
- GILBERT, C. Studying disaster: changes in the main conceptual tools. In: QUARANTELLI, E. (Ed.). **What is a disaster? Perspectives on the question**. Abingdon: Routledge, 1998.
- GONÇALVES, C. Regiões, cidades e comunidades resilientes: novos princípios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, p.371-385, 2017.
- GONÇALVES, D, P. Principais desastres ambientais no Brasil e no mundo. **Jornal da Unicamp**, 2017.
- GUIVANT, J. A trajetória das análises de risco: da periferia ao centro da teoria social. **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, n. 46, p. 3-38, jul./dez. 1998.
- HEWITT, K. The idea of calamity in a technocratic age. In: HEWITT, K. (Ed.). **Interpretations of calamity**. Boston: Allen and Unwin, 1983. p. 3-32.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Cidade de Araraquara: panorama**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama>. Acesso em: 27 ago. 2019.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - (IPT). Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de Araraquara, SP. **Relatório Técnico**, n. 152, p. 911-205, 2018.
- KROLL-SMITH, S.; GUNTER, V.J. Legislators, interpreters, and disasters. In: QUARANTELLI, E. L. **What is a disaster? Perspectives on the question**. Routledge: London and New York, 1988. p.160-176.
- LA RED – RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA. **Los desastres no son naturales**. Compilador: Andrew Maskrey, Panamá, 1993.
- MANYENA, S. B. The concept of resilience revisited. **Disasters**, v. 30, n. 4, p. 433–450, 2006.
- MARCHEZINI, V. As ciências sociais nos desastres: um campo de pesquisa em construção. **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais- BIB**. v. 83, p. 43-72, 2018.
- MARCHEZINI, V. Dos desastres da natureza a natureza dos desastres. In: VALENCIO, N.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V.; GONÇALVES, J. C. (Orgs.). **Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil**. São Carlos: Rima Editora, 2009. p. 48-57.
- MARCHEZINI, V. La producción silenciada de los 'desastres naturales' en catástrofes sociales, **Revista Mexicana de Sociología**. México, v. 76, n. 2, p. 253-285, abr./jun. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-25032014000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032014000200004). Acesso em: 27 ago. 2019.
- MASKREY, A. (Ed.). **Los desastres no son naturales**. Cidade do Panamá: La Red, 1993.
- MCENTIRE, D. Development, disasters and vulnerability: a discussion of divergent theories and the need for their integration. **Disaster Prevention and Management**, v. 13, n. 3, p. 193-198, jan. 2004.
- MENDES, J. M. **Sociologia do risco: uma breve introdução e algumas lições**. Coimbra: University Press, 2015.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES-MCTIC. **Centro**

- de alerta de desastres de Araraquara conta com geotecnologia do Inpe.** 2015. Disponível em: [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salalmprensa/noticias/arquivos/migracao/2015/08/Centro\\_de\\_alerta\\_de\\_desastres\\_de\\_Araraquara\\_conta\\_com\\_geotecnologia\\_do\\_Inpe.html?searchRef=araraquara&tipoBusca=expressaoExata](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salalmprensa/noticias/arquivos/migracao/2015/08/Centro_de_alerta_de_desastres_de_Araraquara_conta_com_geotecnologia_do_Inpe.html?searchRef=araraquara&tipoBusca=expressaoExata). Acesso em: 24 fev. 2018.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Construindo cidades resilientes.** 2016. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/cidades-resilientes>. Acesso em: 31 out. 2018.
- O'KEEFE, P.; WESTGATE, K.; WISNER, B. Taking the 'Naturalness' Out of 'Natural' Disasters. **Nature**. n. 260, p. 566-567, 1976.
- OXFORD English Dictionary. Oxford, UK: Oxford University Press, 1978.
- QUARANTELLI, E. (Ed.). **What is a disaster?** Perspectives on the question. Abingdon: Routledge, 1998.
- REBOTIER, J.; PELÁZ, J.L.; PIGEON, P. Las paradojas de la resiliencia: miradas cruzadas entre Colombia y Francia. **Territórios**, Bogotá, n. 28, p. 127-145, 2013.
- RODRIGUES, A. C.; GÜNTHER, W. M. R.; VASCONCELOS, M.P.C. ; GIULIO, G. M. ; BOSCOV, M. E. G. Delineamento da produção científica sobre desastres no Brasil no início deste século. **Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)**, v. 34, p. 61-73, 2015.
- ROMERO, G.; MASKREY, A. Como entender los desastres naturales. In: MASKREY, A. (Ed.) **Los desastres no son naturales.** Cidade do Panamá: La Red, 1993.
- SANTOS, M. **A urbanização desigual:** a especificidade do fenômeno urbano nos países subdesenvolvidos. São Paulo: Edusp, 2012.
- SÃO PAULO (Estado). Governo do Estado de São Paulo. São Paulo: população dos municípios dos municípios paulistas. **Biblioteca Virtual.** 2018. Disponível em: <http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/temas/sao-paulo/sao-paulo-populacao-dos-municipios-paulistas.php>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- SOROKIN, P. **Man and society in calamity:** the effects of war, revolution, famine, pestilence upon human mind, behavior, social organization and cultural life. Nova York: E.P. Dutton and Company, 1942.
- SOUZA, M. T. Resiliência e desastres naturais. **Ciência e Cultura**, v. 63, p. 4-5, 2011.
- UNISDR - ESCRITÓRIO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES **Como Construir Cidades Mais Resilientes** - Um Guia para Gestores Públicos Locais. Genebra, Novembro, 2012.
- VALENCIO, N. **Para além do dia do desastre:** o caso brasileiro. Curitiba – PR: Editora Appris, 2012.
- VALENCIO, N., SIENA, M., MARCHEZINI, V. **Abandonados nos desastres:** uma análise sociológica de dimensões objetivas e simbólicas de afetação de grupos sociais desabrigados e desalojados. Brasília: Conselho Federal de Psicologia, 2011.
- VALENCIO, N.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V.; GONÇALVES, J. (orgs.). **Sociologia dos desastres:** construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos: RiMa Editora, 2009.
- VALENCIO, N. (org.). **Sociologia dos desastres:** construção, interfaces e perspectivas no Brasil. Conselho Federal de Psicologia. São Carlos: RiMa Editora, 2010. Volume II
- VALENCIO, N. (org.). **Sociologia dos desastres:** construção, interfaces e perspectivas no Brasil. Conselho Regional de Serviço Social/ RJ. São Carlos: RiMa Editora, 2013. Volume III.
- VALENCIO, N.; SIENA, M. (org.). **Sociologia dos desastres:** construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos: RiMa Editora, 2014. Volume IV
- WISNER, B.; GAILLARD, J.C.; KELMAN, I. Framing disaster: Theories and stories seeking to understand hazards, vulnerability and risk. In: WISNER, B.; GAILLARD, J.C.; KELMAN, I. (Eds.), **The Routledge handbook of hazards and disaster risk reduction.** London: Routledge, 2012. p. 18-34.



# ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AO INCÊNDIO EM NÚCLEOS URBANOS ANTIGOS - OS CENTROS HISTÓRICOS BRASILEIROS E A METODOLOGIA ARICA SIMPLIFICADA

Julio Tozo Neto<sup>1</sup>

Tiago Miguel Ferreira<sup>2</sup>

Marcelo Bevilacqua Remor<sup>3</sup>

## Introdução

Os núcleos urbanos antigos são zonas especialmente vulneráveis a incêndios, seja por conta das características construtivas das edificações que os compõe, ou pelas características do próprio conjunto urbano em que estão inseridos (HIMOTO; TANAKA, 2008). Por outro lado, são áreas de imensurável valor cultural e histórico e que exigem um cuidado especial na sua conservação.

As regulamentações existentes no Brasil fornecem diretrizes para diminuir o risco de incêndio em edificações novas. No entanto, as regras e recomendações destas normativas muitas vezes possuem exigências incompatíveis com as edificações históricas por exigir mudanças construtivas ou estruturais, o que descaracterizaria o aspecto histórico da construção (POLLUM, 2016).

Buscando viabilizar uma análise de risco de incêndio que levasse em conta as características das edificações antigas, foram desenvolvidas metodologias específicas para o estudo de edificações antigas, sendo algumas das mais conhecidas o método Gretener; o método FRAME; o método FRIM e o método ARICA (COELHO, 2010). Mais recentemente, a metodologia ARICA Simplificada foi formulada buscando simplificar a análise à escala urbana (FERREIRA *et al*, 2016; GRANDA; FERREIRA, 2019).

Este capítulo busca investigar esses métodos, em especial a metodologia ARICA Simplificada, e a fiabilidade de sua adaptação para a realidade brasileira, visando fornecer ferramentas e informações para que as autoridades e órgãos competentes possam formular estratégias de mitigação de risco em zonas urbanas históricas.

## Importância da preservação de centros históricos

A memória é a imagem viva de tempos passados ou presentes. Os elementos formadores do patrimônio cultural permitem que o passado interaja com o presente, transmitindo conhecimento e formando a identidade de um povo (GHIRARDELLO; SPISSO, 2008). Segundo o historiador francês Jacques Le Goff (2003), a memória estabelece um vínculo entre as gerações humanas e o período histórico que as acompanha. Neste sentido, a memória cultural pode ser formada por elementos materiais e imateriais.

1 Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Campus de Cascavel - PR. E-mail: juliotozo@fag.edu.br.

2 Instituto de Ciência e Inovação para Bio-Sustentabilidade (IB-S), Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho - Campus de Azurém de Guimarães, Portugal. E-mail: tmferreira@civil.uminho.pt.

3 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel - PR. Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Campus Cascavel-PR. E-mail: remor\_@hotmail.com.

## Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura:

Entende-se por “patrimônio cultural imaterial” as práticas, representações, expressões, conhecimentos e competências – bem como os instrumentos, objetos, artefatos e espaços culturais que lhes estão associados – que as comunidades, grupos e, eventualmente, indivíduos reconhecem como parte do seu patrimônio cultural. Este patrimônio cultural imaterial, transmitido de geração em geração, é constantemente recriado pelas comunidades e grupos em função do meio em que vivem, da sua interação com a natureza e da sua história, e confere-lhes um sentido de identidade e de continuidade, promovendo, assim, o respeito pela diversidade cultural e a criatividade humana (UNESCO, 2014).

Neste sentido, os núcleos urbanos antigos desempenham um papel ambivalente, pois podem ser considerados tanto patrimônio matéria (com seus edifícios e construções), quanto imateriais, pois ajudam a manter pujantes as práticas culturais do local.

O patrimônio histórico edificado pode ser composto por edificações isoladas ou conjunto de edificações, que poderão ter tipologias distintas e não necessariamente antigas, mas que possuam peculiaridades culturais (GHIRARDELLO; SPISSO, 2008). A preservação é a manutenção de um bem no estado físico em que se encontra e a mitigação de sua degradação, visando prolongar e salvaguardar o patrimônio cultural. Garantindo assim a continuidade dos bens culturais, da memória coletiva e, conseqüentemente, da identidade cultural dos grupos sociais. A destruição dos bens herdados das gerações passadas acarreta no rompimento da corrente do conhecimento, levando-nos a repetir incessantemente experiências já vividas (GHIRARDELLO; SPISSO, 2008).

A memória da arquitetura urbana cumpre o papel de reproduzir as experiências construídas por uma sociedade, incluindo a sua visão do mundo, influências, cultura, economia, gestão de trabalho, desenvolvimento e outros fatores (SOUSA, 2019). As Pirâmides no Egito, o Coliseu em Roma, as ruínas Inca e Maia, nos permitem conhecer as características dessas sociedades. Ao contemplar o passado, é possível vislumbrar uma perspectiva que talvez nunca tenha sido observada. É a possibilidade de dar vozes àqueles que não a tem mais e a possibilidade de dar luz à caminhos antes escuros, sombreados pelo tempo e esquecimento (SOUSA, 2019). Os monumentos históricos representam as marcas da evolução de uma determinada sociedade ou indivíduos, que reflete sobre a mentalidade e potencialidade dessa sociedade que os produziu (LE GOFF, 2003). Neste sentido, faz-se necessário a criação e implantação de metodologias capazes de preservar os monumentos e centros históricos a fim de garantir a memória cultural para as futuras gerações.

### Centros históricos brasileiros

Os centros históricos brasileiros, embora possuam características arquitetônicas e artísticas próprias, possuem grande influência da arquitetura portuguesa, assim como o método construtivo. Essas características podem ser observadas nos exemplos abaixo:

Fundada no final do século XVII a Cidade Histórica de Ouro Preto possui praças, prédios públicos, residências, fontes, pontes e igrejas que exibem a forma da arquitetura barroca. Ouro Preto abriga artistas excepcionais responsáveis por muitas das obras mais importantes do período barroco brasileiro, incluindo a Igreja de São Francisco de Assis, o Palácio dos Governadores, e a casa do Museu da Inconfidência. As igrejas barrocas carregam esculturas de Antônio Francisco Lisboa (Aleijadinho), o maior artista colonial do Brasil, e as pinturas no teto de Manuel da Costa Athaide. Embora a arquitetura,

as pinturas e as esculturas sejam baseadas em modelos subjacentes introduzidos pelos imigrantes portugueses, as obras diferem significativamente da arte europeia contemporânea. Entre as divergências estão a concepção espacial, o tratamento decorativo, em particular as esculturas de pedra esculpidas nas fachadas, diferenciadas por sua originalidade e design, e no uso combinado de dois materiais, gnaisse e pedrasabão. Em 5 de setembro de 1980, a cidade se tornou o primeiro patrimônio cultural do Brasil a entrar na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO. O isolamento da área durante boa parte dos séculos XIX e XX gerou estagnação econômica, promovendo a preservação das construções coloniais originais e do padrão urbano (UNESCO, 2019).

Olinda serviu desde os últimos anos do século XVI como um dos centros mais importantes da indústria da cana-de-açúcar. Durante aproximadamente dois séculos, foi o pilar da economia brasileira. Seu centro histórico é marcado por uma série de edifícios históricos. Reconstruído pelos portugueses depois de ser saqueado e queimado pelos holandeses, o tecido histórico existente de Olinda data em grande parte do século XVIII, embora incorpore alguns monumentos mais antigos, tal como a igreja de São João Batista dos Militares, do século XVI. Olinda tornou-se um núcleo arquitetônico e artístico notável. O centro histórico de Olinda contém uma série de edifícios excepcionais do ponto de vista da sua arquitetura, incluindo a Catedral Alto da Sé, a igreja de Nossa Senhora da Graça e exemplos de arquitetura civil datados dos séculos XVII a XIX. O equilíbrio harmonioso entre seus edifícios, jardins, conventos contribuem para o charme particular do Centro Histórico da cidade de Olinda. Em 1982 Olinda foi incluída na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO (UNESCO, 2019).

Salvador na Bahia (Capital do Brasil entre 1549-1763) é um exemplo da estrutura urbana renascentista adaptada a um local colonial. A cidade alta, de natureza defensiva, administrativa e residencial, perfila-se sobre a cidade baixa, onde as atividades comerciais giram em torno do porto. Salvador é um dos principais pontos de convergência das culturas indígenas, europeia e africanas dos séculos XVI a XVIII. Os principais bairros do centro histórico são Sé, Pelourinho, Misericórdia, São Bento, Taboão, Carmo e Santo Antônio, totalizando 78,28 ha. O Pelourinho se caracteriza por sua fidelidade ao plano do século XVI, a densidade de seus monumentos e a homogeneidade de sua construção. Além de grandes edifícios que datam dos séculos XVII e XVIII, como a Catedral Basílica de Salvador e as igrejas e conventos de São Francisco, São Domingos, Carmo e Santo Antônio, o Centro Histórico de Salvador mantém vários espaços públicos do século XVI, incluindo a Praça Municipal, o Largo Terreiro de Jesus e o Largo de São Francisco, além de palácios barrocos, entre eles o Palácio do Arcebispado, Palácio Saldanha e Palácio Ferrão. Por esses motivos, Salvador entra na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO em 1985 (UNESCO, 2019).

O Centro Histórico de São Luís do Maranhão é caracterizado por sua malha urbana de ruas alinhadas, edifícios residenciais altos, muitos com janelas altas e estreitas, e varandas com guardas de ferro forjado ou fundido. O centro histórico é um excelente exemplo de cidade colonial portuguesa adaptada às condições climáticas da América Equatorial, com arquitetura tradicional portuguesa adaptada para incorporar pilares elevados e varandas em madeira. A singularidade das técnicas de construção empregadas é expressa na elegância do tradicional azulejo português aplicados tanto como isolamento e decoração; no uso modulado de espaços ocupados e vazios; e no nítido contraste entre a densa

ornamentação das fachadas que se estendem sobre as ruas e varandas que se abrem de um lado para o outro em pátios interiores. O Centro Histórico de São Luís do Maranhão entrou na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO em 1997 (UNESCO, 2019).

Diamantina mostra como exploradores do território brasileiro, garimpeiros de diamante e representantes da Coroa, conseguiram adaptar modelos europeus ao contexto sul-americano no século XVIII, criando assim uma cultura fiel às suas raízes, mas completamente original. O grupo urbano e arquitetônico de Diamantina é um bom exemplo de espírito aventureiro combinado com uma busca por refinamento tão típico da natureza humana. A arquitetura barroca sobre madeira se distingue por sua geometria e detalhes indicando transferência em uma escala modesta das características arquitetônicas portuguesas. As igrejas têm cores e texturas semelhantes às construções civis, e a maioria tem apenas uma torre. As casas geminadas do século XVIII e XIX, regularmente alinhadas, com um ou dois andares, são pintadas em cores vivas em um fundo branco e contrastam com o pavimento de laje cinza das ruas. Em 1999 Diamantina entrou na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO (UNESCO, 2019).

Além dos centros históricos na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO, o Brasil ainda possui outros locais que merecem atenção como é o caso do Centro Histórico do Rio de Janeiro e São Paulo. O centro histórico do Rio de Janeiro possui prédios importantes como a Biblioteca Nacional, Teatro Municipal, Museu Nacional e Belas Artes, Paço Imperial, entre outros. O centro histórico de São Paulo conta com inúmeras edificações de importância arquitetônica como o Museu Anchieta (1554), Palácio dos Correios, Palácio das Indústrias, Catedral Metropolitana de São Paulo, entre outros.

### Principais riscos ao patrimônio Histórico

O patrimônio histórico é importante para a identidade nacional e da comunidade, para a economia, e para a coesão social. Fica sob a responsabilidade do Estado a preservação os bens inscritos como Patrimônio Mundial para as gerações futuras. Portanto, os gestores desses bens são responsáveis por proteger o seu valor universal excepcional (UNESCO, 2015). Os desastres efetivamente acontecem e, por isso, é melhor que se esteja preparado para gerenciar esses eventos inevitáveis. Os desastres podem ter graves consequências financeiras: é muito mais rentável investir em planejamento preventivo de gestão de riscos antes de um desastre do que gastar grandes somas na recuperação e na reabilitação pós-desastre (UNESCO, 2015). Reduzir o risco é a abordagem de gestão mais eficaz. A Tabela 1 expõem os riscos mais comuns que podem levar a um desastre.

Outro fator que auxilia a degradação de centros históricos é a corrosão atmosférica (VIDAL; VICENTE; MENDES SILVA, 2019). Os últimos dois séculos testemunharam a degradação do patrimônio construído, não apenas como consequência do clima natural e do envelhecimento, mas também como resultado de uma indústria crescente, que compromete a qualidade do ar e as condições ambientais globais (GHEDINI et al., 2011). O Conselho Europeu declarou a vulnerabilidade do patrimônio cultural às mudanças climáticas, destacando os impactos do clima e da poluição agindo em conjunto, causando aumento do pH na precipitação e mudanças na deposição de poluentes, que levam a efeitos como recessão de pedras, escurecimento de materiais, corrosão de metais e biocolonização (SABBIONI et al., 2008).

**Tabela 1.** Relações entre riscos naturais e perigos antrópicos.

Classe de risco	Naturais	Antrópicos	Indiretos/Secundários
Meteorológicos	Furacão Raio Precipitação intensa	Mudanças Climáticas	Inundações Incêndio Movimentos de massas
Hidrológicos (causados por chuva forte)	Inundação ou enxurrada Deslizamento de terra Represamento de rio por gelo <i>Tsunami</i>	Deficiência da infraestrutura hidrológica Deficiência da defesa costeira (quebra-mar)	Epidemia de doenças Poluição
Vulcânicos	Fluxos de lava Quedas de cinzas e blocos sólidos Gases	Causado pela mineração (ex.: vulcão de lama)	Deslocamento de lama vulcânica Deslizamentos de terra <i>Tsunami</i> Incêndios
Sísmicos	Falhas ou fraturas Abalo sísmico Deformação permanente Movimento induzido	Movimentos de massas causados por danos a represas ou reservatórios Explosão nuclear ou causada por mineração	Movimentos de massa Incêndio Inundações

Fonte: UNESCO, 2015

## Incêndio em centros urbanos históricos

A maioria das classes de risco aos patrimônios históricos da humanidade (Tabela 1) apresenta como impacto direto ou secundário o incêndio. Neste sentido, se focarmos em centros históricos urbanos, percebe-se que esse é um fator fundamental para a preservação desses sítios.

Inúmeros casos de incêndios em centros urbanos históricos foram registrados ao longo da história. Pode-se iniciar com o grande incêndio no centro de Londres (Inglaterra) em 1666. Este evento destruiu 13.200 casas, 88 igrejas, incluindo a Catedral de St. Paul e 44 prédios públicos. Os registros da época computaram um total de 100 mil desabrigados e nove óbitos. Outro evento é o incêndio na cidade de Edimburgo na Escócia em 1824. O incêndio começou na oficina de gravuras de James Kirkwood, no segundo andar do Old Assembly Close, um beco estreito ao lado da High Street. Estima-se que 400 casas foram destruídas, com 500 famílias desabrigadas. Treze vidas foram perdidas, incluindo a de dois bombeiros e muitas pessoas ficaram feridas. Entre as casas históricas destruídas incluíam a de Robert Dundas e George Heriot. O incêndio em Chicago (Estados Unidos da América) em 1871 causou a morte a de 300 pessoas e 90.000 desabrigados, além de centenas de milhões de prejuízos. Em Portugal, a referência foi o incêndio do Chiado (1988) registaram-se 2 mortos e 73 feridos, dos quais 60 eram bombeiros, além dos prejuízos materiais avultados.

Atualmente, podemos citar o incêndio no Museu Nacional (Rio de Janeiro, Brasil) em 2018. O incêndio destruindo quase a totalidade do acervo histórico e científico acumulado ao longo de duzentos anos, e que abrangia cerca de vinte milhões de itens catalogados. Além do seu rico acervo, também o edifício histórico que abrigava o Museu, antiga residência oficial dos Imperadores do Brasil, foi extremamente danificado com rachaduras, desabamento de sua cobertura, além da queda de lajes internas. Estima-se que a reconstrução do Museu Nacional custará até 100 milhões de reais.

Outro caso emblemático é o incêndio na Catedral de Notre-Dame (Paris, França) em 2019. O incêndio iniciou-se no telhado do edifício, e causou danos consideráveis. A agulha da catedral e o telhado colapsaram. O interior e alguns dos artefatos que albergava foram gravemente danificados (FERREIRA, 2019).

### Principais causas de incêndio em centros urbanos históricos

Atualmente iniciou-se um esforço afim de quantificar o risco de incêndio em centros históricos urbanos. Estes estudos têm por objetivo retratar as condições de segurança dos edifícios. Em caso de incêndio nos centros históricos urbanos, a finalidade é preservar as vidas humanas e o património edificado. Com base nesses estudos consegue-se elaborar um conjunto de medidas de prevenção e combate que permitam a melhoria das condições de segurança contra incêndios (VICENTE et al., 2010). Os protocolos priorizam quatro objetivos gerais, nomeadamente: a) reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios; b) limitar o desenvolvimento de incêndios e mitigar os efeitos; c) facilitar a evacuação e salvamento dos ocupantes dos edifícios; e d) permitir a intervenção eficaz e segura dos meios de emergência (VICENTE et al., 2010).

O incêndio inicia-se na concomitância de três fatores: o combustível, o comburente e a fonte de ignição. O combustível pode ser constituído por material no estado sólido, líquido ou gasoso, os mais comumente encontrados são: o gás, os combustíveis fósseis, a madeira, entre outros. O comburente, geralmente o oxigénio, cria condição necessária para dar início ao incêndio na presença do terceiro fator, a fonte de ignição (VICENTE et al., 2010). Na Tabela 2 estão mencionadas algumas fontes de ignição.

**Tabela 2.** Origens da ignição.

Origem da ignição	Causas
Térmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamentos e materiais que apresentam chama nua, tais como fósforos, isqueiros, fogões e aparelhos de iluminação ou aquecimento não eléctricos;</li> <li>• Associado ao ato de fumar;</li> <li>• Instalações ou equipamentos produtores de calor como fornos ou caldeiras;</li> <li>• Trabalhos a quente ou com chama viva como soldadura e moldagem a quente;</li> <li>• Fenómenos naturais nomeadamente radiação e condições térmicas ambientais.</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargas de equipamentos eléctricos durante a manobra tais como interruptores, contadores, disjuntores e motores;</li> <li>• Sobreaquecimentos, descarga ou curto-circuito de instalações eléctricas devido a mal dimensionamento ou falta de protecção;</li> <li>• Equipamentos eléctricos defeituosos e mal utilizados;</li> <li>• Fenómenos naturais nomeadamente as descargas eléctricas atmosféricas decorrentes de trovoadas.</li> </ul>
Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reação química exotérmica, com principal incidência em locais mal ventilados;</li> <li>• Reação de substâncias auto-oxidantes.</li> </ul>
Mecânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chispas provocadas por ferramentas;</li> <li>• Sobreaquecimento devido a fricção mecânica.</li> </ul>

Fonte: Vicente et al., 2010

A maioria das causas de incêndio resulta da atividade humana, sendo poucos os casos de origem natural. Os eventos com causas naturais são restritos aos incêndios provocados por descargas eléctricas atmosféricas. Os demais incêndios têm origem na atividade humana, que está ligado ao tipo de utilização dos edifícios. Entre as causas humanas de incêndio destacam-se a negligência, o desconhecimento ou a origem

criminosa (CASTRO; ABRANTES, 2009). Vários fatores foram identificados como potenciais contribuintes para o aumento do risco de incêndio em centros históricos urbanos: materiais combustíveis presentes em prédios históricos, alta densidade de prédios em centros históricos urbanos, ruas estreitas e obstruídas, compartilhamento de paredes entre prédios adjacentes, adaptação inadequada dos prédios para fins não residenciais, a proliferação de edifícios desocupados ou abandonados frequentemente armazena grandes quantidades de materiais combustíveis e, principalmente, a existência de instalações elétricas antigas com falta de manutenção, que é uma das principais causas de risco de incêndio do antigo prédio (FERNANDES, 2006).

## Índices de risco de incêndio

Os métodos de avaliação de risco de incêndio podem ser enquadrados em três diferentes técnicas de abordagem: qualitativa, quantitativa e semiquantitativa. Dentre elas, há um nível matemático diferenciado, devendo ser escolhida aquela que melhor atender os objetivos e o grau de exigência esperado. As metodologias de avaliação disponíveis foram desenvolvidas para um único edifício e de construção recente, sendo assim, são inadequadas para aplicação em agregados de edifícios antigos (FERREIRA et al., 2016). Entretanto, quatro metodologias existentes devem ser listadas por se aproximar da realidade dos centros históricos urbanos: o método Gretener; o método FRAME; o método FRIM e o método ARICA (COELHO, 2010). Todas as metodologias referidas têm sua escala de aplicabilidade como denominador comum, direcionado a edifícios únicos ou, no máximo, à avaliação agregada de edifícios. No entanto, o método ARICA é mais flexível na formulação metodológica, permitindo modificações para avaliação de edifícios antigos ou recentes (Ferreira et al., 2016). No Brasil, a NBR 14432 (ABNT, 2001) admite a utilização de métodos internacionais reconhecidos, desde que, adotadas as devidas considerações para adaptar o procedimento à realidade brasileira. Para a NBR 14432 (ABNT, 2001, p. 4).

5.5 Admite-se a utilização de métodos tendo por base a contraposição de medidas de proteção contra incêndio para a determinação dos tempos requeridos de resistência ao fogo dos elementos construtivos. Estes tempos podem variar em função da quantificação do risco e da adoção de medidas complementares de proteção ativa e de proteção passiva. Em particular, entre esses métodos, pode ser adotado o método de Gretener ou seus sucedâneos.

O método de Gretener foi publicado em 1965, pelo engenheiro Suíço Max Gretener. Tem como objetivo quantificar o risco e a segurança contra incêndio, segundo os critérios de avaliação estipulados. Assim, como a maioria dos métodos de avaliação de riscos, foi concebido visando o interesse de empresas seguradoras. Em 1968, o método foi incorporado aos protocolos do Corpo de Bombeiros Suíço para avaliar as medidas de proteção contra incêndio das edificações (MUCULO, 2013). Já em 1984, foi realizada uma atualização por especialistas da SIA (*Société Suisse des Ingénieurset des Architectes*), resultando no protocolo SIA-81 "Método de avaliação de risco de incêndio" (SIA, 2004). O método de Gretener serviu de base para métodos como o FRAME, e normas em diversas partes do mundo. Em 1987, por exemplo, foi referência para as normas austríacas TRVB A-100 e TRVB A-126. A Nova Zelândia utiliza-se dos valores de carga de incêndio estabelecidas pelo método.

O Método de Gretener é definido como fórmulas matemáticas utilizadas simultaneamente com tabelas de dados, desenvolvidas com fundamentação estatística

(LOPES, 2008). O nível de segurança é medido pela determinação do coeficiente de segurança contra incêndio ( $\gamma$ ) em cada compartimento da edificação. A resposta será satisfatória se todos  $\gamma$  forem maiores ou iguais a um. Por meio da aplicação do método Gretener é possível identificar quais medidas devem ser seguidas para garantir a segurança do edifício. Dessa forma, pode ser aplicado tanto em edificações que estão sendo projetadas como para averiguar a segurança em já existentes. O Método de Gretener considera que algumas regras gerais de segurança estão implicitamente sendo atendidas. São elas: as distâncias de segurança entre edifícios vizinhos, saídas de evacuação, iluminação e sinalização de emergência, assim como instalações técnicas de acordo com as normas.

O método Fire Risk Assessment Method for Engineering (FRAME) foi elaborado a partir do método de Gretener e de outros métodos de avaliação de risco de incêndio. Entretanto, o método é focado em salvaguardar a vida humana. O método FRAME avalia concomitantemente o risco de incêndio, os bens patrimoniais ou a interrupção das atividades no edifício. Neste sentido, preserva a segurança material e pessoal, sendo possível a aplicação em edifícios novos ou já existentes. O método FRAME defende a coerência entre as causas de perigo e as medidas de proteção contra incêndio, existentes num edifício.

Segundo Muculo (2013), no método FRAME calcula-se os índices de risco de forma separada para os edifícios, as pessoas e as atividades desenvolvidas. Neste sentido, obtêm-se:

- O risco potencial de incêndio: associado à densidade da carga de incêndio, ao fator de disseminação, ao compartimento, à altura do edifício, ao estado de conservação do edifício e à acessibilidade do mesmo;
- O risco aceitável: refere-se ao fator de ativação, às condições de abandono do edifício e ao conteúdo existente no edifício;
- O grau de proteção do edifício: está ligado à disponibilidade de recursos de água, à qualidade dos meios de proteção contra incêndio, aos fatores de resistência ao fogo dos elementos construtivos, e à proteção de pontos estratégicos para a produção do início de incêndio.

Na aplicação do método FRAME são realizados cálculos sucessivos para avaliar as melhores medidas de segurança contra incêndio a implementar. Neste sentido, a aplicação do método é demorada e exige atenção na introdução dos dados, visto que são bastante específicos.

O Fire Risk Index Method (FRIM) foi desenvolvido por 20 especialistas de quatro países, Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suécia. A equipe multidisciplinar foi composta com profissionais das áreas de consultoria de construção, bombeiros, testes de materiais, pesquisa e seguros. A atribuição dos pesos individuais foi baseada no conhecimento e na experiência do especialista. (GUÓNADÓTTIR, 2012).

A estrutura hierárquica do método FRIM inicia-se no nível superior com a política. A política é subdividida em dois objetivos de proteção: a) segurança dos usuários; b) proteção do edifício e do meio ambiente. O terceiro nível contém as estratégias de segurança para atender os objetivos. As estratégias são as medidas para a prevenção de incêndio, atribuídas para a subdivisão dos compartimentos e uso do edifício. Como exemplo podemos citar a detecção e combate a incêndio precoces, contenção estrutural do fogo, garantia de resgate, etc. A partir disso, estabeleceu-se os parâmetros de proteção contra incêndio, entre eles, sistemas de alarme de incêndio, sistemas de aspersão, portas corta-fogo, etc. Para garantir que os parâmetros sejam mensuráveis de maneira apropriada, eles foram divididos em subparâmetros e itens de pesquisa.

O método FRIM pode ser usado para avaliação de risco de segurança contra incêndio de edifícios residenciais de múltiplos andares. Entretanto, a avaliação comparativa do edifício só pode ser realizada com edifícios similares. O método FRIM não substitui o planejamento de medidas de proteção contra incêndio. Deve-se



ressaltar que o método também foi validado apenas para edifícios cujos conceitos de proteção contra incêndio correspondiam aos requisitos gerais da norma.

O método ARICA (Análise do Riscos de Incêndio em Centros Urbanos Antigos) foi desenvolvido com o objetivo de quantificar o risco de incêndio em centros históricos urbanos. Entretanto, pode ser utilizado na avaliação dos edifícios novos. A metodologia foi concebida com as premissas de garantir que os edifícios situados nos centros históricos urbanos não possuam grau de risco superior ao dos mais recentes, por duas razões: a) as pessoas residentes nesses centros não podem estar sujeitas a um nível de risco superior ao das pessoas que residem fora desses locais; b) o valor patrimonial, cultural e histórico que estes edifícios representam.

O método ARICA baseia-se na comparação das condições do edifício, com as condições prescritas na norma de segurança contra incêndio aplicada a edifícios novos. O valor neutro da metodologia corresponde à unidade. Caso a comparação exceda a unidade, significa que medidas de mitigação ao risco de incêndio devem ser adotadas. Caso contrário, quando inferior à unidade, o edifício está de acordo com a regulamentação em vigor, representando baixo risco de incêndio (FERNANDES, 2006).

### **Análise do Riscos de Incêndio em Centros urbanos Antigos: A metodologia ARICA Simplificada**

As metodologias descritas na seção anterior avaliam edifícios isolados, sendo a escala de operacionalidade restrita. Entretanto, na avaliação do risco de incêndio em centros históricos urbanos, é impensável a avaliação detalhada de todos os edifícios, não só devido à escala de operacionalidade mas também devido a questões técnicas, como por exemplo o acesso ao interior, os levantamentos geométricos rigorosos, sem deixar de se aludir a questão do tempo previsto para o projeto (VICENTE et al., 2010).

A necessidade de metodologias mais flexíveis, baseadas em critérios qualitativos em detrimento dos quantitativos, conduziu ao desenvolvimento de uma metodologia simplificada baseada na metodologia ARICA, com aplicabilidade adequada à escala urbana. Para esta metodologia recorrendo-se apenas a fichas de inspeção, associada a uma base de dados, onde são tratados os dados e calculado o valor do índice de vulnerabilidade ao risco de incêndio.

A metodologia ARICA Simplificada simplificou-se o procedimento com o objetivo de abreviar a sua aplicação. A metodologia ARICA original torna a avaliação ao risco de incêndio morosa e condicionada. Os principais condicionalismos prendiam-se com a necessidade de se obter as plantas detalhadas dos edifícios em avaliação, que tornava todo o processo de avaliação muito mais onerosa e demorada, sem produzir melhoria significativa na avaliação (VICENTE et al., 2010).

A metodologia desenvolvida assenta, tal como a metodologia ARICA, em dois tipos de fatores: os fatores globais de risco (A, B e C) e o fator global de eficácia (D). Estes fatores contemplam a generalidade dos aspectos relacionados com a segurança contra incêndio, desde o início do incêndio até ao seu combate, sendo que cada um deles desdobra-se em vários fatores parciais, identificados Tabela 3.

**Tabela 3.** Fatores globais, subfatores e definição de fatores parciais metodologia ARICA.

Fatores globais	Subfatores	Fatores parciais, PF <sub>ij</sub>
Fator de risco global, FGR	Ignição de incêndio, SF <sub>i</sub>	Estado de conservação do edifício (A1)
		Instalações elétricas (A2)
		Instalações de gás (A3)
		Natureza da carga de incêndio (A4)
	Propagação de fogo, SF <sub>p</sub>	Distância entre aberturas alinhadas (B1)
		Equipes de segurança e proteção (B2)
		Deteção, alerta e alarme de incêndio (B3)
		Compartimento de fogo (B4)
		Cargas de incêndio (B5)
Evacuação, SF <sub>e</sub>	Vias de evacuação e fuga (C1)	
	Propriedades do edifício (C2)	
	Fatores de correção da evacuação (C3)	
Fator de eficiência global, FGE	Combate a incêndio, SF <sub>c</sub>	Construindo fatores externos de combate a incêndio (D1)
		Construindo fatores internos de combate a incêndio (D2)
		Equipes de segurança (D3)

Fonte: Vicente et al., 2010

Os valores atribuídos a cada fator parcial dependem das condições que se encontram-se os edifícios. Os valores dos fatores parciais têm diferentes origens, sendo em alguns casos originários de expressões desenvolvidas para o efeito, enquanto os restantes encontram-se tabelados. Segundo, Fernandes (2006) os valores tabelados são dados ainda como indicativos visto que recorreram à experiência e à sensibilidade existente, uma vez que não se possui uma base de dados de incêndios ou informação bem sistematizada sobre materiais e as suas características de combustibilidade, já tratada que possa suportar com maior rigor esses valores.

O valor do subfator Ignição de incêndio ( $SF_i$ ) é obtido a partir da média aritmética de quatro fatores parciais (Estado de conservação da construção, Instalações elétricas, Instalações de gás, Natureza das cargas de Incêndio).

Na avaliação do estado de conservação da construção só interessam os fatores que podem contribuir ativamente para a deflagração do incêndio, independentemente da natureza dos materiais de construção. A avaliação deste parâmetro deve ser realizada pela média de quatro avaliações previamente formatadas na ficha de inspeção utilizada em campo. Os fatores são: avaliação do estado de conservação da fachada; dos diafragmas horizontais (pavimentos); a estrutura da cobertura; e do edifício. A partir da avaliação determina-se a média aritmética, sendo que o valor a atribuir ao parâmetro do estado de conservação da construção categorizado de acordo com as condições apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4.** Fatores parciais do estado de conservação da construção.

Condição	Valor do fator parcial da avaliação
$M \leq 2$	1.20
$2 < M \leq 3$	1.10
$M > 3$	1.00

A avaliação deste fator parcial contempla três classificações, sendo o limite inferior correspondente a 1.00, considerando um edifício em bom estado de conservação, enquanto o oposto, tem uma quantificação de 1.20 correspondente ao limite superior.

O valor do fator parciais relativo às instalações eléctricas varia de acordo com o estado em que se encontram, existindo apenas três graus de avaliação possíveis. Instalações totalmente remodeladas, onde estas apresentam proteção dos diversos circuitos, uso de contadores e disjuntores recentes, e que foram executadas por técnicos especializados. Instalações parcialmente remodeladas, entretanto, ainda são visíveis vários circuitos originais. Por fim, tem-se as instalações não remodeladas, sendo aquelas que ainda apresentam os circuitos originais, com proteção deficiente e ausência de disjuntores. Os fatores parciais de avaliação encontram-se expostos na Tabela 5.

**Tabela 5.** Fatores parciais do estado das instalações eléctricas.

Condição da instalação	Valor do fator parcial de avaliação
Remodeladas	1.00
Parcialmente remodeladas	1.25
Não remodeladas	1.50

Com relação as instalações de gás, a avaliação é realizada tendo em conta o tipo de abastecimento, o local de armazenamento e as condições de ventilação. Os fatores parciais de avaliação encontram-se expostos na Tabela 6.

**Tabela 6.** Fatores parciais do tipo de abastecimento de gás.

Tipo de abastecimento	Valor do fator parcial de avaliação	
Canalizado	1.00	
Reservatório	1.10	
Instaladas no exterior	1.20	
Botijão	Local ventilado	1.50
	Instaladas no interior	Local não ventilado

Na metodologia simplificada não se faz a distinção entre edifícios correntes e edifícios industriais e/ou de armazenamento como é feito na metodologia ARICA original. A determinação fator parcial da natureza da carga de incêndio depende do produto entre o coeficiente de combustibilidade ( $C_i$ ) e o coeficiente de ativação ( $R_{ai}$ ) do material armazenado em maior quantidade e com um risco considerável. O coeficiente de combustibilidade avalia a inflamabilidade e a velocidade de combustão dos materiais combustíveis, em termos de um coeficiente adimensional. O coeficiente de ativação, quantifica a probabilidade de ocorrência de incêndio com base na susceptibilidade de desencadear um processo de combustão. Na Tabela 7 estão expressos os fatores da natureza da carga de incêndio.

**Tabela 7.** Fatores parciais da natureza da carga de incêndio.

			Coeficiente de ativação		
			Baixo	Médio	Alto
Coeficiente de combustibilidade	Baixo	1.00	1.00	1.50	3.00
	Médio	1.30	1.30	1.95	3.90
	Alto	1.60	1.60	2.40	4.80

O fator parcial afastamento entre vãos sobrepostos advém do perigo de propagação do incêndio pelo exterior. Os vãos situados no mesmo alinhamento, podem potencializar a propagação do incêndio entre pisos, em função da distância existente entre os dois ou mais vãos sobrepostos. Considera-se que o afastamento de referência é o regulamentar, 1.10m, (sendo classificado como apresentado na Tabela 8.

**Tabela 8.** Fatores parciais do afastamento entre vãos sobrepostos.

Número de vãos com afastamento inferior a 1.10m	Valor do fator parcial de avaliação
0	1.00
1	1.25
≥2	1.50

A existência de equipamentos de segurança pode contribuir significativamente para a minimização do desenvolvimento e propagação do incêndio no edifício. O Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (Portaria n.º 1532/2008) estabelece que os edifícios de utilização tipo I (edifícios habitacionais), de categoria de risco três ou quatro, devem apresentar um responsável pela segurança, apenas para os espaços comuns, sendo que as restantes categorias de risco estão isentas. O fator parcial relativo aos equipamentos de segurança encontra-se identificado na Tabela 9.

**Tabela 9.** Fatores parciais relativo às equipas de segurança.

Exigências Regulamentares	Equipamento de segurança	Valor do fator parcial de avaliação
Não Exige	Existem	0.50
Exige	Existem	1.00
	Não existem	2.00

No caso das Utilizações Tipo I, que correspondem aos edifícios habitacionais de 2.ª a 3ª categoria de risco, a metodologia ARICA original não atribui qualquer valor para o fator parcial relativo às equipas de segurança. No entanto, seguindo um dos princípios da metodologia “quando para um determinado edifício seja possível efetuar uma comparação entre as medidas de segurança existentes e as exigidas pelo Regulamento e estes parâmetros sejam coincidentes, então o fator parcial em análise tem o valor de 1.00”, levando a decidir que nestas Utilizações Tipo o valor a atribuir ao fator parcial corresponde a 1.00, visto que está em consonância com a regulamentação em vigor.

Os sistemas de detecção, alerta e alarme de incêndio têm uma influência decisiva no desenvolvimento e propagação do incêndio. Este tipo de equipamentos permite intervir ainda no início do incêndio, atenuando o seu desenvolvimento e reduzindo o risco de generalização.

O regulamento técnico de segurança contra incêndio (portaria 1532/2008) estabelece duas componentes para o sistema de alarme ao incêndio: os detectores automáticos e de acionamento manual de alarme. No caso destas últimas, estas têm uma eficácia muito inferior ao equipamento do primeiro caso, uma vez que o acionamento é manual e realizado pelos ocupantes do edifício ou terceiros. Os valores a atribuir ao fator parcial relativo à detecção, alerta e alarme de incêndio estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10.** Fatores parciais relativo aos sistemas de detecção de incêndio.

<b>Exigência Regulamentar</b>	<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Valor do fator parcial de avaliação</b>
Não exige	Existe um sistema automático de detecção de incêndio	0.50
	Existe um sistema manual de detecção de incêndio	0.90
Exige	Equipamento existente em conformidade com o regulamento	1.00
	Não existe um sistema manual de detecção de incêndio	1.20
	Apenas existe um sistema manual de detecção de incêndio, quando é exigido também um sistema automático de detecção	1.80
	Não existe um sistema automático de detecção de incêndio	2.00

No caso de o regulamento não exigir equipamentos de detecção, alerta e alarme para o edifício, tem que se seguir o princípio da metodologia ARICA. Sempre que as medidas de segurança existentes sejam coincidentes com o regulamento em vigor, toma-se como valor parcial 1.00, isto é, neste caso o regulamento não exige qualquer dispositivo para a UT, não minorando nem majorando o risco de incêndio, já que este está em consonância com o regulamento, restando apenas a aplicação do valor de referência 1.00.

A metodologia ARICA original faz uma avaliação detalhada para os vários elementos construtivos que apresentam resistência ao fogo, determinado a respectiva classe em que se inserem. Nesta metodologia foi decidido simplificar muito a avaliação, incidindo apenas nos aspectos mais abrangentes.

A avaliação no método simplificado contempla apenas quatro aspectos construtivos: paredes exteriores e de compartimentação, pavimentos e vãos, tal como considera a metodologia ARICA. Visto que esta análise se insere nos núcleos urbanos antigos, onde na sua maioria os edifícios são construídos à base de madeira, este foi considerado o material de referência e o mais condicionante, tendo todos os restantes materiais em princípio, resistências ao fogo superior ao da madeira.

As paredes exteriores construídas em alvenaria pedra argamassada possuem comportamentos ao incêndio excepcionais, no entanto este desempenho pode ser comprometido devido ao estado de conservação que apresentam. No edificado dos núcleos urbanos antigos é comum observar-se paredes exteriores de alvenaria de pedra argamassada com elevado grau de degradação, comprometendo em parte a sua resistência ao fogo.

Tomando também como referência o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (Portaria 1532/2008), no caso da resistência da compartimentação, o regulamento não exige resistência destes elementos construtivos para o caso de edifícios habitacionais classificados na 1.ª categoria de risco, sendo o fator parcial igual a 1.00. Nos restantes edifícios é necessário verificar os pressupostos de cálculo do fator parcial relativo à compartimentação, descrito na Tabela 11.

O valor inicial do fator parcial corresponde a 1.00, sendo que se somam subfatores, que se encontram na Tabela 11, sempre que se verifica uma dessas condições, sendo o

limite superior de 2.00, caso se verifique todas as condições. Os valores dos subfatores encontram-se na Tabela 11.

**Tabela 11.** Subfatores para o cálculo do fator parcial relativo à compartimentação corta-fogo.

Elemento construtivo	Material	Valor do Subfator
Paredes exteriores	Alvenaria tradicional com fragmentos de pedra em estado de degradação elevado	0.10
Paredes de compartimentação	Tabique	0.30
Pavimentos	Madeira	0.30
Vãos (janelas)	Madeira	0.30

A quantificação do fator parcial carga de incêndio toma-se apenas como referência o material presente em maior quantidade no edifício e com risco considerável, independentemente do tipo de utilização, obtêm-se a densidade de carga de incêndio. De forma a obter-se um valor da mesma ordem de grandeza que os restantes coeficientes parciais, recorre-se ao quociente entre a densidade de carga do incêndio do material e 1000, obtendo-se como limite inferior ao valor de 0.10 e superior de 5.00. A listagem das densidades de carga de incêndio dos diversos materiais está disponível para consulta no Despacho n.º2074/2009.

O fator inerente aos caminhos de evacuação contempla todos os aspectos do caminho de evacuação do edifício, tendo como relevância as larguras dos caminhos de evacuação, tanto das vias horizontais como as verticais, assim como dos vãos, do número de saídas, da inclinação das vias verticais, quando existem, e a presença de sinalização e iluminação de emergência quando exigida. A avaliação deste parâmetro tem como valor limite inferior 1.00, sendo somados os subfatores que se encontram na Tabela 12, sempre que se verifica uma dessas condições, sendo o limite superior de 2.00. Os valores dos subfatores, assim como as condições, apresentam-se na Tabela 12.

**Tabela 12.** Subfatores para o cálculo do fator inerente aos caminhos de evacuação.

Condições dos caminhos de evacuação	Subfator
UP e vãos inferiores a 0,90m	0.25
N.º de saídas inferior ao regulamentado	0.25
Inclinação das vias verticais superior a 45º	0.25
Inexistência de sinalização e iluminação de emergência quando exigido	0.25

Os fatores inerentes ao edifício contemplam a globalidade do edifício, não se restringindo apenas a um aspecto, como no caso anterior. Este parâmetro parcial divide-se em vários subfatores parciais, alguns já avaliados noutras secções, como o caso da detecção, alerta e alarme (secção 3.2.2.3), das equipas de segurança (secção 3.2.2.2) e a realização de exercícios de evacuação, subfator este ainda não apresentado.

A realização de exercícios de evacuação é muito importante, principalmente em edifícios com grande densidade populacional. Este ponto surge como forma de avaliação da mecanização das ações a desenvolver pelos ocupantes do edifício em caso de incêndio. Para que esteja mecanizado todo o aparato da evacuação do edifício,

torna-se necessário criar rotinas e decisões instantâneas, que só por via de exercícios de evacuação permitem atingir os resultados pretendidos. Os exercícios de evacuação têm de ser efetuados com periodicidade adequada, em conformidade com o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (Portaria 1532/2008).

Os valores do fator parcial relativo à realização de exercícios de evacuação estão definidos na Tabela 13.

No caso de o regulamento não exigir a realização de exercícios de evacuação, e estes não serem realizados, considerou-se que o valor a atribuir será igual a 1.00. Este valor surge do princípio da metodologia ARICA original que prevê que “quando para um determinado edifício seja possível efetuar uma comparação entre as medidas de segurança existentes e as exigidas pelo Regulamento e estes parâmetros sejam coincidentes, então o fator parcial em análise tem o valor de 1.00”.

**Tabela 13.** Fatores parciais relativo à realização de exercícios de evacuação

<b>Exigência Regulamentar</b>	<b>Períodos máximos entre exercícios</b>	<b>Valor do fator parcial de avaliação</b>
Não exige	Foram realizados pelo menos 2 exercícios de evacuação	0.50
	Não foram realizados exercícios de evacuação	1.00
Exige	Foram realizados exercícios de evacuação com periodicidade coincidente com o regulamento	1.00
	Não foram realizados exercícios de evacuação com periodicidade adequada à regulamentação	2.00

O valor do fator inerente ao edifício é obtido recorrendo à média aritmética dos subfatores mencionados (subfator detecção alerta e alarme; subfator equipas de segurança e subfator exercícios de evacuação).

O fator de correção tem como objetivo majorar o valor dos fatores mencionados anteriormente, sempre que estes não estejam em de acordo com as exigências regulamentares, sendo definido em função do número de pisos do edifício, como está apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14.** Fatores parciais de correção

<b>Condição</b>	<b>Valor do fator parcial de avaliação</b>
n.º de pisos ≤ 3	1.10
3 < n.º de pisos ≤ 7	1.20
n.º de pisos > 7	1.30

O subfator de combate a incêndios é calculado pela média aritmética dos seus três fatores parciais: fator externo de combate a incêndios; fator interno de combate a incêndios e; equipas de segurança. O fator externo de combate a incêndios é a média aritmética dos subfatores de acessibilidade predial (ver Tabela 15), hidrantes externos (ver Tabela 16) e confiança do sistema de fornecimento de água.

Acessibilidade predial é de suma importância no combate ao incêndio, visto que o acesso inadequado para os bombeiros pode impactar no seu tempo de resposta e contribuir com a propagação do fogo. Nesse sentido, em casos onde a largura ou a altura livre da rota de acesso sejam menores do que aquelas apresentadas na Tabela 15, este subfator deve receber

o valor de 2,00. A respeito da confiança do sistema de abastecimento de água, uma e vez que não é possível medir sua fiabilidade, seu valor deve sempre ser considerado como 1,00.

**Tabela 15.** Fator externo de combate a incêndios: acessibilidade

Condições				Valor do fator parcial
Altura do edifício (m)	Largura da via (m)	Altura livre da via (m)	Inclinação da via (%)	
≤ 9.00	≥ 3.50	≥ 4.00	≤ 15.00	1.00
	≥ 3.50	≥ 4.00	> 15.00	1.50
> 9.00	≥ 6.00	≥ 5.00	≤ 10.00	1.00
	≥ 6.00	≥ 5.00	> 10.00	1.50

**Tabela 16.** Fator externo de combate a incêndios: hidrantes

Condições		Valor do fator parcial
Distância ao hidrante	Existência de hidrantes nas paredes	
≤ 100 m	Não	1.00
> 100 m	Sim	1.50
	Não	2.00

O fator interno de combate a incêndios depende da existência de extintores e outros meios de combate ao fogo dentro das instalações da edificação, e uma tabela detalhada nesse respeito pode ser encontrada em (VICENTE et al., 2010). Já os fatores para equipes de segurança seguem os mesmos princípios da análise na Tabela 9.

### Considerações finais

Ainda que as metodologias apresentadas, em especial a metodologia ARICA Simplificada, sejam baseadas e estejam formatadas de modo a atender as normativas portuguesas de combate ao incêndio, sua aplicação nos centros urbanos históricos brasileiros não devem ser descartada. Num primeiro momento, mesmo utilizando os critérios portugueses de segurança, os resultados de uma análise no Brasil trarão informações que podem ajudar a direcionar esforços de mitigação de risco por parte das autoridades locais.

Além disso, pela maneira como a metodologia ARICA Simplificada é configurada, sua adaptação para a realidade brasileira é fiável e pode ser feita através da substituição dos critérios utilizados para definir os subfatores por aqueles utilizados nas normativas brasileiras de combate a incêndios.

Finalmente, é importante notar que uma análise de vulnerabilidade tem como objetivo não apenas estudar as condições das edificações, mas também fornecer informações e mapas que permitam que ações sejam tomadas para evitar que tragédias aconteçam. Nesse sentido, a utilização do método ARICA Simplificada, que utiliza a divisão dos riscos em fases e subfatores, permite a rápida identificação dos pontos mais críticos e de maior influência no risco das edificações e centros históricos.



## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **ABNT NBR 14432**: exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos das edificações. Rio de Janeiro, 2001
- CASTRO, C.; ABRANTES, J. **Manual de segurança contra incêndio em edifícios**. 2. ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2009. 464 p.
- COELHO A, L. Metodologias de avaliação de risco de incêndio urbano. In: SEMINÁRIO NÚCLEOS URBANOS ANTIGO E AS ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO CIVIL, 2010, Seixal, Portugal. **Anais [...]**. Seixal, Portugal, 2010.
- FERNANDES, A. M. S. **Segurança contra incêndios em centros antigos**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal, 2006.
- FERREIRA, T. M. Notre Dame Cathedral: Another Case in a Growing List of Heritage Landmarks Destroyed by Fire. **MDPI**. v. 2, n. 2, p. 20, 2019. DOI: 10.3390/fire2020020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2571-6255/2/2/20>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- FERREIRA, T. M.; VICENTE, R.; MENDES DA SILVA, J. A. R.; VARUM, H.; COSTA, A.; MAIO, R. Urban fire risk: evaluation and emergency planning. **Journal of Cultural Heritage**, v. 20, p. 739-745, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.01.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207416300577?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- GHEDINI, N.; OZGA, I.; BONAZZA, A.; DILILLO, M.; CACHIER, H.; SABBIONI, C. Atmospheric aerosol monitoring as a strategy for the preventive conservation of urban monumental heritage: the Florence Baptistery. **Atmos. Environ.**, v. 45, n. 33, p. 5979-5987, 2011. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.08.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231011008090>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- GHIRARDELLO, N.; SPISSO, B. **Patrimônio histórico**: como e por que preservar. Bauru, SP: Canal 6, 2008. 34 p.
- GRANDA, S.; FERREIRA, T.M. Assessing Vulnerability and Fire Risk in Old Urban Areas: Application to the Historical Centre of Guimarães. **Fire Technology**, v. 55, n. 1, p. 105, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0778-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-018-0778-z>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- GUÑONADÓTTIR, Í. **Timber as Load Bearing Material in Multistorey Apartment Buildings**: A Case Study Comparing the Fire Risk in a Building of Noncombustible Frame and a Timber-frame Building, 2012. Disponível em: <http://skemman.is/en/item/view/1946/10160>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- HIMOTO, K.; TANAKA, T. Development and validation of a physics-based urban fire spread model. **Fire Safety Journal**, v. 43, n. 7 p. 477-494, 2008. DOI: 10.1016/j.firesaf.2007.12.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379711207001257>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- LE GOFF, J. **História e memória**, 5. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003.
- LOPES, G. A. de S. C. **Risco de incêndio em um edifício complexo**. 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2008.
- MUCULO, C.P. **Avaliação de risco de incêndio pelo método Arica a edifícios no porto**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA-UNESCO. **Patrimônio mundial no Brasil**, 2019. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/culture/world-heritage/list-of-world-heritage-in-brazil>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA-UNESCO. **Basic Texts of the 2003 Convention for the Safeguarding of the Intangible**

**Cultural Heritage.** Paris: UNESCO, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA-UNESCO. **Gestão de riscos de desastres para o Patrimônio Mundial.** Brasília: UNESCO: IPHAN, 2015. 80 p.

POLLAK, M. Memória e identidade social. **Estudos Históricos.** Rio de Janeiro, v. 5.n. 10, p. 200-212, 1992.

POLLUM, J. **A segurança contra incêndio em edificações históricas.** 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2016.

SABBIONI, C.; CASSAR, M.; BRIMBLECOMBE, P.; LEFEVRE, R. A. **Vulnerability of Cultural Heritage to Climate Change.** Council of Europe report AP/CAT, from the European and Mediterranean Major Hazards Agreement, Strasbourg, 2008.

SOCIEDADE SUÍÇA DE ENGENHEIROS E ARQUITETOS-SIA. **Avaliação do risco de incêndio:** método de cálculo. Tradução pelo Instituto Técnico, de Lisboa, da publicação em alemão, 2004.

SOUSA, P.C.M., 2019. **A importância do patrimônio histórico como instrumento de preservação da memória.** Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/historia/a-importancia-patrimonio-historico-como-instrumento-preservacao.htm>. Acesso em: 22 nov. 2019.

VICENTE, R.; MENDES DA SILVA, J. A. R.; VARUM, H.; GUIMARÃES DA COSTA, A.; SUBTIL, A.; SANTOS, C.; SANTOS, M.; FERREIRA, T.; RODRIGUES, A. **Avaliação do risco de incêndio urbano.** Coimbra: Instituto Pedro Nunes, 2010. 139 p.

VIDAL F; VICENTE R; MENDES SILVA, J. Review of environmental and air pollution impacts on built heritage: 10 questions on corrosion and soiling effects for urban intervention. **Journal of Cultural Heritage**, v. 37, p. 273-295, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.11.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207418303480?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2019.



# O IMPACTO DAS INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO CÓRREGO IPIRANGA, SÃO PAULO/SP

Rosângela do Amaral<sup>1</sup>

Jurandyr Luciano Sanches Ross<sup>2</sup>

Aline Rodrigues dos Santos<sup>3</sup>

## Introdução

Atualmente as inundações são o tipo de desastre natural que ocorre com maior frequência no mundo, com impactos relacionados a prejuízos humanos (mortos e afetados) e financeiros. No período entre 2003 e 2012 foi registrada uma média anual de cerca de 106 milhões de pessoas afetadas e mais de 5 mil mortes relacionadas às inundações (EM-DAT, 2014).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) apresenta, anualmente, sobretudo no verão, sérios problemas relacionados com inundações em vias marginais aos rios e córregos, interrompendo o fluxo de veículos, além de residências, comércios e indústrias localizadas próximas aos cursos d'água que são atingidos.

A bacia do Córrego Ipiranga, localizada na zona sul do Município de São Paulo, é uma dessas áreas recorrentemente atingidas. O local registra anualmente grandes inundações, que geram como consequência diversos transtornos, prejuízos sociais e econômicos.

O Córrego Ipiranga é um dos principais afluentes do Rio Tamanduateí, componente da UGRHI Alto Tietê, que abrange os municípios da Região Metropolitana de São Paulo. Sua extensão aproximada é de 11 km e sua área de contribuição corresponde a 23 km<sup>2</sup>. Deste total, cerca de 80% estão urbanizados e os 20% restantes são representados pelo remanescente de mata do Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), onde está localizada grande parte das nascentes do córrego (Figura 1).

Em revisões bibliográficas encontram-se diversas conceituações para inundação. Para este trabalho optou-se por adotar que inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007; AMARAL; RIBEIRO, 2009). Não estão contempladas nessa análise as ocorrências de enchentes, que são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem, devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar. Também não serão considerados na análise os alagamentos, que representam um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem e não são relacionados à dinâmica dos cursos d'água.

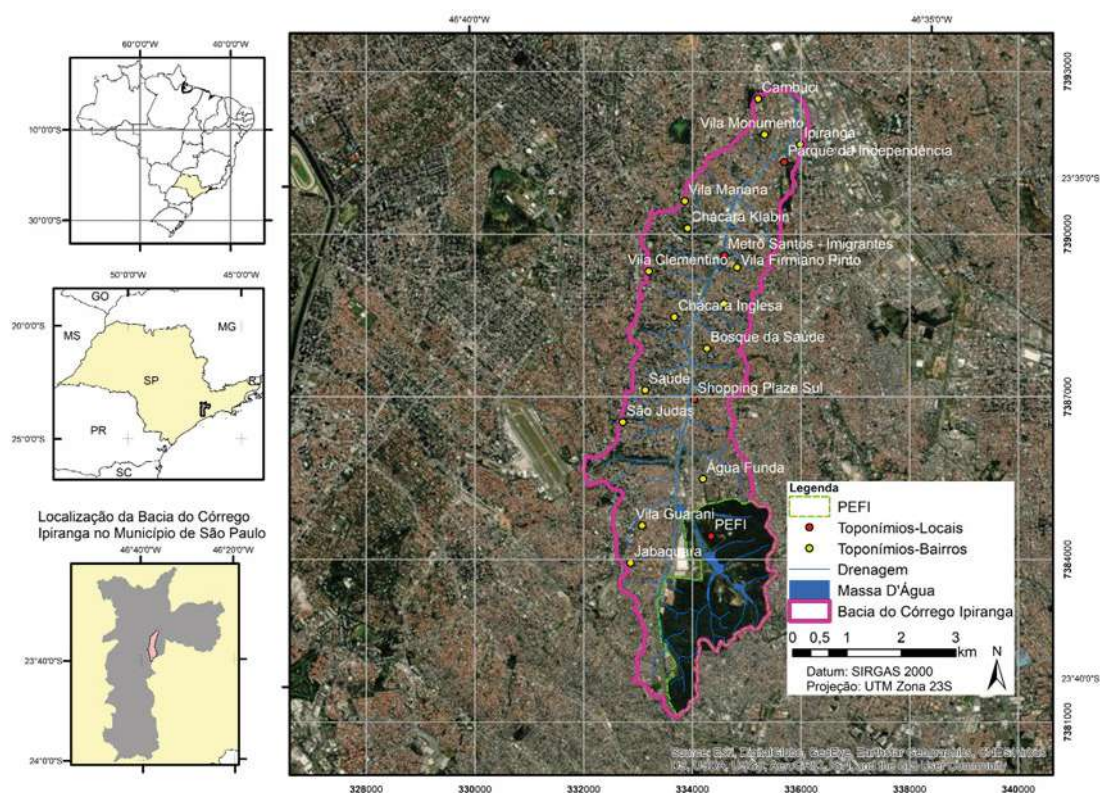
---

<sup>1</sup> Pesquisadora Científica do Instituto Geológico, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo e aluna de pós graduação do Departamento de Geografia/FFLCH/USP. E-mail: roseamar@usp.br.

<sup>2</sup> Professor Doutor do Departamento de Geografia/FFLCH/USP. E-mail: juraross@usp.br.

<sup>3</sup> Aluna de graduação do Departamento de Geografia/FFLCH/USP e bolsista de iniciação científica do Instituto Geológico, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo pelo PIBIC-CNPq. E-mail: aline\_santos@usp.br.

O objetivo desse trabalho é avaliar o impacto e os danos para a população local, nos aspectos econômicos e sociais, nos locais recorrentemente atingidos pelas inundações na bacia.



Org.: Autores (2020).

**Figura 1.** Localização da Bacia do Córrego Ipiranga, Município de São Paulo/SP.

## Materiais e Métodos

Foram realizados levantamentos prévios por Santos e Amaral (2017) em mídias públicas como jornais locais e regionais (Ipiranga News, Estado de S. Paulo e Folha de São Paulo), e dados dos arquivos de fontes oficiais como o Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura do Município de São Paulo (CGE/PMSP) e do Sistema de Alerta a Inundações do Estado de São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (SAISP/DAEE/FCTH) para identificar quais partes da bacia do Córrego Ipiranga estavam sujeitas às inundações. A organização desses dados visou constatar com que frequência e magnitude as inundações ocorrem na bacia.

A compilação dos dados coletados mostra que a quantidade de informações sobre as inundações na bacia do Córrego Ipiranga vem aumentando nas últimas décadas. A maior veiculação de notícias pela mídia pode ser devido ao impacto das inundações na dinâmica de circulação e economia local. No total foram registradas 82 ocorrências de inundação ao longo da bacia no período entre 1965 e 2017, concentradas especialmente no período entre 2010 e 2017.

De acordo com a consolidação dos dados das notícias dos jornais, CGE e SAISP, os locais mais afetados pelas inundações são as principais avenidas da região, localizadas às margens do Córrego Ipiranga: Av. Teresa Cristina, Av. Prof. Abraão de Moraes e Av. Dr. Ricardo Jafet e os cruzamentos com outras vias de ligação aos bairros. Alguns desses pontos apresentaram recorrências de mais de 10 eventos de inundação em um período de 10 anos.

Entretanto, os dados coletados por esses meios não permitiram a caracterização dos danos econômicos e sociais. Desse modo, foi observada a necessidade de coleta de dados *in loco*, através de entrevistas dirigidas nas áreas pré-identificadas.

Segundo Godoy (1995) e Duarte (2002), em estudos qualitativos a produção da entrevista se dá pela obtenção de dados descritivos, de forma a entender o fenômeno com base na perspectiva dos entrevistados. Na concepção desse método, a melhor maneira de se captar a realidade é aquela que possibilita o pesquisador “colocar-se no lugar do outro”. A metodologia qualitativa na aplicação dos questionários, se dá pela observação direta, trabalhos de campo, observação do participante e a análise da conversação entre sujeitos em um processo de interação, pois a técnica de coleta de dados mais utilizada neste tipo de entrevista é a conversação. Nesse aspecto o método difere do quantitativo, que se refere à obtenção de dados numéricos e planos pré-estabelecidos, sem oportunidade de conversa, uma vez que o entrevistador possui hipóteses específicas.

De acordo com Fraser e Gondim (2004) há três métodos de entrevistas: o primeiro método é o de entrevistas estruturadas, em que o entrevistador deve ter postura neutra, não podendo esboçar opinião ou conversa com o entrevistado. O segundo trata-se de entrevistas semiestruturadas, em que o entrevistador introduz o tema de pesquisa deixando o entrevistado em livre arbítrio para discorrer acerca do tema, e também podendo esboçar opiniões, caso necessário. Por último, as entrevistas não estruturadas, em que basicamente ocorre uma conversa, sem nenhum formulário ou questionário introduzido, com o caráter apenas de investigação.

Considerando esses possíveis modelos de abordagem, a entrevista semiestrutural foi selecionada pela maleabilidade na obtenção dos dados, em que, a partir de uma conversa introdutória, o pesquisador convida o entrevistado a relatar os fatos observados a partir de sua vivência no local, guiados pelo formulário a ser preenchido.

Os questionários semiestruturados foram aplicados no período entre abril e maio de 2019 (Tabela 1). Os entrevistados receberam e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pelo Comitê de Ética da Plataforma Brasil, do Ministério da Saúde, de acordo com as Resoluções Federais nº 510/2016 e nº 466/2012.

No total foram aplicadas 83 entrevistas, sendo 39 para moradores e 44 para responsáveis por comércio ou serviço (SANTOS; AMARAL, 2019).

As entrevistas visaram identificar os eventos ocorridos nas últimas 3 décadas e classificar áreas em que ainda ocorrem os eventos (Atuais) e áreas em que por implantação de alguma medida estrutural as inundações deixaram de ocorrer (Pretéritas), destacando a frequência com que as inundações ocorreram na bacia, a magnitude (abrangência e extensão) e os danos materiais.

**Tabela 1.** Modelo de questionário para subsidiar entrevista semiestruturada na área de estudo

<b>IDENTIFICAÇÃO</b>		
Nome:		Idade:
Endereço:		
Setor: <input type="checkbox"/> Comércio/Serviço <input type="checkbox"/> Residência		
Coordenadas (GPS):		
Tipo de construção: <input type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Blocos <input type="checkbox"/> Mista <input type="checkbox"/> Outros		
<b>DADOS DE FREQUÊNCIA</b>		
Há quanto tempo mora/trabalha no local?		
<input type="checkbox"/> Menor ou igual a 10 anos	<input type="checkbox"/> Entre 10 a 20 anos	<input type="checkbox"/> Mais de 20 anos
Quantos eventos de inundação já ocorreram nesse período?		
Desses eventos, quantos chegaram a atingir sua residência/local de trabalho?		
<b>DADOS DE ELEVAÇÃO MÁXIMA / VOLUME</b>		
Qual o nível da água em sua residência/local de trabalho? (Referências: Botijão de Gás = 0,46 m/Geladeira >=1,40 m)		
<input type="checkbox"/> < 0,40 m	<input type="checkbox"/> entre 0,40 e 0,80 m	<input type="checkbox"/> entre 0,80 e 1,20 m <input type="checkbox"/> > 1,20 m
Em média, quantas horas se passaram até a água baixar?		
<input type="checkbox"/> Alguns minutos	<input type="checkbox"/> Algumas horas	<input type="checkbox"/> Não recorda <input type="checkbox"/> Outra
Qual a extensão da inundação?		
<input type="checkbox"/> Rua	<input type="checkbox"/> Ruas e veículos	<input type="checkbox"/> Rua e casas/comércios/indústria <input type="checkbox"/> Parte do bairro <input type="checkbox"/> Outra
<b>DADOS DE DANOS MATERIAIS</b>		
Houve perdas/danos materiais na residência/trabalho? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Tipo de dano: <input type="checkbox"/> Estrutura <input type="checkbox"/> Bens/Estoques <input type="checkbox"/> Área externa <input type="checkbox"/> Limpeza		
Para comércios/serviços: Atividades foram paralisadas? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Qual a estimativa das perdas? (SM = Salário Mínimo)		
<input type="checkbox"/> < 1 SM	<input type="checkbox"/> entre 1 e 2 SM	<input type="checkbox"/> entre 2 e 4 SM <input type="checkbox"/> Entre 4 e 10 SM <input type="checkbox"/> > 10 SM
Houve ressarcimento pelo Poder Público?		
<input type="checkbox"/> nenhum	<input type="checkbox"/> parcial	<input type="checkbox"/> total

Fonte: SANTOS; AMARAL, 2019.

Os danos foram classificados em tangíveis e intangíveis, de impacto direto ou indireto, conforme proposto por Machado *et. al.* (2005). Os danos tangíveis se referem àqueles que podem ser avaliados monetariamente, com custos de reparação ou substituição. Os danos intangíveis são relacionados ao impacto às perdas de vidas e problemas de saúde. Os impactos diretos são derivados do contato direto com as águas de inundação, causando a deterioração física de bens, enquanto os indiretos se relacionam com as conseqüentes reduções de atividades econômicas, custos de limpeza, diminuição do valor das propriedades, aumentos em valores de seguros, entre outros (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação dos danos derivados de inundações em áreas urbanas

Tipo de ocupação	Danos tangíveis		Danos intangíveis	
	Diretos	Indiretos	Diretos	Indiretos
Residencial	Danos físicos à construção, estrutura e bens.	Custos com limpeza, manutenção, alojamento temporário. Redução do valor da propriedade. Aumento em valores de seguros.	Perdas de vidas. Perdas ou deterioração de objetos de valor sentimental. Doenças pelo contato direto com a água da inundação, como resfriados e infecções.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade. Danos de longo prazo à saúde.
Comércios e serviços	Danos físicos à construção, estrutura e bens. Perdas ou danos a estoques.	Custos com limpeza e manutenção. Redução de lucros, desemprego, perda de base de dados. Redução do valor da propriedade. Aumento em valores de seguros.	Perdas de vidas. Doenças pelo contato direto com a água da inundação, como resfriados e infecções.	Estados psicológicos de estresse, ansiedade e falta de motivação. Danos de longo prazo à saúde. Inconvenientes de interrupção de serviços.

Fonte: Adaptado de Machado *et. al.* (2005) e Jonoy, Nascimento e Paula (2013).

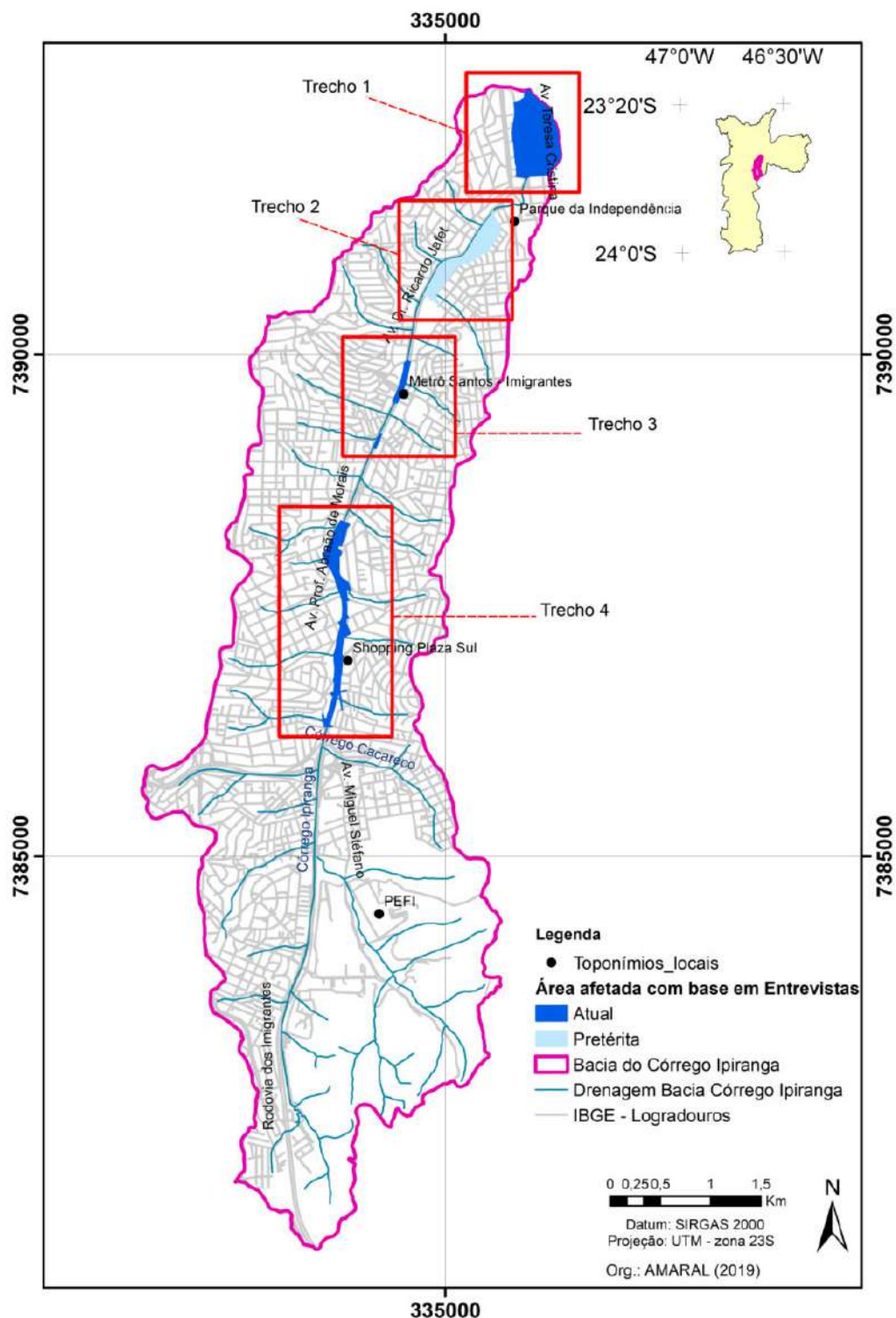
Após a conclusão das entrevistas, os dados foram tabulados para análise estatística. Embora exista atividade industrial na bacia, não foram aplicadas entrevistas nesse setor, apenas para comércios e serviços.

## Resultados

Os pontos estudados foram caracterizados por trechos 1 a 4, conforme áreas destacadas em azul na Figura 2. As ocorrências relatadas pelos entrevistados foram classificadas em inundações atuais e pretéritas.

De acordo com os dados coletados, o Trecho 2, único classificado como áreas afetadas pretéritas, não apresenta inundações desde 2004, quando foram realizadas obras de alargamento do canal e aprofundamento do leito do Córrego e reconstrução das muretas de contenção nas margens.

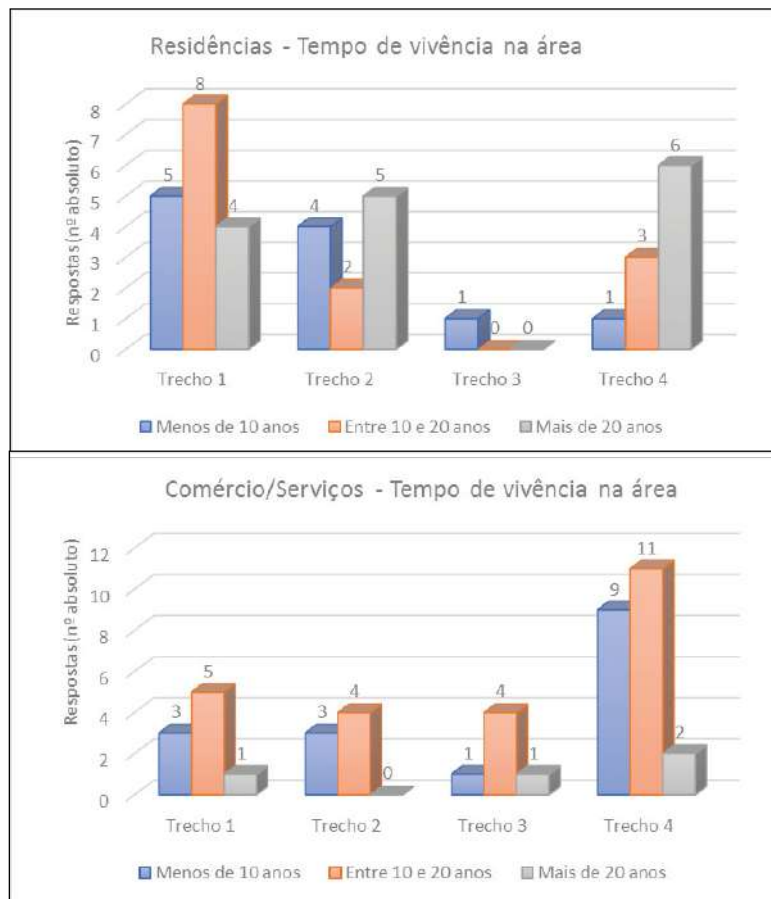
Os demais trechos continuam apresentando recorrentes eventos.



**Figura 2.** Mapa da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga e trechos afetados por inundações, delimitados com base nas entrevistas.

Para a aplicação das entrevistas se buscou obter informações de pessoas com vivência e histórico na área em análise. A maior parte dos entrevistados (45%) residiam ou trabalhavam no local por período entre 10 a 20 anos; 33% dos entrevistados residiam ou trabalhavam há menos de 10 anos e 23% tinham tempo de permanência no local de mais de 20 anos (Figura 3).





Org.: Autores (2020).

**Figura 3.** Tempo de vivência na área, por tipo de ocupação.

O trecho 1, onde foram realizadas 26 entrevistas, localizado na jusante da bacia, apresenta ocupação com uso bastante diversificado, com presença de indústrias e galpões, casas de baixo padrão construtivo, pensionatos e quartos de aluguel e comércios de pequeno porte.

O trecho 2, onde foram realizadas 18 entrevistas, caracteriza-se por bairro predominantemente residencial de médio padrão construtivo e com ocupação antiga. Os comércios e serviços estão localizados principalmente na avenida às margens do córrego. Entretanto, muitos desses imóveis comerciais estão fechados, com placas e anúncios para alugar ou vender. O local apresenta-se bem dinâmico, com mudanças de uso e ocupação recentes (últimos anos ou meses).

O trecho 3, onde foram realizadas 7 entrevistas, caracteriza-se por área predominantemente comercial, com construções de baixo e médio padrão construtivo ao longo da avenida às margens do córrego. Entretanto, no entorno, os imóveis são de alto padrão construtivo e com predominância de áreas residenciais.

O trecho 4, onde foram realizadas 32 entrevistas, apresenta predomínio da atividade comercial, com construções de médio e alto padrão construtivo.

A partir da vivência das pessoas nesses locais, foi-lhes perguntado a respeito da frequência dos eventos de inundação que foram testemunhados por eles. Numericamente, tornou-se amplo o espectro de respostas, de forma que foram concentrados em três categorias: nenhum evento, alguns (ao longo do período, lembra-se de ter enfrentado algumas ocorrências, porém não com frequência anual) e muitos eventos (lembra-se de ocorrências frequentes, ao menos anualmente).

Do total de entrevistados, 6% relatou não ter testemunhado nenhum evento de inundação na bacia; 18% relatou que durante seu período de vivência na área ocorreram alguns eventos e 76% dos entrevistados respondeu que foram muitos eventos que ocorreram na área, inclusive mais de uma vez ao ano, e principalmente nos períodos de verão, especialmente nos Trechos 1 e 4.

Similarmente, foi investigado dentre esses eventos de inundação que ocorreram no local, quantos atingiram o imóvel de sua residência ou local de trabalho. As respostas de 36% dos entrevistados foi de que seu imóvel não foi atingido, 41% dos entrevistados relataram que algumas vezes sua residência ou local de trabalho foi atingido; e 19% das respostas afirmaram que foram muitos eventos que atingiram seus imóveis (Figura 4).

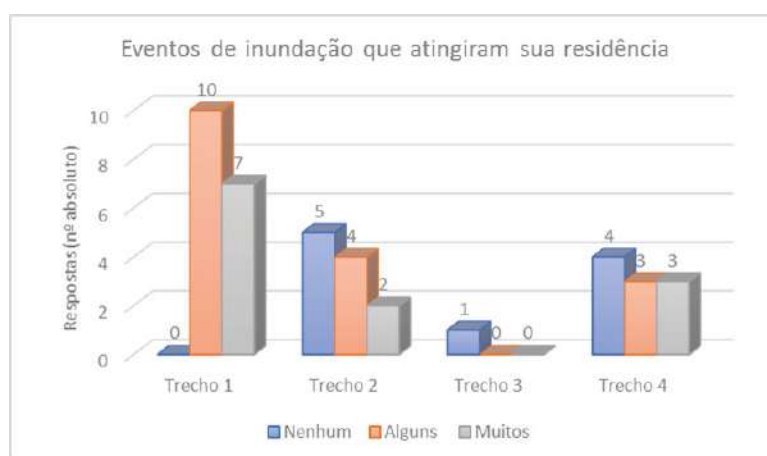
Diversos entrevistados relataram a inconveniência e os problemas relacionados à impossibilidade de acessar ou sair de sua residência ou local de trabalho em diversas dessas situações, além da interrupção do trânsito e de fornecimento de energia elétrica.

O atingimento das residências e comércios/serviços foi predominante no Trecho 1.

Além da frequência dos eventos e atingimentos, as entrevistas também buscaram caracterizar a magnitude dos eventos em relação à altura da lâmina d'água e o período de tempo que se passou até normalizar o nível do córrego. A combinação desses elementos permite estimar os danos materiais nos imóveis. Para elucidar aos entrevistados a altura da lâmina d'água que foi vivenciada, as medidas foram relacionadas à objetos presentes nos imóveis, de simples assimilação, como botijão de gás (mais que 40 cm) ou geladeira (mais que 1,4 m).

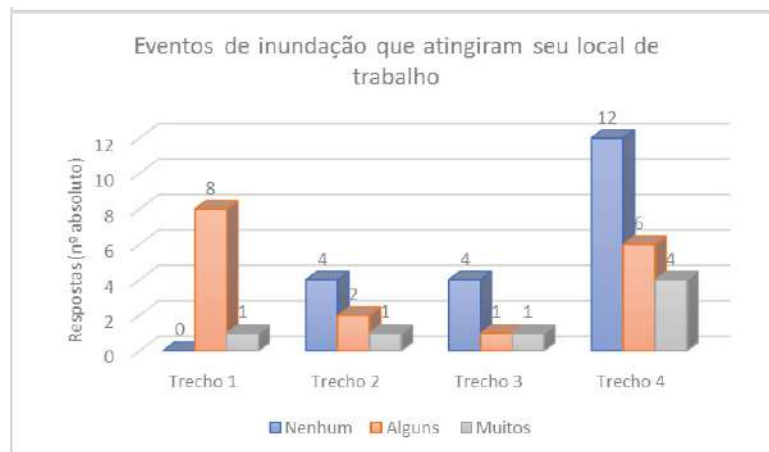
As inundações que atingiram os imóveis foram variadas, devido às condições das chuvas, sejam mais concentradas ou em maior volume, de forma que cada um dos eventos apresentou características distintas. Foi perguntado aos entrevistados qual a altura máxima em que a lâmina da água já alcançou em seu imóvel, para permitir estimar o cenário com maior potencial de danos.

Observa-se que o Trecho 1 é relevantemente mais crítico do que os demais, com a lâmina d'água atingindo alturas acima de 1,20m. No Trecho 2, os eventos relatados, embora pretéritos, foram de grande relevância para as residências, que também registraram eventos com a lâmina d'água acima de 1,20m (Figura 5).



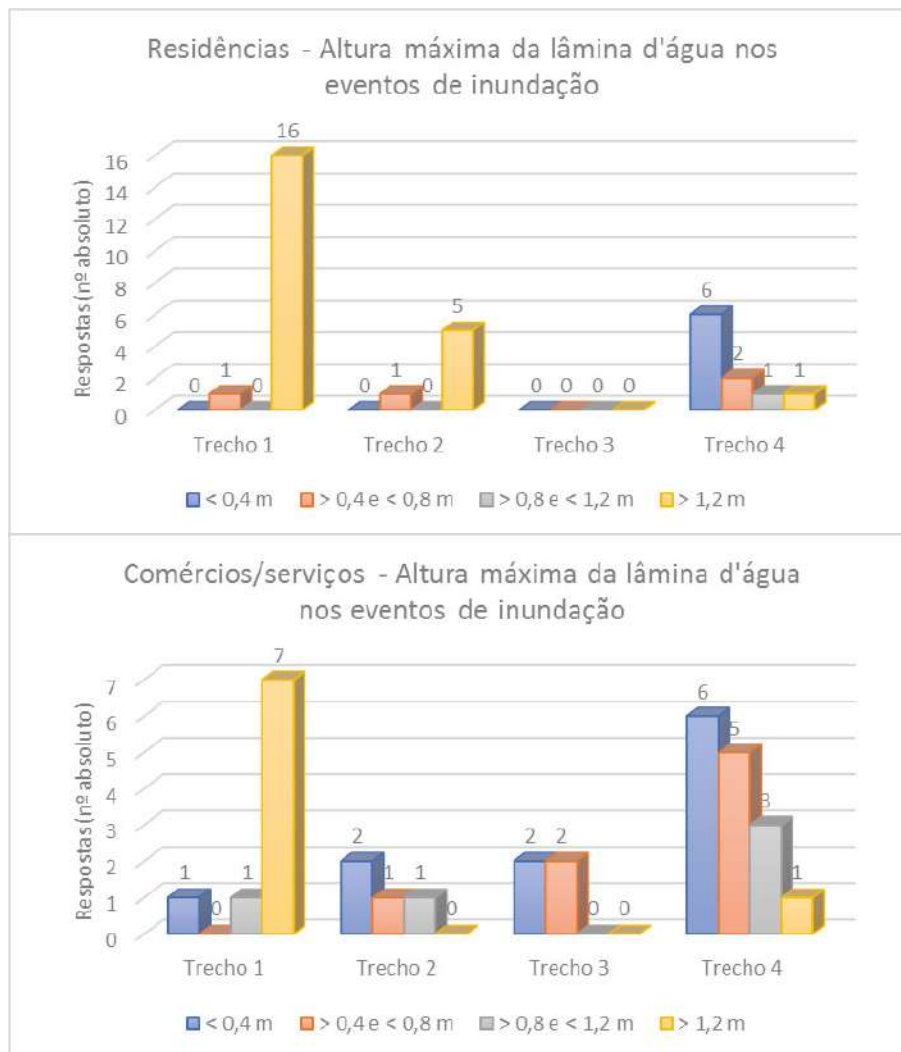
continua

continuação



Org.: Autores (2020).

**Figura 4.** Eventos de inundação que atingiram os imóveis de residência/trabalho dos entrevistados.



Org.: Autores (2020).

**Figura 5.** Altura máxima da lâmina d'água nos eventos de inundação que atingiram os imóveis de residência/trabalho dos entrevistados.

Nas entrevistas realizadas foi citado que o evento de inundação de 11/03/2019 foi o pior das últimas décadas. No Trecho 1 foi relatado que às margens do Córrego, na Av. Tereza Cristina, a altura da lâmina d'água superou os 2 m de altura e a água levou cerca de 12 horas para retornar ao nível normal, além de atingir ampla extensão no bairro do Ipiranga (Figura 6). Nessa data outros locais da Região Metropolitana também apresentaram diversos pontos de inundação e alagamentos, devido à precipitação muito acima do habitual em poucas horas. De acordo os dados da Estação Meteorológica do IAG/USP (2019), no dia 10/03/2019 foi registrada precipitação de 132,1 mm, equivalente a 40% de toda a precipitação registrada no mês.



Fotos: Rosangela Amaral (2019).

**Figura 6.** Marca da altura da lâmina d'água no evento de inundação de 11/03/2020, no interior de uma residência (a) e no muro externo de uma indústria (b), localizados no Trecho 1, próximo à foz do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP

Outro fator relevante foi o tempo decorrido até que o Córrego voltou ao seu nível normal. Dentre os entrevistados cujos imóveis foram atingidos, 28% relatou que alguns minutos foram suficientes para a água baixar, mas 69% relatou que levaram algumas horas de submersão até o retorno do rio à sua calha. Os Trechos 1 e 4 foram citados como locais que em foram necessárias horas de espera até o retorno do nível normal das águas.

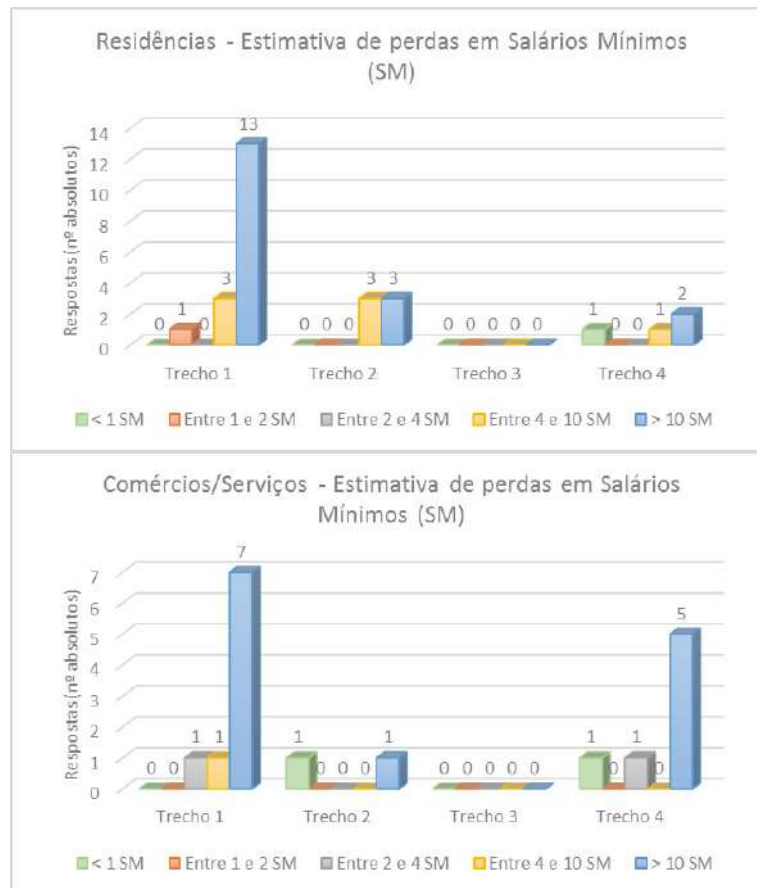
O Trecho 1 destaca-se ainda pelas amplas áreas de inundação, que atingiram parte do bairro do Ipiranga. Os outros trechos apresentaram ocorrências que atingiram parte das ruas, inclusive veículos, ou os imóveis nos arredores do curso d'água.

Por fim, investigou-se sobre os danos materiais causados pelas inundações. De acordo com os dados obtidos, a maior parte dos entrevistados (45%) declarou ter sofrido algum tipo de perda material ao longo do período vivenciado na área.

Os danos ocorreram predominantemente em residências nos Trechos 1 e 2, principalmente relacionados a estruturas (queda de muros, avariações em portões, portas, problemas elétricos e hidráulicos, entre outros) e bens (mobiliários e maquinários) e estoques. Nos comércios e serviços localizados nos Trechos 1 e 4 também se destacaram os danos relacionados às estruturas, bens e estoques e necessitaram de limpeza pesada, devido aos resíduos deixados pelas águas da inundação.

Embora grande parte dos comércios localizados no Trecho 4 relatarem não haver danos materiais, foi destacado um outro tipo de impacto intangível, que foram os prejuízos relacionados à baixa clientela nos dias de chuva, nos dias em que ocorrem os eventos de inundação e nos dias subsequentes.

Em relação às estimativas de prejuízos financeiros, calculados com base em Salários Mínimos (SM), destacaram-se as ocorrências nos Trechos 1 e 4 (Figura 7).



Org.: Autores (2020)

**Figura 7.** Prejuízos financeiros devido às inundações por tipo de ocupação

No Trecho 1 foram relatados também prejuízos decorrentes da paralisação das atividades em função de limpeza e reposição dos materiais.

No Trecho 2 apenas os moradores mais antigos relataram prejuízos e no Trecho 3 não foram relatadas perdas financeiras. Os entrevistados relataram que apenas as pistas às margens do Córrego são atingidas pelas inundações, e, portanto, não causam danos financeiros, exceto os prejuízos relacionados à baixa clientela nos períodos chuvosos.

No Trecho 4, embora a maioria dos imóveis não seja atingida internamente pelas águas da inundação, pois estão alteados em relação à avenida, muitos entrevistados relatam prejuízos relacionados à impossibilidade de acesso dos clientes aos estabelecimentos durante e depois dos eventos chuvosos (Figura 8).

Além dos prejuízos financeiros (tangíveis), foram citados outros prejuízos intangíveis, relacionados às atividades paralisadas nos comércios e problemas de saúde em moradores, devido aos resíduos das águas da inundação.



Fotos: Rosângela Amaral (2019).

**Figura 8.** Comércios com entrada elevada em relação ao nível da avenida minimiza os prejuízos em relação à perda de estoques e bens mobiliários, localizados nos Trechos 3 (a) e 4 (b), próximo ao Córrego Ipiranga, São Paulo/SP. Entretanto, em dias chuvosos, os prejuízos relatados são relacionados à baixa clientela ou impossibilidade de acesso às lojas.

## Discussões e Conclusão

É inegável que as inundações em áreas urbanas causam diversos tipos de transtornos, principalmente relacionado às interrupções no trânsito. Entretanto, para os habitantes das áreas recorrentemente afetadas, foram identificados danos tangíveis e intangíveis, de impacto direto e indireto.

Como danos tangíveis diretos, residências, comércios e serviços foram diretamente afetados nos Trechos 1 e 4 pelas inundações. No Trecho 2, embora no passado tenha apresentado diversos prejuízos relacionados às inundações, atualmente não são relatadas ocorrências. Foram relatados danos em estruturas como avarias em portões, quedas de muros, problemas hidráulicos e elétricos, que causaram grande prejuízo financeiro. Em relação aos bens, o prejuízo está ligado com a velocidade com que a água atinge os imóveis, deixando pouco tempo para a remoção de pertences. Além disso, quanto maior o tempo em que os mobiliários e maquinários ficaram submersos, maior foi a quantidade de danos irreparáveis. O contato com as águas também causou perda de todos os produtos perecíveis, como estoques de alimentos em residências e comércios, e perdas de produtos eletrodomésticos e mobiliários como sofás e colchões.

Como danos tangíveis indiretos, foram associadas às propriedades do Trecho 1, recorrentemente afetado, desvalorização dos imóveis e dificuldades na contratação de seguros. Nos demais trechos foram citados os custos de limpeza e manutenção, bem como a redução dos lucros, devido às perdas de bens e estoques.

Em relação aos danos intangíveis, não foram relatadas nas entrevistas perdas de vidas relacionadas às inundações. Entretanto, moradores citaram a perda ou danos em objetos pessoais, como documentos e fotografias. Além das dificuldades de acesso ou de deixar os locais, outros diversos problemas advêm do contato com as águas e com os resíduos que permanecem nos imóveis após o retorno das águas do córrego à sua calha, que causam doenças infecciosas, parasitárias e respiratórias.

Também foram descritas diversas situações que se relacionam aos danos intangíveis indiretos, como a insegurança nos períodos chuvosos e a desmotivação em repor ou consertar os bens danificados. Alguns moradores citaram que por mais

de uma vez já perderam tudo o que havia em seus imóveis.

Em relação aos imóveis comerciais e de serviços, o impacto indireto relatado é a falta de acesso dos clientes aos locais, em especial quando noticiados eventos de inundação, bem como a necessidade de paralisar as atividades por alguns dias para limpeza e manutenção dos imóveis, causando a interrupção na prestação dos serviços e prejuízos incalculáveis.

No contexto geral, as inundações ocorrem de forma mais impactante no Trecho 1, pois a altura do atingimento da água nos eventos extremos é maior, causando maiores prejuízos financeiros e vulnerabilidade social. Nessa área, algumas construções já ficaram com o andar térreo completamente submerso. Parte dos imóveis residenciais nesse trecho é composto por pensionatos e pequenos domicílios locados, o que causa uma maior dificuldade financeira na recuperação e reposição de pertences perdidos ou danificados pelas inundações. Alguns moradores referiram a necessidade de ajuda para recuperação imediata, prestada por parentes e igrejas da região às famílias que tiveram danos tangíveis diretos significativos.

Tanto no Trecho 2 como no Trecho 3, o impacto das inundações está mais relacionado aos impedimentos de trânsito em alguns pontos específicos da Av. Dr. Ricardo Jafet, localizada às margens do Córrego Ipiranga.

No Trecho 4, embora apresente maiores recorrências, o atingimento em altura da lâmina d'água é menor e o escoamento é mais rápido. Embora apresente também grandes prejuízos financeiros, não foram identificadas áreas com grande vulnerabilidade social.

A maior parte dos entrevistados citou a iniciativa própria de investimentos em mudanças e adequações no imóvel, como instalação de portões, portas e janelas do tipo comportas, de forma a minimizar a entrada de água e prevenir a perda de outros bens. Esses aspectos remetem à resiliência dos moradores, como forma de adaptação e convivência com o risco de inundação, que pode ocorrer a cada verão. Apesar das adversidades relatadas, em especial no Trecho 1, apenas 2% manifestaram expressamente o desejo de deixar o local de moradia.

No geral os entrevistados mostraram grande interesse na pesquisa quando foram abordados, principalmente os que foram afetados recentemente por eventos de ampla magnitude.

Espera-se que os resultados da pesquisa possam auxiliar na formulação de políticas públicas nestas áreas para contribuir com a melhoria na qualidade de vida.

## Referências

- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. *In*: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. D.; OGURA, A. T. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.
- DUARTE, R. Pesquisa qualitativa: reflexões sobre o trabalho de campo. **Cadernos de Pesquisa**, n. 115, p. 139-154, 2002. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/1550/155017717012/>. Acesso em: 01 ago. 2018.
- EM-DAT **The International Disasters Database**: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2014. Disponível em: <http://www.emdat.be/>. Acesso em: 29 set. 2014.
- FRASER, M. T. D.; GONDIM, S. M. G. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. **Paidéia**, v. 14, n. 28, p. 139-152, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/paideia/v14n28/04.pdf/>. Acesso em: 01 ago. 2018.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de**

**Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2018.

IAG/USP. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas/Universidade de São Paulo. **Estação Meteorológica do IAG/USP**: resumo mensal, ed. 81, mar. 2019. Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/Mensais/Marco2019.pdf>. Acesso em: 04 set. 2020.

JONOV, C. M. P.; NASCIMENTO, N. O.; PAULA, A. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 1, p. 75-94, 2013.

MACHADO, M. L.; NASCIMENTO, N.; BAPTISTA, M.; GONÇALVES, M.; SILVA, A.; LIMA, J. D.; FERNANDES, W. Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 2, n. 1, p. 35-52, 2005.

SANTOS, A.P., AMARAL, R. Levantamento histórico de dados de inundação do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-IG 7., 2017, São Paulo/SP. **Caderno de Resumos [...]**. São Paulo: Instituto Geológico, 2017. p. 16-19. Disponível em: [https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2018/02/RESUMOS\\_7-SIC-IG\\_2016.pdf](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf). Acesso em 04 set. 2020.

SANTOS, A. R.; AMARAL, R. Aplicação de entrevistas para estimativa de danos decorrentes das inundações do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC 9., 2019, São Paulo/SP. **Caderno de Resumos...** São Paulo: Instituto Geológico, 2019, p. 33-37. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/sites/233/2020/06/resumos\\_ig\\_9\\_sic-ig-2019.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/sites/233/2020/06/resumos_ig_9_sic-ig-2019.pdf). Acesso em: 04 set. 2020.





# JOVENS NA COMPOSIÇÃO DE DIÁLOGOS CARTOGRAFADOS SOBRE PREVENÇÃO DE DESASTRES

Débora Olivato<sup>1</sup>

Liana Oighenstein Anderson<sup>2</sup>

Patrícia Mie Matsuo<sup>3</sup>

Ulisses Denache Vieira Souza<sup>4</sup>

Victor Marchezini<sup>5</sup>

Rachel Trajber<sup>6</sup>

## 1 Introdução

Dentre as medidas prioritárias para a prevenção de riscos e desastres inserem-se a participação da sociedade e a realização de ações socioeducativas, conforme recomendado nos Marcos de Ação de Hyogo 2005-2015 (UNISDR, 2005) e de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015 - 2030 (UNISDR, 2015), na Agenda 2030, e na Política Nacional e Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012). Tais recomendações atentam para a urgência de envolver e capacitar as comunidades mais vulneráveis aos riscos de desastres e aos eventos extremos, na gestão de riscos. O Marco de Ação de Sendai destaca que dentre as ações para redução de riscos de desastres (RRD), são necessários o engajamento e cooperação de toda a sociedade, bem como o empoderamento e participação inclusiva, acessível e não discriminatória, com especial atenção para as pessoas desproporcionalmente afetadas por desastres, especialmente, os mais pobres. Além disso, devem ser consideradas as perspectivas de gênero, idade, deficiência e cultura em todas as políticas e práticas visando a RRD (UNISDR, 2015).

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais<sup>7</sup> (CEMADEN) foi criado em 2011, em resposta aos grandes deslizamentos e inundações ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro. O Cemaden foi concebido como uma unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) que visa o desenvolvimento científico e tecnológico na prevenção de riscos, e realiza o monitoramento dos eventos meteorológicos que potencialmente podem deflagrar desastres. Para isso realiza um conjunto de ações de prevenção para salvaguardar vidas, bens materiais e recursos naturais.

O projeto Cemaden Educação<sup>8</sup> - implantado em 2014 - foi criado com o objetivo de contribuir para a geração de uma cultura da percepção de riscos de desastres, no amplo contexto da popularização da ciência, da educação ambiental e da construção de

1 Pesquisadora do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais CEMADEN/MCTIC. Email: debora.olivato@gmail.com.

2 Pesquisadora do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais CEMADEN/MCTIC. Email: liana.anderson@cemaden.gov.br.

3 Doutoranda Programa Interunidades - Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo. Email: pati.matsuo@gmail.com.

4 Doutorando Curso de Pós-Graduação em Geografia Humana da Universidade de São Paulo. Email: ulissedenache@gmail.com.

5 Pesquisador do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais CEMADEN/MCTIC. Email: victor.marchezini@cemaden.gov.br.

6 Pesquisadora do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais CEMADEN/MCTIC. Email: rachel.trajber@cemaden.gov.br.

### Agradecimentos:

À Universidade Federal do Maranhão e ao Instituto Federal do Maranhão, organizadores do IV Workshop de Geotecnologias do Maranhão. Aos participantes do curso “Escolas e comunidades na prevenção e redução de risco de desastre em rede”, o Colégio Universitário e a comunidade de Sacavém. E ao Humberto Gallo Junior do Instituto Florestal - SP.

sociedades sustentáveis e resilientes. Assim, utiliza-se a metáfora: cada escola participante se torna um Cemaden micro - local, ou seja, um espaço para realizar pesquisas, monitorar o tempo, compartilhar conhecimentos, entender e emitir alertas de desastres. Além disso, o Cemaden Educação também fomenta a gestão participativa de intervenções para mitigação de riscos nas comunidades. Atualmente, o programa está presente em 182 instituições (escolas, defesas civis, universidades, associações, etc.) de diversas localidades brasileiras, e que atuam em comunidades vulneráveis a desastres socioambientais.

O Cemaden Educação está estruturado em quatro grandes eixos, e utiliza novas tecnologias de informação e comunicação para subsidiá-los: 1) Ciência cidadã, com pesquisa, coleta de dados locais, análise e disponibilização de resultados em rede. 2) Compartilhamento de informações, por meio de um sistema colaborativo (*crowdsourcing*) entre as instituições participantes e demais atores sociais via website e aplicativo de celular (em fase de desenvolvimento). 3) Formação de Com-Vidação - Comissão de Prevenção de Desastres e Proteção da Vida, envolvendo escola, comunidade, defesa civil entre outros atores sociais para a gestão participativa de intervenções de mitigação a risco de desastre na comunidade. 4) Campanha #AprenderParaPrevenir para a mobilização e difusão da educação para redução de riscos de desastres (TRAJBER, 2018).

Em 2018, a equipe do Cemaden Educação foi convidada por pesquisadores do grupo organizador da 4a. Edição do "Workshop de Geotecnologias do Maranhão", que estuda como as questões socioambientais associadas às geotecnologias podem contribuir para o território estadual. O propósito foi de colaborar na formação de estudantes e demais interessados do Maranhão para a prevenção de riscos de desastres. O curso "Escolas e comunidades na prevenção e redução de risco de desastre em rede", contou com palestras dialogadas, atividades em grupo, estudo do meio na voçoroca do Sacavém, e oficinas temáticas das atividades do site Cemaden Educação<sup>9</sup>: Pluviômetro, História Oral, Cartografia Social, Com-Vidação e História em Quadrinhos.

O local de realização do curso também foi propositalmente escolhido. O Colégio Universitário - COLUN, Escola de Aplicação da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, que celebrou 50 anos de história, de resistência e de dedicação ao ensino. É um espaço de destaque na realização de pesquisa e extensão, e possui em sua matriz o curso técnico em Meio Ambiente, que desenvolve projetos em conjunto com departamentos da UFMA. Uma das ações integradas do COLUN com a UFMA foi o projeto intitulado: "Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de áreas de risco na zona costeira sudeste da Ilha do Maranhão", enviada para a campanha educativa do Cemaden Educação #AprenderParaPrevenir<sup>10</sup>, no ano de 2017.

Neste artigo apresentam-se os resultados da experiência da oficina de Cartografia Social, com algumas narrativas da oficina de História Oral. Primeiramente descrevem-se os conceitos científicos básicos para o planejamento da oficina. Em seguida apresenta-se a área de estudo para a atividade de campo realizada na voçoroca do Sacavém, um bairro de São Luís do Maranhão. De posse desse levantamento da área, são descritas as ações de como planejar o passo a passo da cartografia social, a fim de prover um guia metodológico para os leitores que tenham a intenção de reproduzir esta metodologia. Por fim, os principais resultados, conclusões e recomendações.

## 2 Cartografia social dos riscos de desastres: mediando diálogos através dos conceitos

*"O risco, objeto social, define-se como a percepção do perigo, da catástrofe possível". (VEYRET, 2007, p. 11)*

Há grande número de métodos técnicos e científicos utilizados na prevenção de risco de desastre. Contudo a maioria não leva em conta a participação social, e nem o levantamento da percepção dos indivíduos que compõem uma comunidade. Segundo

a geógrafa francesa Y. Veyret (2007) “não basta conhecimento científico e técnico para ter a percepção da gravidade de um acontecimento potencial, as diferenças culturais pesam na apreciação da ameaça e na percepção do risco”.

Vale ressaltar que a percepção envolve um conjunto complexo de fatores interno e externo ao ser humano, tais como experiências sensoriais, o funcionamento neurológico e psíquico, fatores culturais, vivências cotidianas, aprendizagem, entre outras. Com isso, Marandola Junior e Santos (2010) ressaltam que a experiência humana ganha densidade e profundidade com o passar do tempo, aumentando o conhecimento espacial e fortalecendo os laços sociais que influenciam as percepções e atitudes em relação ao ambiente.

Diversos métodos de análise são utilizados no levantamento da percepção, segundo os objetivos da pesquisa, tais como os estudos de campo, realização de entrevistas, questionários e testes projetivos (WHYTE, 1985). Na atualidade, os trabalhos com os mapas ganham destaque. Uma possibilidade é a cartografia social, cujo pressuposto básico é que as informações de percepção, representação e experiência humana podem ser integradas aos processos e métodos tradicionais da cartografia (ACSELRAD; COLI, 2008).

Tradicionalmente, os mapas descrevem uma porção do espaço geográfico com suas características qualitativas e/ou quantitativas, podendo ser considerado um sistema de conhecimento que propõe e transmite uma imagem do mundo (JOLY, 1990). Para Oliveira (1996) o mapa é uma forma relevante e eficaz de comunicar informações. Ressalta a importância da legibilidade, simplicidade e utilidade dos conteúdos como elementos fundamentais e que devem orientar a elaboração de um mapa; tendo em vista que sua mensagem deve ser transmitida de forma clara, rápida e efetiva.

Para isso são utilizadas diversas fontes visuais a fim de identificar alvos de interesse no mapa, dentre eles: pontos, linhas, polígonos, desenhos e números que podem ser representados por cores, tamanho, orientação, hachuras (MARTINELLI, 1991), como também os símbolos pictóricos. A legenda deve apresentar e descrever todos os símbolos utilizados no mapa. Na representação cartográfica, a escala espacial é fundamental, e pode ser definida como o grau de detalhamento de um território.

Na América Latina o mapeamento participativo tem obtido grande aceitação como instrumental técnico, principalmente a partir dos estudos envolvendo o reconhecimento dos direitos territoriais de povos indígenas. Profissionais de diversas áreas passaram a utilizar este enfoque, adaptando a metodologia de acordo com os seus objetivos específicos (SLETTO *et al.*, 2013). A viabilidade dos estudos da percepção e do conhecimento da população sobre os riscos ambientais são destacados nas pesquisas de Capri Junior (2012) e Olivato (2013), Iwama (2014), entre outros autores.

Neste tipo de trabalho a preparação da base cartográfica, que pode ser um mapa, imagens de satélite, foto aérea etc., é fundamental para que proporcione aos participantes uma leitura fácil e direta do espaço geográfico e dos elementos da paisagem, para a realização do registro das informações originárias das percepções, representações e das vivências humanas da área de risco.

Outro ponto importante, é analisar o espaço geográfico sob a perspectiva das ciências dos desastres, sendo necessário utilizar os conceitos que permitam considerar as realidades que nele se apresentam, como os conflitos e disputas pela sua apropriação territorial e simbólica, assim como refletir sobre o que é o risco de desastre e seus impactos negativos e elementos de mitigação. O risco de desastre (R) é definido pela interação entre uma ameaça (A) potencializada pela vulnerabilidade (V). Fenômenos de origem hidrometeorológica (chuvas, tornados, secas, inundações etc.), biológica (vírus, bactérias), geológica (terremotos), ambiental (poluição do ar, aumento do nível do mar) e tecnológica (barragens mal planejadas/

mal construídas e falta de manutenção, usinas nucleares entre outros) são classificados como ameaça quando podem impactar de forma negativa as pessoas, seus bens materiais ou elementos dos ecossistemas em que estão inseridos (MARCHEZINI; LONDE, 2018).

Algumas áreas podem apresentar maior ou menor susceptibilidade a alguns fenômenos como, por exemplo, erosões, em razão das características do clima, do solo, do relevo, da vegetação ou mesmo devido a uma intervenção humana no local. Se existem pessoas ocupando essas áreas mais suscetíveis, entende-se que elas estão em uma condição de exposição a estas ameaças e/ou perigos. Estas pessoas podem apresentar uma pior situação de vulnerabilidade socioambiental em comparação com as que vivem em outro lugar, ou seja, elas são mais frágeis e propensas a sofrerem danos em razão das características da ocupação, podendo ter também piores condições de renda, moradias mais frágeis, viver em áreas com adensamento populacional. Não raro, algumas pessoas vivem em áreas denominadas *hiperperiferias*, isto é, onde coexistem os piores indicadores socioeconômicos e ambientais (ALVES; TORRES, 2006). As grandes e/ou pequenas intervenções no território podem alterar as características dessas ameaças - o corte em um talude pode facilitar o processo erosivo no terreno, assim como as situações de vulnerabilidade (abertura de novas ruas, novos empreendimentos imobiliários e/ou turísticos, projetos de renovação urbana, podem expulsar as populações de suas hiperperiferias, lançando-as para áreas onde a especulação imobiliária ainda não tem interesse, como áreas sujeitas a erosão, voçorocas etc.) (MARCHEZINI; LONDE, 2018).

Mapear os riscos existentes e identificar as áreas de expansão no espaço geográfico são desafios que a ciência pode auxiliar, colaborando na formulação de políticas públicas que ajudem a reduzir as desigualdades socioambientais (MARCHEZINI *et al.*, 2017). A cartografia social é uma metodologia que pode colaborar na: (i) gestão dos riscos por parte das autoridades, ao entender as ameaças presentes no local, segundo a percepção das pessoas que ali vivem; (ii) auxiliar na prevenção de desastres por meio do entendimento compartilhado entre as pessoas que vivem em um determinado local sobre as ameaças e como ela afeta sua área e (iii) aumentar a capacidade de autoproteção das pessoas que vivem no local a partir do entendimento das fontes de ameaças e sua localização.

A mitigação e problematização dos desafios socioambientais da atualidade dependem, em parte, da atuação de diversos atores sociais, com suas características, visões de mundo, capacidades de mobilização e colaboração (JACOBI; GRANDISOLI, 2018). Adotar uma abordagem participativa que possibilite o compartilhamento de conhecimentos, expectativas e de responsabilidades é essencial. Jacobi e Grandisoli (2018) ressaltam a importância da adoção de práticas da aprendizagem social na RRD, pois possibilitam a construção coletiva de novos saberes, por meio da troca de informações e conhecimentos, contribui para a solução dos problemas socioambientais. Segundo Jacobi e Franco (2011), a aprendizagem social:

“ênfata a colaboração entre os diferentes atores sociais, estimula o diálogo, motiva a formar um pensamento crítico e sintonizado com a necessidade de propor respostas para o futuro, capaz de analisar as complexas relações entre os processos naturais e sociais e de atuar no ambiente em uma perspectiva global, respeitando as diversidades socioculturais”. (JACOBI; FRANCO, 2011, p. 15)

Petal (2008) destaca a necessidade de incluir atividades de mapeamentos de riscos com resolução de problemas nos processos de ensino-aprendizagem sobre RRD. Mapeamentos comunitários costumam ser bem recebidos pela comunidade (TAKEUCHI *et al.*, 2011), pois permitem interações entre vários atores sociais (locais e externos) com trocas de conhecimentos, experiências e emoções. Shiwaku e Fernandez (2011) relatam

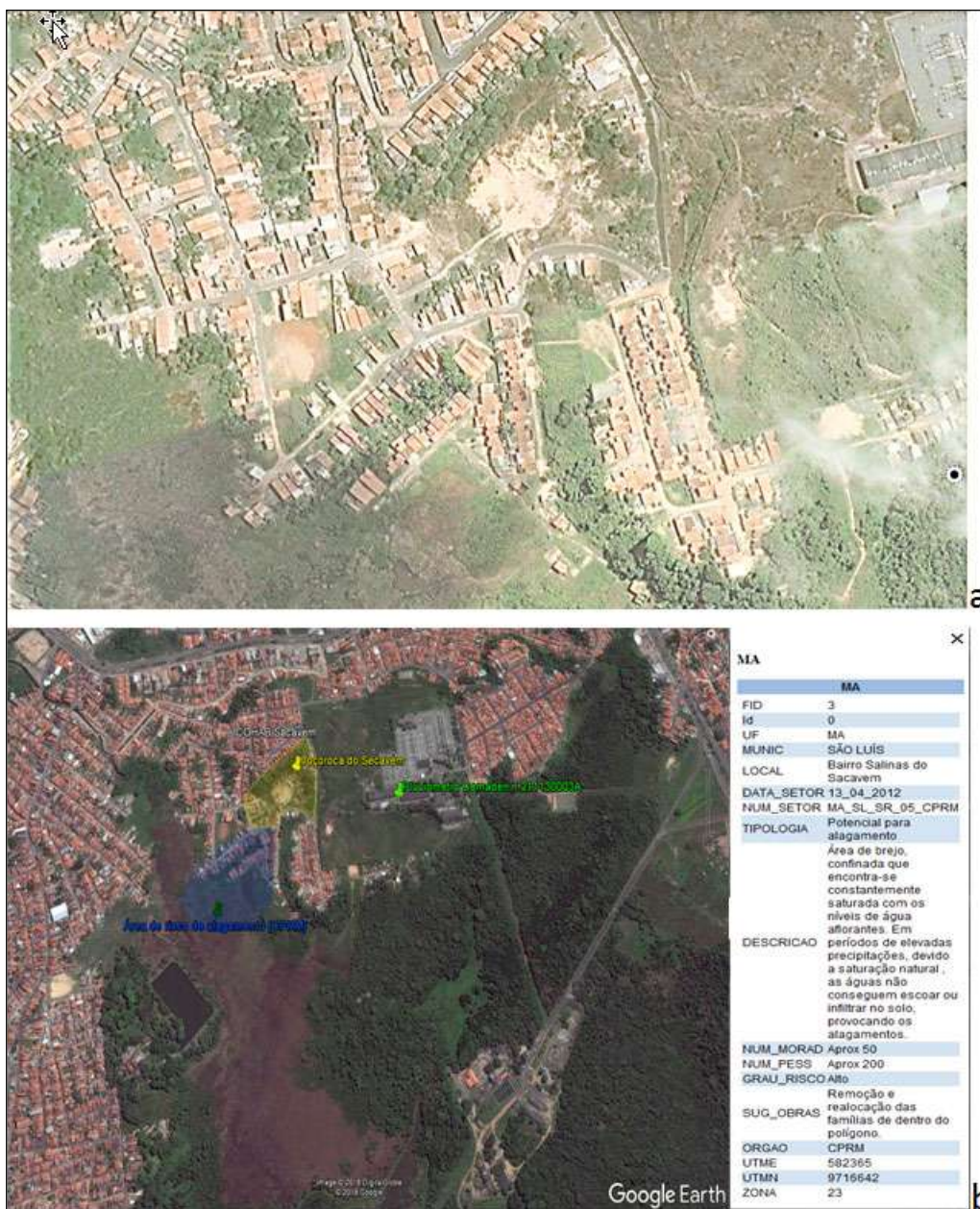
o uso de mapeamentos comunitários por clubes de ciências nas Filipinas, a metodologia permitiu trazer aos professores e estudantes um novo olhar para o entorno local, além de possibilitar sua replicabilidade em suas comunidades escolares. Além disso, a produção desse tipo de mapa provou ser uma ferramenta bem-sucedida no desenvolvimento de uma maneira econômica e eficiente de aumentar a conscientização da comunidade (SHAW *et al.*, 2011). Informações ambientais e socioculturais identificadas em mapas, podem contribuir no diálogo, na análise crítica, na participação, na responsabilização, assim como no pertencimento de determinado espaço (BACCI; SANTOS, 2013).

As possibilidades de ferramentas para a cartografia social são variadas: mapa impresso a partir de imagem de satélite, mapa topográfico, mapa digital com a projeção Google Earth em um telão ou parede, maquete interativa (MARCHEZINI *et al.*, 2017), etc. Nesse trabalho, como veremos na descrição do passo a passo da oficina de cartografia social, utilizaremos o *Field Maps*, programa livre que gera um *QR Code*, e permite a interconectividade com a plataforma online de mapeamento colaborativo chamada *Open Street Maps*.

### 3 Voçoroca do Sacavém: espaço de aprendizagem

Os processos erosivos fazem parte da paisagem urbana dos municípios da Ilha do Maranhão que é composta pelos municípios de São Luís, capital do Estado do Maranhão, São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar. Em geral, são feições erosivas de médio e grande porte (Figura 1), e em alguns casos colocam em risco residências e vidas humanas (SATHLER *et al.*, 2009). A problemática erosiva no município corresponde a uma atuação causal conjunta de diversos fatores: “solos suscetíveis à erosão, declives consideráveis, e forte concentração de chuvas, aliados a práticas inadequadas de ocupação e manejo da terra” (SATHLER *et al.*, 2009). Essas práticas correspondem à retirada da vegetação, implantação de loteamentos (Figuras 1 e 2), nos quais não se observa rede de drenagem pluvial e as águas são lançadas diretamente no solo, ou ainda, pela coleta e venda de areia para utilização na construção civil, que intensificam o processo erosivo.

O bairro Sacavém está localizado na bacia hidrográfica do rio Bacanga, na porção centro-noroeste de São Luís. As características físicas desta bacia favorecem o desenvolvimento de fenômenos erosivos: precipitação anual de 2000mm; solos provenientes das formações Itapecuru e Barreiras, constituídos predominantemente de arenitos, argilitos e siltitos inconsolidados; geomorfologia que conta com formações sub/tabulares, intercalada por colinas dissecadas (BEZERRA, 2013). Esses fatores associados ao uso e ocupação insustentável do solo geram diversos riscos à população local, em especial aqueles moradores de áreas suscetíveis à ocorrência de voçoroca e escorregamento de terra, e também de fenômeno hidrometeorológico, tal como a inundação.



**Figura 1.** (a) Imagem de satélite da área da Voçoroca de Sacavém, utilizada na oficina de Cartografia Social. (b) Identificação de pontos de interesse sobre a área de estudo - em azul encontra-se o polígono de áreas com potencial de alagamento, adquirido na base de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM - Produtos por Estado - Setorização de Risco Geológico, disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Setorizacao-de-Riscos-Geologicos>), e em verde, a localização da estação pluviométrica do Cemaden (disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo>).

Para a realização do trabalho de campo, selecionou-se a Salina do Sacavém, área de ocupação irregular desde a década de 1990, sob a área de servidão da Eletronorte, onde passavam torres de energia. Possui várias ruas não pavimentadas e há falta de rede de drenagem pluvial. Além da voçoroca urbana a área está sujeita a alagamentos e inundações. A presença de uma Associação de Moradores e sua vinculação com um projeto de pesquisa e extensão da Universidade Federal do Maranhão motivaram a escolha da área para a atividade. Vale destacar também, os experimentos de mitigação em RRD, com o uso bioengenharia ou construção verde/viva, que utiliza soluções de baixo custo, como

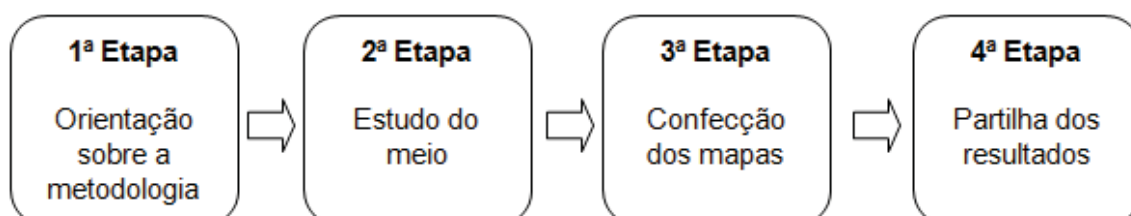
exemplo de redes biodegradáveis confeccionadas com fibra vegetal, no caso do buriti, para a proteção do solo e crescimento da vegetação na voçoroca (JORGE; GUERRA, 2013).



**Figuras 2.** a) Grupo formado por cursistas e facilitadores na área da Voçoroca de Sacavém (MA), trabalho de campo com entrevistas com moradores locais e b) observação da paisagem para registro da atividade de cartografia social (Fotos Humberto Gallo Junior, 25 de junho de 2019).

#### 4 A cartografia social dos riscos na prática: conhecendo e implementando o método

A oficina de Cartografia Social de Percepção de Riscos<sup>11</sup> foi dividida em 4 etapas, tendo como percurso a orientação sobre a metodologia, estudo do meio (visita de campo), produção dos mapas e socialização dos resultados. As orientações sobre a metodologia são fundamentais porque são os conceitos que permitirão apoiar o estudo do meio, no que concerne à observação e posteriormente à descrição no mapa dos elementos observados (Figura 3). A seguir descreve-se cada uma das etapas com o objetivo de incentivar a replicação e adaptação da metodologia em outras localidades.



**Figura 3.** Etapas da Oficina de Cartografia Social.

- 1ª Etapa: orientações gerais da metodologia. Nesta etapa são apresentados conceitos de Geografia e Cartografia, e descrevem-se informações que precisam ter em um mapa (título, representações gráficas, escala, coordenadas geográficas, e legenda), feita através de uma aula expositiva. Em seguida, realiza-se a formação de subgrupos, dependendo da quantidade de participantes, e que podem ser: intergeracionais (diferentes idades) e interdisciplinares (de diferentes áreas do conhecimento), etc.

- 2ª Etapa: estudo do meio, ou melhor, coleta de dados em campo, neste caso ocorreu na voçoroca do Sacavém. Seguiu-se um roteiro básico de observação, com anotações dos pontos escolhidos (exemplo: casa com trinca) para a descrição da vulnerabilidade, ameaça/perigo e risco, e de elementos que minimizam ou potencializam os riscos “no ponto” (Figura 4). Sugere-se que seja levado um mapa ou imagem de satélite para identificação e localização dos pontos. Vale ressaltar que a produção do mapa de percepção só ocorre na 3a. Etapa.

Pontos	Vulnerabilidade	Ameaça/perigo	Risco	Observações

**Figura 4.** Tabela simplificada utilizada em campo.

- 3ª Etapa: Confecção do mapa de percepção de risco. Distribui-se para cada subgrupo os materiais de apoio, como mapa, canetas coloridas, adesivos etc., folhas para a produção da legenda. No mapa, os elementos da paisagem, são representados por números, letras, símbolos, cores etc. E sugeriu-se que localizassem no mapa:

- i) pontos de referência: a) sua casa, escola, igreja, mercado, rio, ruas principais, estradas; b) pontos estratégicos para segurança: hospital, bombeiros, defesa civil, espaços comunitários; c) os pontos identificados na tabela da figura 4.
- ii) elementos que a) potencializam os riscos; b) mitigam ou previnem.
- iii) localização e avaliação das áreas de risco, identificação dos elementos de risco e classificação da cor seguindo as cores do semáforo (vermelho: alto risco, amarelo: médio; verde: baixo risco).

Dependendo do objetivo da atividade e do tempo para a produção do mapa é possível levantar com o grupo, sugestões de locais de abrigo e de rota de fuga em caso de desastre.

- 4ª Etapa: partilha dos resultados: apresentação dos mapas elaborados, diálogo sobre a experiência e compartilhamento dos resultados identificados pelos grupos. Sugere-se levantar se a área possui mapa de perigo e risco elaborado pelo Sistema de Proteção e Defesa Civil, e estabelecer um diálogo entre o(s) mapa(s) de percepção e o mapa técnico, com possíveis aprimoramentos dos mapas.

## 5 Resultados

A identificação dos tipos de ameaça, a gradação dos níveis de risco (verde = risco baixo; amarelo = risco moderado; vermelho = risco alto) e sua localização no mapa permitiram para os 40 jovens e adultos cursistas produzirem mapas, a partir do diálogo cartografado, isto é, construído a partir da interlocução com os moradores. Com o treinamento prévio sobre métodos de pesquisa qualitativa, os estudantes do Colégio Universitário e de diversas universidades realizaram observações e registros em campo e entrevistaram os moradores que residiam próximos à área da voçoroca do Sacavém (Figura 5). E como resultado puderam produzir os mapas e narrativas.

A forma de representar cada um dos elementos foi diferenciada entre os grupos. Na Figura 5 são apresentados três exemplos de mapas produzidos durante a oficina de Cartografia Social. É interessante notar que existem diversos elementos que se repetem nas três representações, assim como elementos únicos. Por exemplo, observa-se que em todos os mapas foram identificados pontos de referência, ameaças e avaliação do nível de riscos.



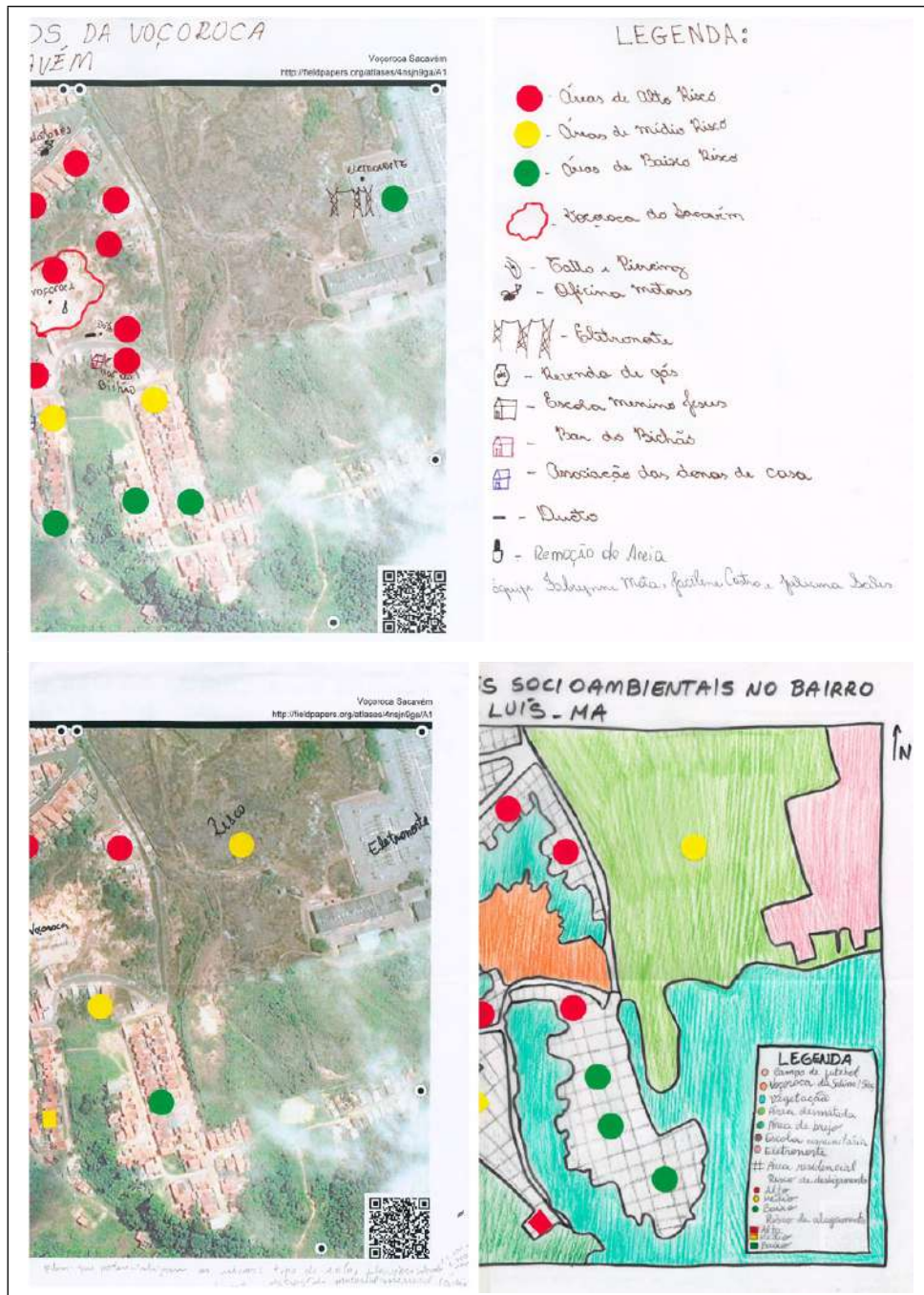


Figura 5. Exemplo de três dos mapas gerados durante a atividade de Cartografia Social.

A voçoroca do Sacavém recebeu destaque nos três mapas juntamente com seu entorno imediato formado por um conjunto de casas, como área de alto risco de movimento de massa. A Eletronorte foi outro elemento representado em todos os mapas, sendo que em dois deles classificado como baixo risco e em um deles com risco médio (Figura 5). A identificação da Associação de moradores e escolas foi representada em dois dos mapas. Outros locais identificados provavelmente demonstram os espaços mais significativos para os participantes dos diferentes grupos, variando desde campo de futebol, igrejas, bar, oficina mecânica, revenda de gás e estúdio de tatuagem.

Além do objetivo de avaliar a área de estudo sob a ótica dos movimentos de massa devido à erosão na voçoroca do Sacavém, os grupos também identificaram outras ameaças socioambientais, como a área com risco de inundação. Nota-se também que

outras ameaças foram identificadas, dentre elas: acúmulo de resíduos, dengue, duto, ponto de remoção de areia. Portanto, podemos entender que a metodologia aplicada permite uma diversidade de representações do mesmo espaço, e reforça a ideia de diferentes percepções baseadas no contexto sociocultural dos participantes.

## 6 Diálogos cartografados

Após a realização das oficinas, cada grupo pôde apresentar oralmente e dialogar sobre os resultados produzidos (Figura 6), a partir dos mapas, vídeos e jornal mural, resultados das entrevistas (Figura 7). A convergência dessas metodologias, por meio do que denominamos “diálogos cartografados”, permitiu compreender não só a espacialização das ameaças, riscos e vulnerabilidades no mapa, mas também debater sobre os processos e as causas - “Salina Sacavém - um encontro com o passado”, vide Figura 6 - que explicam essa configuração no território representado no mapa.



**Figura 6.** Apresentação oral dos resultados dos mapeamentos participativos realizados por cada um dos grupos de pesquisa (Foto: Victor Marchezini, 26 de junho de 2019).

Uma atividade paralela à cartografia social de perceber o lugar no tempo e no espaço aconteceu com outros subgrupos que coletaram narrativas e testemunhos dos desastres ocorridos na mesma comunidade mapeada. Os diálogos cartografados utilizaram uma metodologia<sup>12</sup> de história oral temática (SEBE BOM MEIHY, 2005) com foco na percepção dos riscos de desastres para levantar a memória da comunidade e sua relação com o ambiente vivido. A descoberta das experiências de quem observa a dinâmica do tempo e clima do ambiente e/ou vivenciou uma situação hidrometeorológica extrema, ajuda na percepção das vulnerabilidades (social, geracional, de uso do território) aos desastres.

Os depoimentos e entrevistas coletados na voçoroca do Sacavém foram transformados pelos jovens participantes em pequenos vídeos captados e editados no celular e na produção de jornais murais. A seguir, a foto de um jornal mural mostra como o grupo da oficina selecionou as partes mais significativas da experiência e indicou no mapa onde aconteceu um desastre, a exemplo da narrativa comovente, relatada por uma moradora do bairro e intitulada “História Viva”:

“Por volta de dois anos atrás, no período marcante para o maranhense, Semana Santa, um desastre aconteceu. Um casal que havia chegado em sua residência após uma noite de festejo, mal imaginava o que iria acontecer naquela noite chuvosa de sábado de Aleluia. Alguns vizinhos tentaram avisar, bateram na porta, mas ninguém respondeu... infelizmente pela manhã a casa já estava embaixo dos escombros. A chamada ‘barreira’ já havia caído. O cachorrinho se salvou e rondou a casa chorando por vários dias.”



**Figura 7.** “Diálogos cartografados” - a) entrevistas com moradores durante a visita de campo à área da Voçoroca do Sacavém e b) imagem do jornal mural produzido na oficina de História Oral, junho de 2019 (Fotos: Victor Marchezini, 26 de junho de 2019).

## Considerações finais

As ações de formação junto ao público jovem, na linha da ciência cidadã, com difusão de metodologias científicas, incentivo a pesquisa, e produção e difusão de conhecimento sobre gestão de desastres, vem se mostrando exitosa.

Os estudantes e demais participantes desta formação destacaram na avaliação final, a relevância do curso para a seu aprendizado e vivência com foco na prevenção de desastres, como pode ser verificado em alguns relatos: “aprendi tanta coisa bacana nesses dias de oficina que o Cemaden proporcionou. Amei a cartografia social e sua articulação com as demais oficinas”; “gostei muito da oficina por ter meu primeiro contato com a cartografia social de forma tão didática e de fácil compreensão”; “que ocorreu essa troca de informações e de experiências que irão colaborar nas pesquisas e com esse olhar para o outro”. Resultado semelhante foi verificado nos projetos de educação para a redução de riscos de desastres, que o grupo foi convidado a escrever ao final do curso.

## Notas

7 Informações disponíveis no site do Cemaden - <https://www.cemaden.gov.br/historico-da-criacao-do-cemaden/>

8 Informações disponíveis no site do Cemaden Educação <http://educacao.cemaden.gov.br/site/project/>

9 <http://educacao.cemaden.gov.br/>

10 <http://educacao.cemaden.gov.br/aprenderparaprevenir2017>

11 Atividade disponível em <http://educacao.cemaden.gov.br/site/activity/NDAwMDAwMDAwMzk=>

12 Atividade disponível em <http://educacao.cemaden.gov.br/site/activity/MzAwMDAwMDAwMzI=>

## Referências

- ACSELRAD, H; COLI, L.R. Disputas territoriais e disputas cartográficas. In: ACSELRAD, H. (Org) **Cartografias sociais e território**. Rio de Janeiro: UFRJ, IPPUR, 2008, p. 13-43
- ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo: Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 44-60, 2006.
- BACCI, D. C.; SANTOS, V. M. N. Mapeamento socioambiental como contribuição metodológica à formação de professores e aprendizagem social. **Geol. USP, Publ. espec.**, São Paulo, v. 6, p. 1-28, 2013.
- BEZERRA, J.F.R. Reabilitação de áreas degradadas por erosão em São Luís/MA. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M.C.O **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos, 2013. Cap. 2, p. 31-65.
- BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 06 ago. 2019.
- CARPI JUNIOR, S. Identificação de riscos ambientais e proteção da água: uma aproximação necessária. In: LIMA-GUIMARÃES, S.T et al. (Org.). **Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais**. Rio Claro: IGCE/UNESP/RIO CLARO, 2012. p. 32-59.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Projeto Cemaden educação: atividade cartografia social: espacializando os riscos socioambientais**. 2017. Disponível em: <http://educacao.cemaden.gov.br>. Acesso em: 19 ago. 2019.
- IWAMA, A.Y. **Riscos e vulnerabilidades às mudanças climáticas e ambientais: análise multiescalar na zona costeira de São Paulo-Brasil**. 2014. Tese (Doutorado) – UNICAMP, 2014.
- JACOBI, P.R.; GRANDISOLI, E. Aprender junto: práticas colaborativas e aprendizagem social. In: SULAIMAN, S.N.; JACOBI, P.R. (orgs.). **Melhor prevenir: olhares e saberes para a redução de risco de desastre**. São Paulo: IEE-USP, 2018, p. 60-71.
- JACOBI, P.R.; FRANCO, M.I.G.C. Sustentabilidade, participação, aprendizagem social. In: JACOBI, P.R. (coord.). **Diálogos e ferramentas participativas: aprender juntos para cuidar da água**. São Paulo: IEE/Procamp, 2011. p. 10-19.
- JOLY, F. **A Cartografia**. Tradução Tânia Pellegrini. Campinas, SP, Papirus, 1990.
- JORGE, M.C.O.; GUERRA, A.J.T. Erosão dos solos e movimentos de massa: recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos. 2013. Cap. 1, p. 7-30.
- MARCHEZINI, V.; IWAMA, A. Y.; ANDRADE, M. R. M.; TRAJBER, R.; ROCHA, I.; OLIVATO, D. Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, p. 107 - 128, 2017.
- OLIVEIRA, L. Percepção e representação do Espaço Geográfico. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. (Org.). **Percepção Ambiental: a experiência brasileira**. São Paulo: Studio Nobel; São Carlos, SP: UFSCar, 1996. p. 187-211.
- MARANDOLA JUNIOR.; SANTOS. F.M. Percepção dos perigos ambientais urbanos:

- efeitos de lugar ou falácia ecológica? In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS-ABEP, 17., 2010, Caxambu–MG. **Anais [...]**. Caxambu/MG, 2010.
- MARCHEZINI, V.; LONDE, L. R. Sistemas de alerta centrados nas pessoas: desafios para os cidadãos, cientistas e gestores públicos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v.7, p. 525-557, 2018.
- MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991.
- PETAL, M. **Disaster prevention for schools: guidance for education sector decision-makers**. Suíça: UNISDR - Thematic Platform for Knowledge and Education. p. 54, 2008.
- OLIVATO, D. **Análise da participação social na gestão de riscos socioambientais**. 2013. Tese (Doutorado) - Programa de Pós graduação em Geografia - USP, 2013.
- SATHLER, R.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A.J.T.; BARROSO, E.V. Caracterização de Voçorocas na Ilha do Maranhão. **Anuário do Instituto de Geociências**. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 32, n. 1, p. 34-45, 2009.
- SAUSEN, T.M. Desastre Zero-Mapa de risco em sala de aula com o auxílio do Google Earth. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, PR: INPE, 2013.
- SEBE BOM MEIHY, José Carlos. **Manual de história oral**. 5. Ed. São Paulo: Edições Loyola, 2005.
- SHAW, R.; SHIWAKU, K.; TAKEUCHI, Y. (Eds.) **Disaster Education: Community, Environment and Disaster Risk Management**. Emerald Group Publishing Limited, Bingley, 2011, v. 7
- SHIWAKU, K.; FERNANDEZ, G. Roles of school in disaster education. In: SHAW, R., SHIWAKU, K.; TAKEUCHI, Y. (Eds.) **Disaster Education: Community, Environment and Disaster Risk Management**. Emerald Group Publishing Limited, Bingley. 2011. v. 7, p. 45-75.
- SLETTO, B. *et al.* Territorialidad, mapeo participativo y política sobre los recursos naturales: la experiencia de América Latina. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, Bogotá, Colômbia, v. 22, n. 2, p. 193-209, Jul.-Dic. 2013.
- TAKEUCHI, Y.; MULYASARI, F.; SHAW, R. Roles of family and community in disaster education. In: SHAW, R.; SHIWAKU, K.; TAKEUCHI, Y. (Eds.) **Disaster Education: Community, Environment and Disaster Risk Management**. Emerald Group Publishing Limited, Bingley, 2011, v. 7, p. 77-94.
- TRAJBER, R. Cunha: Educação e participação na prevenção de desastres. In: SULAIMAN, S.N.; JACOBI, P.R. (orgs.). **Melhor prevenir: olhares e saberes para a redução de risco de desastre**. São Paulo: IEE-USP, 2018. p.116-121.
- UNISDR. **Hyogo Framework for Disaster Risk Reduction: 2005-2015**. 2005. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/coordinate/hfa>. Acesso em: 06 ago. 2019.
- UNISDR. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. 2015-2030**. 2015. Disponível em: [https://www.preventionweb.net/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf) Acesso em: 06 ago. 2019.
- VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.
- WHYTE, A. V. T. Perception. In: KATES, R.W.; AUSUBEL, J.H; BERBERIAN, M. **Climate Impact Assessment**, SCOPE, 1985. p. 403–435.

# A IMPORTÂNCIA DAS COMUNICAÇÕES E O PAPEL DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO NA GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES

Vera Lúcia Monteiro<sup>1</sup>

Roque Antônio de Moura<sup>2</sup>

## Introdução

Desastres podem ocorrer por causas naturais ou pela ação humana. Desta forma, os naturais incluem terremotos, erupções vulcânicas, inundações, tsunamis, secas, ciclones, incêndios florestais e deslizamentos de terra. Já os desastres provocados por ação humana, são eventos como os vazamentos de produtos químicos, rompimento de barragens, acidentes nucleares, ataques terroristas, entre outros. Ambos os tipos de desastres estão ocorrendo com maior frequência neste século, devido, principalmente, à urbanização desordenada e à globalização (ALMEIDA, 2014; WELLINGTON; RAMESH, 2018).

A eficácia ao se gerir riscos de desastres depende da participação de todos os atores envolvidos, sendo indispensável promover a troca de informações de forma efetiva, pois a qualidade das informações, bem como a rapidez com que são repassadas, é determinante para o grau de sucesso de uma operação e para o bom atendimento a uma comunidade em risco.

Segundo a ISO NBR 93:2009 da ABNT (2009), a gestão de riscos visa a organizar e melhorar a aprendizagem organizacional aumentando a sua resiliência. Portanto, torna-se fundamental uma comunicação contínua, com troca de informações.

Em 1989, o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989) definiu a comunicação de risco como “um processo iterativo de troca de informações e opiniões entre os indivíduos, grupos e instituições, que frequentemente envolve várias mensagens sobre a natureza do risco ou expressa preocupações e opiniões legais e institucionais sobre a gestão do risco”.

Portanto, tendo em vista a importância das comunicações na gestão de riscos de desastres, as novas tecnologias devem ser usadas, para auxiliar na implementação de um sistema de gerenciamento eficiente. Logo, as conexões baseadas na internet das coisas (IoT), por exemplo, podem ser utilizadas para interligar os atores envolvidos em um evento de desastre, fazendo com que funcionem como uma entidade única e, assim, oferecer oportunidades para planos de resgate mais eficazes para as comunidades em risco (WELLINGTON; RAMESH, 2018).

---

<sup>1</sup> Mestra na Área de Transportes pela UNICAMP. Professora da Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos e Pesquisadora do CEPED-SP/CEETEPS. E-mail: vera.monteiro@fatec.sp.gov.br.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Biomédica pela UMC e Mestre em Engenharia Mecânica – Projetos. Professor da Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos e Pesquisador do CEPED-SP/CEETEPS. E-mail: roque.moura@fatec.sp.gov.br.

As Defesas Civas dos municípios têm um papel fundamental nas ações de prevenção e resposta, em situação de risco de desastre. Sendo assim, faz-se necessário aprimorar ao máximo sua capacidade de ação, elaborando novas maneiras de gerar e compartilhar informações em tempo real, de forma a contribuir com suas atribuições, pois reduções no tempo entre obter a informação, tomar uma decisão e agir, implicam no aumento do tempo disponível para lidar com as ações de resposta a emergências, de forma a preservar vidas.

Nesse contexto, o presente capítulo irá destacar a importância das comunicações e o potencial das novas tecnologias da informação, para gerar formas novas de compartilhamento de informações, entre os atores envolvidos na gestão de riscos de desastre.

## 1 Gestão de Riscos

Riscos existem quando uma dada sociedade apresenta um certo grau de vulnerabilidade, por isso os riscos podem ser considerados como construções humanas. Assim, com a presença da sociedade e suas construções em todo planeta, os eventos naturais, associados a diversos graus de vulnerabilidade, vêm provocando grandes perdas econômicas e, não raramente, perdas de vidas. Além disso, as mudanças climáticas, que não podem mais ser ignoradas, intensificam a probabilidade de ocorrência desses eventos. (OLIVEIRA; ROBAINA, 2015; MANTELLI, 2018).

Conforme a terminologia utilizada pela *International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR, 2009), a gestão do risco de desastre é um processo sistemático de utilizar diretrizes administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para executar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, com a finalidade de reduzir o impacto adverso de ameaças naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre.

A gestão de riscos deve compreender atividades de planejamento e organização, com ações antes, durante e após qualquer evento, e com a participação dos atores envolvidos, ou seja, os órgãos responsáveis por ações de planejamento, instituições públicas de ensino e pesquisa e a sociedade civil organizada por meio de ONGs e associações comunitárias (OLIVEIRA; ROBAINA, 2015; WELLINGTON; RAMESH, 2018).

Segundo a ISO NBR 93:2009 da ABNT (2009), uma gestão de riscos em desastres, organiza e melhora a aprendizagem dos envolvidos, aumentando a resiliência e aprimorando a comunicação interativa entre os indivíduos, grupos e instituições sobre a natureza do risco, tomando precauções e obtendo sugestões para minimizá-los.

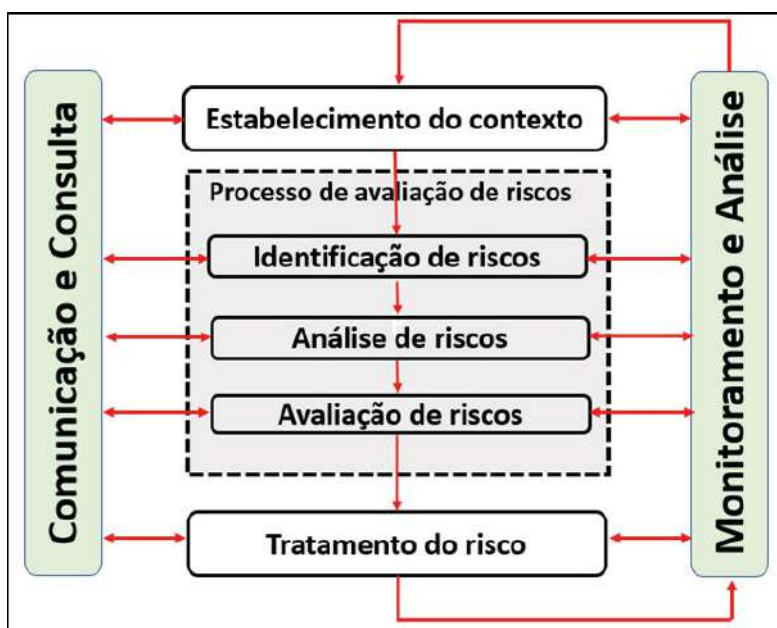
Na gestão de riscos não se pretende adivinhar o futuro, mas refletir sobre as diversas possibilidades de cenários futuros e, avaliar as probabilidades de ocorrência de cada cenário vislumbrado, bem como suas consequências. A gestão e análise dos riscos coloca as consequências ou efeitos de uma exposição a um dado risco, no centro das decisões, resultando em contribuições para se evitar grandes danos ou perdas e, desta forma, aumentar o grau de segurança das comunidades (OLIVEIRA; ROBAINA, 2015).

Para Pohlmann, Piccinini e Silva Filho (2014), gerir riscos se relaciona com dar soluções para a melhoria da qualidade de vida das populações urbanas e, desta maneira, obter reduções nos danos materiais e nas perdas humanas, causados pelos eventos de desastres nas sociedades.

Assim, as estratégias para gestão de riscos devem conter ações no sentido de incrementar a capacidade da comunidade para transformar as condições perigosas e reduzir a sua vulnerabilidade, englobando estratégias mais amplas do que somente assistência e recuperação pós-desastre (OLIVEIRA; ROBAINA, 2015).

Segundo Lin (2018), a Norma ISO 31000 é o ponto de partida apropriado para examinar os processos e as práticas da gestão de riscos, porque define o gerenciamento de riscos como uma sistemática de aplicação das políticas, procedimentos, práticas de gestão,

atividades de comunicação e consultoria, estabelecimento do contexto, identificação, análise, avaliação, tratamento e monitoramento de riscos, conforme ilustra a Figura 1.



Fonte: Adaptado de ISO 31000 (2009) e Lin (2018)

**Figura 1.** Relacionamento entre os princípios da gestão de riscos, estrutura e processo.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012) coloca foco na prevenção dos riscos e incentiva a articulação das ações entre vários setores, com políticas públicas de saúde, de educação, de assistência social, de uso e ocupação do solo, de saneamento básico etc. Neste sentido, as ações de prevenção baseadas na comunicação de riscos, com o objetivo de compartilhar informações sobre eventos em potencial são fundamentais para uma gestão de riscos eficaz (MARTINS; SPINK, 2015).

## 2 Importância das Comunicações

A Informação e a comunicação estão desempenhando um papel cada vez mais importante nas atividades das operações humanitárias. Esse papel é impactado por tendências e pelos ambientes nos quais o setor humanitário opera. Está havendo uma mudança de objetivos, do fornecer ajuda direta, para capacitar, empoderar e avaliar; uma mudança de soluções técnicas, para estratégias sociotécnicas amplas; e uma maior ênfase na demonstração de melhorias relacionadas à eficiência e à colaboração entre organizações, sem deixar de destacar que a comunicação tem ainda uma função educativa e é dever da administração pública e um direito dos cidadãos (HASELKORN; WALTON, 2009).

A ABNT NBR ISO 31000 (2009) orienta que o processo de comunicação, numa gestão de riscos, deve ser bidirecional e que a comunicação deve ocorrer durante todas as fases de um evento, com o intuito de orientar as partes interessadas e, dessa forma, garantir a compreensão das decisões tomadas, bem como suas razões. Assim, a importância da comunicação, bem como a consulta aos envolvidos na gestão dos riscos é fundamental, pois cada um elabora julgamentos sobre riscos baseado em suas próprias percepções, que estão associadas às diferenças de valores, conceitos e inquietações. Os diferentes pontos de vista podem gerar impactos significativos sobre as decisões, então recomenda-se que as percepções das partes interessadas sejam detectadas, registradas e consideradas, no processo de tomada de decisão.



Geralmente, as pessoas que correm risco não costumam tomar nenhuma ação para reduzir sua vulnerabilidade, até que sejam expostas a ele. Desta forma, é necessário replanejar, discutir e melhorar a forma de comunicação dos riscos e seus canais, contando com a tecnologia, como por exemplo, a comunicação digital e suas mídias sociais para melhorar a percepção dos riscos pelas pessoas, compartilhando em tempo real, informações de ameaças ou anomalias, que devem ser confirmadas instantaneamente por órgãos competentes, antes de serem massivamente divulgadas (CHIA, 2006; KUSER OLSEN *et al.*, 2018; YU *et al.*, 2020).

Observa-se que existem muitos estudos examinando como os diferentes canais de comunicação afetam a percepção dos riscos nas pessoas. Como canal de informação, as comunicações interpessoais podem não transmitir os mesmos detalhes que as mídias de massa, mas as pessoas parecem confiar mais nas informações que recebem pela comunicação interpessoal do que das mídias (BINDER *et al.*, 2011; SIM *et al.*, 2018).

Uma análise das recentes iniciativas na Europa e em países nórdicos, sobre sistemas de alerta e monitoramento, com relação à implementação da estrutura de Sendai, sugere que é muito positiva a participação de cidadãos e não profissionais ao lidar com os riscos. O acesso, via internet, à dados e modelos, como parte dos sistemas de monitoramento e alerta e de comunicação de riscos, desempenha um papel crucial na recuperação de populações afetadas por desastres. Várias ferramentas podem preparar as comunidades para agirem em resposta a um alerta, de forma a apoiarem a capacidade de resposta das instituições, como as Defesas Civas locais. (HENRIKSEN *et al.*, 2018; WANG; ZHUANG, 2018).

Assim, aumentar a participação da população na redução de riscos de desastres é uma ação promissora, porque coloca o foco no risco, em como as pessoas entendem e percebem o risco, como compartilham informações e como estão envolvidas em ações de proteção (HENRIKSEN *et al.*, 2018; TYSHCHUK; WALLACE, 2018).

Atualmente, postagens no Facebook com streaming de vídeos, feeds do Twitter e mensagens de WhatsApp, divulgam as ameaças de desastres. O terremoto no Haiti em 2010, por exemplo, elevou a percepção do potencial das mídias sociais na geração de dados fornecidos pelas multidões, interligando em segundos telefones pela internet, para apoiar os esforços de coordenação dos agentes de resposta humanitária. Contudo é necessário acesso gratuito à internet para que os cidadãos de regiões ameaçadas ou atingidas transmitam e recebam as informações (FAN; XU; SCARINGI, 2018; JOSEPH *et al.*, 2018).

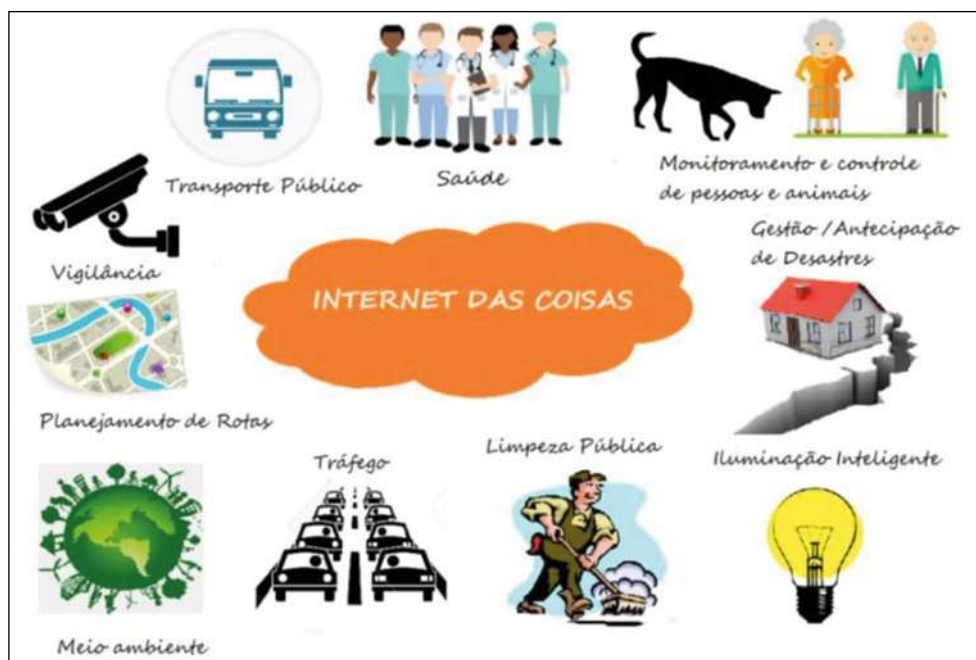
### 3 O Papel das Tecnologias

Uma das palavras mais difundidas na Tecnologia da Informação é a Internet das coisas (IoT). O termo IoT refere-se à capacidade que dispositivos em rede possuem, para detectar e coletar dados e, então, compartilhar esses dados pela internet, onde poderão ser processados e utilizados para diversos fins. Todas as diferentes definições de IoT têm em comum o potencial de integração do mundo físico com o mundo virtual, onde dispositivos eletrônicos podem interagir de diversas formas entre si (HALLER, 2010; SHUKLA; TUNGAR, 2017).

Muitas possibilidades de aplicação da IoT podem ser planejadas estrategicamente (Figura 2), e entre elas vale destacar algumas impactantes para a gestão de riscos de desastre: os sistemas de monitoramento ambiental, implantados em áreas propensas a desastres como enchentes e deslizamentos; os sistemas de gestão de infraestrutura, usados para examinar a estabilidade das edificações nas cidades; entre outros que, ao monitorarem ocorrências de risco, podem minimizar perdas e danos (MONTEIRO; EBERLE; CONTINI, 2017).

A IoT pode ser usada como tecnologia para conectar sistemas, para uma abordagem mais adequada das ações; sistemas como os de aviso de desastre, os métodos de resgate, o acompanhamento das ações e as técnicas a serem utilizadas, podem ser interligados

por meio da IoT, fazendo com que os diferentes departamentos possam comunicar-se entre si. Desta forma, avisos podem ser dados pelo centro de controle da operação, conscientizando as pessoas e, em seguida, os serviços de emergência, como ambulância, serviços de resgate e auxílio policial, podem ser notificados, para estarem prontos para o enfrentamento do desastre (WELLINGTON; RAMESH, 2018).



Fonte: Monteiro, Eberle e Contini (2017)

**Figura 2.** Aplicações da IoT.

Tanto melhores serão as condições de gerenciamento, comunicação e prevenção de desastres quanto melhores forem os recursos tecnológicos utilizados. Interligando-se, através da IoT, redes de sensores, atuadores e big data, além de históricos dos eventos, em computadores interconectados aos telefones, obtém-se ganhos em eficiência, para uma boa gestão de riscos. Algoritmos, coordenarão departamentos, vinculando-os com comunicação via satélite e inteligência artificial, para rastrear ocorrências e ameaças de desastres, bem como, a melhor e mais viável forma de procedimentos de resgate. Um exemplo foi o grande terremoto no Japão Oriental, em 2011, que teve seus impactos minimizados graças à eficiência das comunicações, com auxílio das novas tecnologias da informação (JOSEPH *et al.*, 2018; WELLINGTON; RAMESH, 2018; MURAYAMA; YAMAMOTO, 2017).

Portanto, a gestão dos riscos, o monitoramento de áreas afetadas, os sistemas de vigilância e de informação tornaram-se mais efetivos com o emprego de smartphones, câmeras e aplicativos para dispositivos móveis. Mas além disso, os desastres ainda exigem treinamentos que simulem situações reais, com protocolos a serem seguidos e tais treinamentos podem ser realizados e divulgados em ambiente virtual, com simulações e com objetivos multiprofissionais (médicos, bombeiros, policiais e autoridades). Esses treinamentos, em ambientes virtuais, permitem aos envolvidos interagirem quantas vezes forem necessárias e, assim, desenvolver habilidades e competências sem a necessidade de se locomoverem e com um mínimo investimento financeiro. A tragédia de Xinmo na China, em 2017, demonstrou como o uso de novas tecnologias e a colaboração do trabalho entre diferentes profissionais, podem ser iniciativas de sucesso, na identificação de riscos potenciais e para a realização de avaliações rápidas em áreas de difícil acesso (FAN; XU; SCARINGI, 2018; MOLKA-DANIELSEN *et al.*, 2018; MURAYAMA; YAMAMOTO, 2017).

Assim, as mídias digitais possibilitam que as comunidades se preparem para os desastres, tanto em áreas urbanas como rurais, por meio do compartilhamento de informações, difundidas por dispositivos com tecnologia móvel. Exemplo disso, são os cenários de riscos traçados por representantes de municípios, conselhos administrativos, grupos de voluntários, organizações governamentais e não governamentais, apresentados em workshops e oficinas. O uso das mídias sociais, atendem prontamente a divulgação dos boletins, relatórios e protocolos discutidos e planejados e vêm se tornando uma prática comum, pois as mídias, com seu efeito informativo, têm um alcance quase exponencial, graças às tecnologias móveis (WANG; ZHUANG, 2018; LAI; CHIB; LING, 2018; LIN, 2018; MELTZER; ȘTEFĂNESCU; OZUNU, 2018).

As mídias sociais (MS) são tecnologias móveis e baseadas na internet, usadas para transformar a comunicação em um diálogo participativo. Apresentam plataformas interativas que permitem aos usuários participarem, comentarem e criarem conteúdo, como um meio de comunicação com outros usuários e o público. As MS são definidas como um grupo de aplicativos baseados na Internet e que permitem a criação e a troca de conteúdos gerados pelos usuários (JOSEPH *et al.*, 2018).

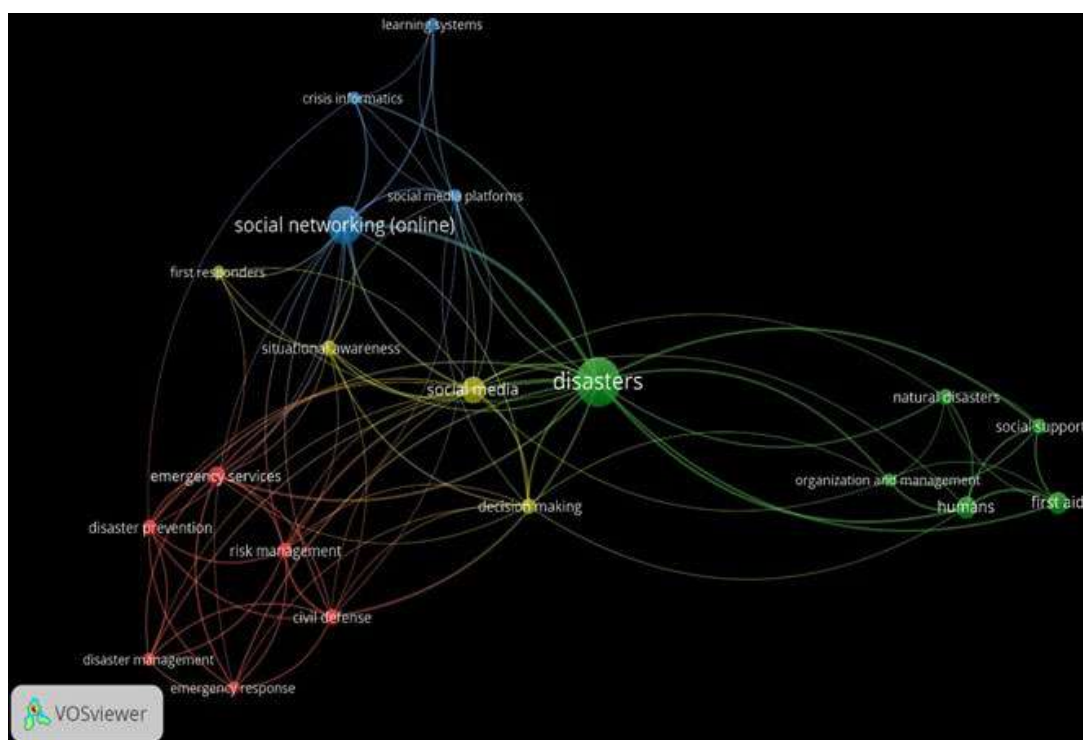
As MS fazem parte do dia-a-dia de pesquisadores e comunidades e, cada vez mais, tornam-se ferramentas significativamente úteis para o gerenciamento das comunicações nas crises, já que elas disseminam facilmente as informações ao público e, também, possibilitam que haja o compartilhamento de informações pelos cidadãos (SIMON; GOLDBERG; ADINI, 2015).

Além de seu alcance coletivo, as MS combinam a mineração de dados e textos através da inteligência artificial, mapa conceitual e resultados estatísticos que, após gerados, orientam e permitem um planejamento eficaz com base em dados históricos, frequência e análises online, sem espaço temporal, para a comunicação frente a um dado cenário. Uma equipe heterogênea e multidisciplinar de analistas, de diferentes áreas do conhecimento, pode rapidamente fornecer aconselhamentos, sugestões e recomendações ao público e às autoridades, usando as MS (FRENCH *et al.*, 2019; YU *et al.*, 2020).

Deste modo, as MS demonstram ser um método eficiente de envio de mensagens e resposta às emergências, em um cenário de crise urbana. Uma pesquisa realizada pela *University College Cork* identificou que, independentemente da faixa etária, os meios de comunicação mais frequentes são os canais digitais, sendo estes as primeiras fontes de informação consultadas pela população (COLLINS *et al.*, 2016).

Dados coletados de uma pesquisa online, explorou o uso das MS pelo público durante desastres naturais nas regiões da Austrália e na Nova Zelândia, de janeiro a março de 2011, usando experiências dos envolvidos na administração publicada nas páginas do Facebook. Essa pesquisa indicou que o público confiava parcialmente nas informações formais e menos nas informais, geralmente usando as MS para republicar *links* dos sites de notícias (TAYLOR *et al.*, 2012).

A Figura 3 ilustra o resultado de uma pesquisa em publicações, levantadas por intermédio da base de dados Scopus, com palavras-chaves como: mídia sociais, desastres, defesa civil, gerenciamento de riscos e primeiros socorros; ou seja, constata-se que o uso das MS em comunicação de emergências é uma tendência crescente.



Fonte: Vosviewer (2020)

**Figura 3.** Rede de coocorrências de desastres e suas principais palavras-chaves.

Contudo, alguns usuários das MS que são mal informados ou mal intencionados, divulgam boatos que acarretam confusão, desolação e sofrimento para as vítimas, pois, os mesmos esforços logísticos e veículos de comunicação que promovem a recuperação pós-desastre, podem compartilhar boatos ou rumores (SHELLER, 2013; WANG; ZHUANG, 2018).

Os avanços tecnológicos transformaram a forma de comunicação e a maneira como as equipes disseminam informações ao público, em meio à eventos de crises. As mídias tradicionais como televisão, rádio e jornais não são mais a principal fonte de informação, mas sim os smartphones e tablets, que dominam, por permitir acesso móvel imediato às plataformas de mídia digital e social. No entanto, é preciso melhorar a credibilidade de algumas redes comunitárias *online* como Facebook e o Twitter, entre outras, pois elas ainda geram dúvidas com relação a seus conteúdos (COLLINS *et al.*, 2016).

Existe de fato, reconhecimento e valorização, por parte dos órgãos responsáveis pelo gerenciamento de crises no mundo, do impacto das MS em emergências e desastres de diversos tipos. Pois uma pesquisa, realizada na Alemanha, concluiu que cerca de metade (45%) das pessoas usam as MS durante uma emergência, para compartilhar e/ou procurar informações. Por outro lado, os rumores falsos nessas mesmas mídias (74%) também existem e, neste caso, tornam-se verdadeiras ameaças à gestão das comunicações em desastres (REUTER *et al.*, 2017).

Assim sendo, será sempre imprescindível filtrar as informações que são publicadas e compartilhadas nas MS, durante a ocorrência de desastres ou emergências, a fim de identificar erros, eliminar notícias falsas e, ainda, suprimir termos ou palavras que possam causar confusão à população em risco (THORNTON; DEANGELUS; MILLER, 2016).

## Considerações Finais

Em síntese, a gestão dos riscos, incluindo a comunicação rápida e assertiva, é crítica para o sucesso das ações de proteção e defesa civil. Sendo assim, o uso de novas tecnologias de comunicação e da colaboração digital, com gestão multidisciplinar, são fundamentais para apoiar o trabalho dos especialistas e profissionais, responsáveis por gerenciar os eventos de desastre.

As tecnologias modernas como a IoT, têm o potencial de auxiliar na prevenção, identificação de perigos em potencial e na realização de avaliações em áreas de risco, além de respaldar as tomadas de decisões. Porque as decisões dos agentes responsáveis por gerenciar os eventos de desastres, quando auxiliadas por computador e operacionalizadas por um corpo técnico, aumentam a eficácia da prevenção, como no caso dos sistemas de informação geográfica, que agilizam a identificação do local do desastre e o socorro às vítimas.

Constata-se ainda, que as MS podem ser usadas em crises, desastres e emergências em diferentes tipos de eventos, países e continentes. Mas é importante examinar as atitudes dos participantes envolvidos, para entender a apropriação das mídias, identificar barreiras existentes e desenvolver soluções, por exemplo, por meio de aplicativos móveis que promovam um uso eficiente antes, durante e após eventos críticos de segurança.

Pesquisas sobre a percepção e a comunicação de riscos demonstraram claramente que entender riscos requer mais do que informar e educar as pessoas sobre os riscos. Afetar o comportamento das pessoas é ainda mais difícil, pois sabe-se que suas percepções de risco e as decisões relacionadas são afetadas por vários fatores e sentimentos. Então, a credibilidade e o rigor do agente emissor da informação devem ser balanceados com a percepção e o senso comum dos receptores.

O uso das MS em situações de desastres e emergências é incontestavelmente atual, pois os cidadãos frequentemente coletam nelas informações sobre eventos diversos, e até a própria Cruz Vermelha, entre outras organizações de ajuda humanitária, usa tecnologias baseadas na *web* para informar o público e fornecer relatórios de status, interna e externamente.

No entanto, neste contexto das comunicações de risco, recomenda-se a elaboração de protocolos claros a serem seguidos pelos agentes de Defesa Civil, para proporcionar uma comunicação eficaz e segura ao público, de forma a evitar ambiguidades, dúvidas e erros.

Este estudo está longe de esgotar o assunto das comunicação em situações de risco, na eminência de desastres, mas teve o propósito de contribuir com o tema, por meio de uma revisão bibliográfica detalhada, incitando uma reflexão sobre o papel atual das MS como fonte e meio de comunicação, propondo entretanto, que seu uso seja acompanhado de assertividade e segurança, para se garantir o controle de uma situação e a confiança do público, antes que especulações e boatos diluam a autoridade das fontes oficiais de informação.

## Referências

- ABNT. NBR ISSO 31000. **Gestão de riscos: princípios e diretrizes**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.
- ALMEIDA, A. B. de. Gestão do risco e da incerteza: conceitos e filosofia subjacente. In: LOURENÇO, L.; TEDIM, F. (ed.), **Realidades e desafios na gestão dos riscos: diálogos entre ciência e utilizadores**. Coimbra: NICIF: Universidade de Coimbra, 2014. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/livros/dialogos/Artg02.pdf>. Acesso em: 04 set. 2019.

- BINDER, A. R.; SCHEUFELE, D. A.; BROSSARD, D.; GUNTHER, A. C. Interpersonal Amplification of Risk? Citizen Discussions and Their Impact on Perceptions of Risks and Benefits of a Biological Research Facility. **Risk Analysis**, v. 31, n. 2, p. 324–334, 2011.
- BRASIL. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: Poder Executivo, 2012.
- CHIA, E. S. Engineering disaster relief. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY AND SOCIETY-IEEE, 2006, Queens, NY, USA. **Proceedings [...]**. Queens, NY, 2006.
- COLLINS, M.; NEVILLE, K.; HYNES, W.; MADDEN, M. Communication in a disaster: the development of a crisis communication tool within the S-HELP project. **Journal of Decision Systems**, v. 25, p. 160–170, 2016.
- FAN, X.; XU, Q.; SCARINGI, G. Brief communication: Post-seismic landslides, the tough lesson of a catastrophe. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 18, n. 1, p. 397–403, 2018.
- FRENCH, S. *et al.* Communicating Geographical Risks in Crisis Management: The Need for Research. **Risk Analysis**, v. 39, n. 1, p. 9–16, 2019.
- GUIMARÃES, R. C. **Gestão da Defesa Civil: uma expansão da infraestrutura de área de assentamento urbana e social na prevenção de desastres.** Trabalho de Conclusão de Curso da Escola Superior de Guerra. Rio de Janeiro, 2013.
- HALLER, S. The things in the internet of things. **Poster at the (IoT 2010)**. Tokyo, Japan, v. 5, n. 8, p. 26–30, nov. 2010.
- HASELKORN, M.; WALTON, R. The role of information and communication in the context of humanitarian service. **IEEE Transactions on Professional Communication**, v. 52, n. 4, p. 325–328, 2009.
- HENRIKSEN, H. J. *et al.* Participatory early warning and monitoring systems: A Nordic framework for web-based flood risk management. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 31, p. 1295–1306, jan. 2018.
- JOSEPH, J. K. *et al.* **Big data analytics and social media in disaster management.** [s.l.] Elsevier Inc., 2018.
- KUSER OLSEN, V. B. *et al.* An approach for improving flood risk communication using realistic interactive visualisation. **Journal of Flood Risk Management**, v. 11, p. S783–S793, 2018.
- LAI, C. H.; CHIB, A.; LING, R. Digital disparities and vulnerability: mobile phone use, information behaviour, and disaster preparedness in Southeast Asia. **Disasters**, v. 42, n. 4, p. 734–760, 2018.
- LIN, L. Integrating a national risk assessment into a disaster risk management system: Process and practice. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 27, p. 625–631, abr. 2018.
- MANTELLI, G. A. S. Dos Desastres socioambientais ao direito: fatores aplicáveis e breve quadro jurídico. **Revista Direito UFMS**, Campo Grande, MS, v. 4, p. 74–95, 2018.
- MARTINS, M. H. da M.; SPINK, M. J. P. O uso de tecnologias de comunicação de riscos de desastres como prática preventiva em saúde. **Interface (Botucatu)**, v. 19, n. 54, p. 503–514, 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-32832015000300503&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-32832015000300503&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 04 set. 2019.
- MELTZER, M.; ŞTEFĂNESCU, L.; OZUNU, A. Keep them engaged: Romanian county inspectorates for emergency situations' Facebook usage for disaster risk communication and beyond. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 5, 2018.
- MOLKA-DANIELSEN, J., PRASOLOVA-FORLAND, E., FOMINYKH, M., LAMB, K. Use of a

- Collaborative Virtual Reality Simulation for Multi-Professional Training in Emergency Management Communications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT, AND LEARNING FOR ENGINEERING-TALE, 2018; Woollongong, New South Wales, Austrália. **Proceedings** [...]. Wollongong: IEEE, 2018. p. 408-415.
- MONTEIRO, V.L.; EBERLE, V.L.B.C.; CONTINI, M. S. A internet das coisas (IOT): um estudo sobre os potenciais impactos em atividades do cotidiano. In: CONGRESSO OF INDUSTRIAL MANAGEMENT AND AERONAUTICAL TECHNOLOGY-CIMATEch, 4., 2017, São José dos Campos, SP. **Anais** [...]. São José dos Campos, 2017.
- MURAYAMA, Y.; YAMAMOTO, K. Research on disaster communications. In: IFIP TC 5 DCITDRR International Conference, 2 2017, Sofia, Bulgaria. **Proceedings** [...]. Sofia, Bulgaria, 2017. p. 1-11.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Improving Risk Communication**. Washington: National Academy Press, 1989.
- OLIVEIRA, E. L. DE A.; ROBAINA, L. E. DE S. Gerenciamento De Áreas De Risco Em Cidades Brasileiras: Projetos e Programas. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 366–384, 2015.
- POHLMANN, P.; PICCININI, L. S.; SILVA FILHO, L. C. P. da. Gerenciamento de Riscos: qual é o papel do planejamento urbano? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENTAC, 15., 2014, Maceió, AL. **Anais** [...]. Maceió, AL, 2014. p. 1518–1527.
- SHELLER, M. The islanding effect: Post-disaster mobility systems and humanitarian logistics in Haiti. **Cultural Geographies**, v. 20, n. 2, p. 185–204, 2013.
- SHUKLA, S. G.; TUNGAR, D. R. Internet of things: a survey. **IJIR**, v.3, n. 2, p. 263–268, 2017.
- SIM, T., HUNG, L.-S., SU, G.-W., CUI, K. Interpersonal communication sources and natural hazard risk perception: a case study of a rural Chinese village. **Natural Hazards**, v. 94, n. 3, p. 1307–1326, 2018.
- SIMON, T.; GOLDBERG, A.; ADINI, B. Socializing in emergencies: a review of the use of social media in emergency situations. **International Journal of Information Management**, v. 35, n. 5, p. 609–619, 2015.
- TAYLOR, M., WELLS, G., HOWELL, G., RAPHAEL, B. The role of social media as psychological first aid as a support to community resilience building. A Facebook study from “Cyclone Yasi Update”. **Australian Journal of Emergency Management**, v. 27, n. 1, p. 20–26, 2012.
- THORNTON, J.; DEANGELUS, M.; MILLER, B. A. Feedback-based social media filtering tool for improved situational awareness. In: SYMPOSIUM ON TECHNOLOGIES FOR HOMELAND SECURITY-HST, 2016. **Proceedings** [...]. IEEE, 2016.
- TYSHCHUK, Y.; WALLACE, W. A. Modeling Human Behavior on Social Media in Response to Significant Events. **IEEE Transactions on Computational Social Systems**, v. 5, n. 2, p. 444–457, 2018.
- UNISDR. **Terminology on disaster risk reduction**. Geneva, Switzerland: UNISDR, 2009. Disponível em: [https://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf). Acesso em: 04 set. 2019.
- WANG, B.; ZHUANG, J. Rumor response, debunking response, and decision makings of misinformed Twitter users during disasters. **Natural Hazards**, v. 93, n. 3, p. 1145–1162, 2018.
- WELLINGTON, J.; RAMESH, P. Role of Internet of Things in disaster management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIONS IN INFORMATION, EMBEDDED AND COMMUNICATION SYSTEMS, ICIECS, 2017, Coimbatore. **Proceedings** [...]. Coimbatore, 2018. p. 1–4.
- YU, M. *et al.* Communication related health crisis on social media: a case of COVID-19 outbreak. **Current Issues in Tourism**, p. 1–7, 2020.

# USO DA BACIA-ESCOLA NA REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES: UMA ABORDAGEM SOCIO-HIDROLÓGICA

Masato Kobiyama<sup>1</sup>

Franciele Maria Vanelli<sup>2</sup>

Hannah Uruga Oliveira<sup>3</sup>

Sofia Melo Vasconcellos<sup>4</sup>

Karla Campagnolo<sup>5</sup>

Mariana Madruga de Brito<sup>6</sup>

Luana Lavagnoli Moreira<sup>7</sup>

## 1 Introdução

Em todo o globo, perigos, sejam naturais ou tecnológicos, causam impactos econômicos, sociais e/ou ambientais podendo resultar em desastres. Como desastres envolvem a interface entre fatores sociais e naturais, e até mesmo tecnológicos, eles podem ser analisados sobre diferentes perspectivas e múltiplas abordagens. Assim, os desastres são definidos e classificados diferentemente por diversas instituições, como Below, Wirtz e Guha-Sapir (2009), Ministério da Integração Nacional (2016), UN (2016), dentre outros.

De maneira geral, os desastres naturais são definidos como o resultado da ocorrência de evento perigoso decorrente de fenômenos naturais em locais com a presença do ser humano (Figura 1). Caso ocorra um perigo natural e não houver vulnerabilidade no lugar, por exemplo em uma área desabitada, não há ocorrência de desastre natural. Quando não há atividade humana no ambiente, os fenômenos naturais são meros fenômenos, visto que ninguém está suscetível aos perigos.

Utilizando os dados disponíveis no *Emergency Disaster Data Base* (EM-DAT) do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), Kobiyama *et al.* (2010a) demonstraram que, dentre todos os tipos de desastres naturais, os desastres hidrológicos (inundações e movimentos de massa úmida) são os que causam mais danos tanto no Brasil quanto no mundo. Entre 2000 e 2010, os desastres relacionados à água, tais como inundações, secas, tempestades, ciclones, tempestades convectivas e tsunamis, corresponderam a 90% de todos os desastres naturais, 96% das pessoas afetadas (2,4 bilhões) e 76% dos prejuízos econômicos (aproximadamente 1 trilhão de dólares) causados por catástrofes naturais em todo o mundo (GOPALAKRISHNAN,

---

1 Professor, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br.

2 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: franvanelli@yahoo.com.br.

3 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: hannaholiv@gmail.com.

4 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: sofia.m.vasconcellos1009@gmail.com.

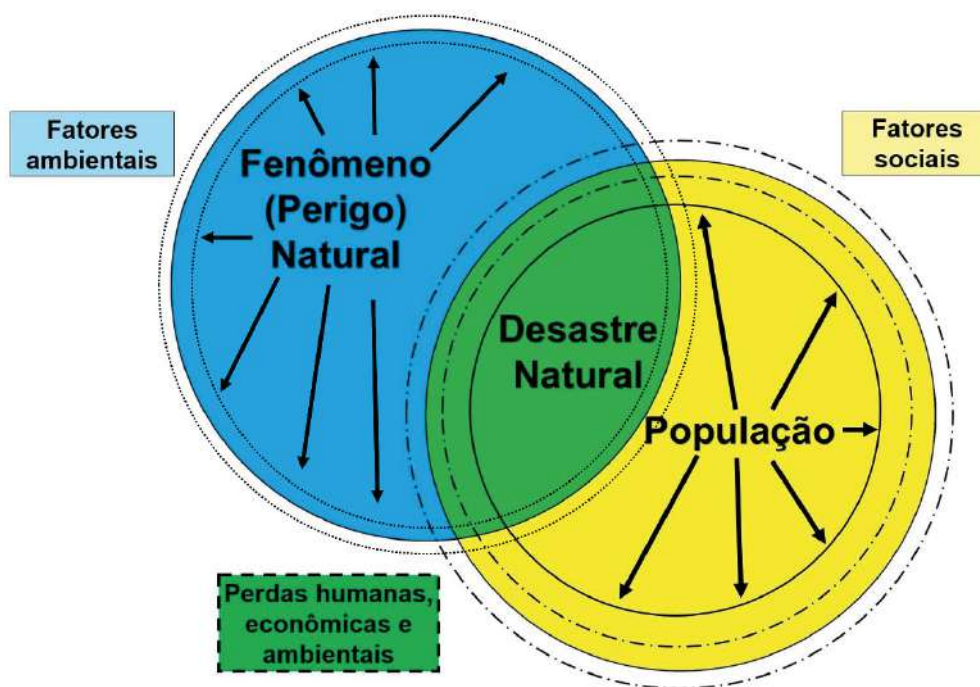
5 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: kbcampagnolo@gmail.com.

6 Pesquisadora de pós doutorado, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Alemanha. E-mail: mmdb@outlook.com

7 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: lavagnoliluana@gmail.com.



2013; MUNICH RE, 2018). Isso justifica a importância da compreensão da hidrologia na redução dos desastres (KOBAYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).



**Figura 1.** Desastre natural como resultado da interação entre a população e os eventos perigosos decorrentes de fenômenos naturais que gera impactos sociais, econômicos e/ou ambientais.

Além dos desastres diretamente relacionados à água, ela também influencia na ocorrência de outros desastres. De fato, o avanço da geofísica explica que a explosão de vulcões normalmente ocorre devido ao aumento de pressão de vapor de água (WALOWSKI *et al.*, 2015). O movimento abrupto das placas tectônicas na zona de subducção, o qual ocasiona terremotos e tsunamis, é acionado pelo efeito de água na litosfera. Já as secas ocorrem devido à escassez de água por longos períodos. Assim sendo, pode-se dizer que a maioria dos desastres naturais possui relação direta ou indireta à água (GOPALAKRISHNAN, 2013), o que obriga a sociedade avançar seu conhecimento no estudo da água.

O estudo de água pode ser chamado literalmente de “hidrologia”, que é uma combinação de dois termos gregos: ὕδωρ (hydor)=“água” e λόγος (logos)=“estudo”. Essa ciência vem evoluindo ao longo da história humana. A importância de aprofundar conhecimentos sobre a água vai além da compreensão de seus efeitos como causa de desastres. É relevante avançar esse conhecimento também no contexto de gestão de risco e de desastres naturais. Independentemente do tipo de desastre, uma das atividades mais críticas na fase de resposta ao desastre refere-se ao fornecimento de água potável às vítimas.

Dentro deste contexto, o presente capítulo assume como premissas que: (i) ao focar no estudo de desastres naturais é necessário reconhecer a interface entre os fatores sociais e naturais que desencadeiam os mesmos; (ii) os conhecimentos sobre a água são relevantes independentemente do tipo de desastre natural; e (iii) compreender as interações bidirecionais entre a água e a sociedade pode apoiar a gestão integrada dos recursos hídricos e dos desastres naturais. Portanto, o objetivo do presente capítulo é demonstrar a importância da ciência da água com base nos conceitos e aspectos de sociologia, hidrologia e socio-hidrologia. Para avançar ainda mais o conhecimento sobre a água e suas interações, o uso da bacia-escola é indispensável visto que esse instrumento de ciência cidadã incentiva a participação dos cidadãos, reaproximando-

os do ambiente que os cerca e por meio de atividades de educação ambiental realiza uma troca de conhecimentos científicos e populares. Por fim, a combinação e a interação entre os conceitos de bacia-escola, socio-hidrologia e ciência cidadã são discutidas no contexto da gestão integrada de recursos hídricos e de desastres naturais.

## 2. Sociologia, hidrologia e socio-hidrologia

*Ninguém pode ser realmente mestre em qualquer ciência a menos que estude sua história especial (Auguste Comte).*

### 2.1 Sociologia

Não é fácil rastrear o nascimento de uma ideia, uma ciência, e uma disciplina (TAYLOR, 1981). Conforme Stolley (2005), a sociologia está enraizada nas obras de filósofos como Platão (427-347 A.C.), Aristóteles (384-322 A.C.) e Confúcio (551-479 A.C.). Wright (2009) manifesta que uma ciência que trata da sociedade, como está atualmente praticada, foi “inventada” por pessoas práticas que buscavam soluções para os problemas sociais urgentes de sua época. A sociologia era um empreendimento (negócio) aplicado muito antes de ser desenvolvida como uma disciplina científica básica.

O objeto central de estudo da sociologia é a sociedade. Ritzer (2010) define a sociedade como um sistema integrado de estruturas e funções sociais. Segundo Little (2013), a sociedade é um grupo de pessoas cujos membros interagem, residem em uma área definível e compartilham uma cultura. Já para Stolley (2005), uma sociedade consiste em pessoas que interagem e compartilham uma cultura comum.

Neste capítulo, o termo sociedade é definido como o grupo das pessoas que interagem e possuem suas funções e estruturas. Quando essa sociedade perde pessoas e/ou funções e/ou estruturas, ela reconhece a ocorrência de um tipo de desastre e tenta reduzir a consequência danosa. Portanto, é esperado o desenvolvimento de um ramo da sociologia denominado Sociologia de Desastres, com estudos como de Quarantelli (2001), Perry e Quarantelli (2005), Valencio *et al.* (2009), Arcaya, Raker e Waters (2020).

Por sua vez, o termo sociologia também possui diversas definições. Isso resulta do fato que a sociologia é uma disciplina diversa e pluralista (SCOTT, 2006). Giddens e Sutton (2009) definem a sociologia como o estudo científico da vida humana, grupos sociais, sociedades inteiras e o mundo humano. Para Stolley (2005), a sociologia é o estudo científico do desenvolvimento, estrutura, interação e comportamento coletivo das relações sociais. Resumidamente, a sociologia pode ser a ciência da sociedade.

No decorrer do século XIX, a pesquisa social empírica tornou-se um esforço regular e organizado. A maior parte foi centrada na questão social e intimamente ligada a agências governamentais e movimentos de reforma (GOUDSBLOM; HEILBRON, 2015). Na década de 1830, ocorreram duas publicações marcantes na história das ciências sociais: uma de autoria de Adolphe Quetelet e outra de Auguste Comte.

Embora Adolphe Quetelet (1796-1874), astrônomo e estatístico belga, seja raramente mencionado nas histórias modernas do desenvolvimento das ciências sociais, ele é considerado um dos cientistas sociais mais influentes do século XIX (WRIGHT, 2009). Quetelet considerou as crescentes técnicas de estatísticas como a base adequada para estudar a sociedade (GOUDSBLOM; HEILBRON, 2015), e publicou o famoso livro “*Sur l’homme et le développement de ses facultés, ou essai de physique sociale* (= Sobre homem: Ensaio de Física Social)” em 1835. A palavra física é de origem grega e significa natureza, assim a física social pretendia explicar a natureza da sociedade. Essa perspectiva foi motivada pelo contexto histórico e influência da filosofia positivista. Aubin (2014)

considera esse livro como uma das obras fundadoras da sociologia. Camargo (2009) também avalia a contribuição de Quetelet para a sociologia como relevante.

Auguste Comte (1798-1857) havia inicialmente chamado sua abordagem para o estudo da sociedade de “física social”, apesar da influência pela filosofia positivista, seu estudo era desprovido de elementos quantitativos. No entanto, quando Quetelet adotou o termo “Física Social”, Comte o abandonou por medo de ser considerado apenas um seguidor (GIDDENS; SUTTON, 2009). Assim, Comte criou o termo “sociologia” (JAHODA, 2015). Sendo creditado com a invenção do termo sociologia, Comte é considerado criador de uma espécie de sociologia ou o primeiro sociólogo (WRIGHT, 2009; JAHODA, 2015).

Ao realizar uma série de palestras sobre a Filosofia Positiva, Comte publicou uma obra sobre esse tema com 6 volumes no período de 1830-1842. Nessa ocasião, ele criou o termo sociologia em 1838 (BRANFORD, 1903; TAYLOR, 1981). Para formar a palavra “*sociologie*” em seu livro, Comte juntou um radical latino, um sufixo grego e a grafia francesa. Segundo Osawa (2019) alguns pesquisadores ridicularizaram a criação do termo devido ao uso de expressões de diferentes origens. Assim, em termo de nomes das ciências, inicialmente foi criado a “Física Social”, e logo depois, nasceu o nome Sociologia. Isso implica que na fase inicial do desenvolvimento da sociologia moderna, buscou-se o uso de abordagens quantitativas.

Hoje, as teorias sociológicas são, em muitos casos, ensinadas sem referência à matemática. Entretanto, o avanço das ciências sociais pode ser acelerado se os recursos das duas áreas pudessem ser integrados no desenvolvimento da pesquisa baseada na teoria (ALLEN, 1981). Segundo Edling (2002), a sociologia matemática foi firmemente estabelecida na década de 1960, e desde então, ela vem se desenvolvendo. Uma característica distintiva do uso atual da matemática na sociologia é o movimento em direção a uma síntese entre processo, estrutura e ação.

Skvoretz e Fararo (2011) explicam que a sociologia matemática une a matemática e a sociologia para promover a compreensão científica das estruturas e processos sociais. Dentro da ampla arena da sociologia, está naquele canto definido por uma orientação generalizante, pela crença de que uma ciência das ordens sociais é possível, por um compromisso com uma derivação lógica de regularidades empíricas de axiomas ou suposições formalmente declaradas, e por uma preocupação com a integração e unificação da teoria sociológica.

Assim sendo, pode-se dizer que a sociologia matemática ou a sociologia com abordagem matemática tem grande facilidade de trabalhar junto com quaisquer ciências naturais e engenharias. Dessa forma, métodos quantitativos são cada vez mais comuns na sociologia, onde princípios de metodologia quantitativa interpretativa são utilizados para a triangulação de resultados focando em múltiplas perspectivas, tais como Freese (2007), Babones (2015), De Brito, Evers e Höllermann (2017).

## 2.2 Hidrologia

No seu livro “História de hidrologia”, Biswas (1970) comenta que é difícil saber quando e onde começou a hidrologia. Entretanto, as primeiras obras da hidrologia podem ser encontradas nas grandes civilizações antigas, às margens dos rios Tigre e Eufrates (Mesopotâmia), Nilo (Egito), Indus (Índia), e Amarelo (China). Desde então, a sociedade vem tentando gerenciar os recursos hídricos com conhecimentos técnicos-científicos relacionados à hidrologia.

Durante o monitoramento de chuva e vazão no rio Sena, em Paris, o advogado francês Pierre Perrault (1608-1680) concluiu que a vazão do rio Sena não resultou da água subterrânea oriunda do mar, mas sim da água da chuva, e publicou o livro “De

*l'origine des fontaines*" (A origem das fontes) em 1674 (BARONTINI; SETTURA, 2020). Avaliando esse trabalho como o primeiro da hidrologia quantitativa, a UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) considera que a hidrologia moderna científica iniciou em 1674 (NACE, 1969). No entanto, o seu desenvolvimento como ciência quantitativa foi mais intenso a partir da década de 1930 (HORTON, 1931).

Na década de 1950, a crise hídrica foi intensificada, especialmente, devido à escassez de água no mundo. Assim, a UNESCO estabeleceu o Comitê de Zona Árida. Já em 1965, a UNESCO iniciou a Década Internacional de Hidrologia (*International Hydrological Decade* – IHD) com o objetivo geral de acelerar o estudo científico dos recursos e regimes hídricos, a fim de melhorar a conservação, a gestão e o uso da água (NACE, 1969). Antes de iniciar a IHD, a UNESCO definiu:

"A hidrologia é a ciência que lida com a água da Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição no planeta, suas propriedades físicas e químicas e sua interação com o ambiente físico e biológico, incluindo suas respostas para a atividade humana. A hidrologia é o campo que cobre a inteira história do ciclo da água na terra." (UNESCO, 1964)

Essa definição de hidrologia inclui "respostas às atividades humanas". Assim, de acordo com Vanelli e Kobiyama (2019), o conceito de hidrologia considera a influência unidirecional da sociedade sobre a água. Entretanto, os autores destacam que essa definição não é clara quanto a influência da água no ser humano, ou seja, não responde a pergunta "Como a sociedade se relaciona com a água?".

Devido ao sucesso da IHD e também à continuação da crise hídrica, a UNESCO iniciou o Programa Internacional de Hidrologia (*International Hydrological Programme* – IHP) em 1975. Atualmente, o IHP está na fase VIII, dedicando-se à segurança hídrica. Segundo Jimenez-Cisneros (2015), a segurança hídrica é a capacidade de uma população para salvaguardar o acesso a quantidades adequadas de água, com qualidade aceitável para a manutenção da saúde humana e dos ecossistemas, em uma base de bacias hidrográficas, para garantir uma proteção eficaz da vida e da propriedade contra os perigos relacionados com a água. É notável então como o IHP se preocupa com a sociedade e que pretende contribuir ao desenvolvimento social.

A fase VIII possui os seguintes temas: (i) desastres relacionadas à água e mudança hidrológica; (ii) água subterrânea no ambiente alterando; (iii) medidas para escassez e qualidade da água; (iv) água e assentamentos humanos do futuro; (v) ecohidrologia e engenharia harmônica para o mundo sustentável; e (vi) educação sobre a água. A partir desses temas, busca-se resolver problemas hídricos em nível internacional e consequentemente garantir a qualidade de vida da população mundial. Portanto, a aplicação da hidrologia vem sendo cada vez mais importante em diversos setores.

Uma das principais comunidades da hidrologia em nível internacional é a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (*International Association of Hydrological Sciences* – IAHS) que é uma das oito associações que integram a União Internacional de Geodésia e Geofísica (*International Union of Geodesy and Geophysics* – IUGG). Inicialmente a IAHS se chamava Associação Internacional de Hidrologia Científica (*International Association of Scientific Hydrology* – IASH) que foi fundada em 1922 e mudou seu nome para o atual em 1971.

A IAHS vem realizando um programa de décadas científicas. O título de *IAHS Scientific Decade 2003–2012* foi "Predições em bacias hidrográficas sem monitoramento (*Predictions in Ungauged Basins* – PUB)" (HRACHOWITZ *et al.*, 2013). Os objetivos dessa década eram: (i) melhorar a capacidade de modelos hidrológicos existentes para prever

em bacias não monitoradas com incerteza reduzida; e (ii) desenvolver modelos novos e inovadores que representam a variabilidade espaço-temporal dos processos hidrológicos e aumentar a confiança nas previsões em tais bacias. Esses objetivos denotam que essa década não se preocupava diretamente com a população e a sociedade. Com base no resultado obtido na Década 2003-2012 e também devido à demanda atual da sociedade, a IAHS definiu a atual Década Científica (2013–2022), com o tema principal é “*Panta Rhei — Everything Flows*”: *Change in hydrology and society* (MONTANARI *et al.*, 2013).

Nessa Década Científica, os principais conceitos são: (i) os seres humanos são uma parte importante do sistema, portanto é necessário estudar o acoplamento bidirecional entre seres humanos e natureza (socio-hidrologia) dentro de um quadro mais abrangente; (ii) a coevolução dos sistemas hidrológicos e conectados (incluindo a sociedade) precisa ser reconhecida e modelada com uma abordagem adequada, a fim de prever sua reação à mudança; (iii) os processos hidrológicos determinam a relação entre o ambiente e os seres humanos, assim a mudança hidrológica é vital para a sociedade, bem como ao próprio ambiente; (iv) tal mudança resulta da forte imposição da variabilidade natural e também dos efeitos induzidos pelo homem (sociedade); (v) avanços na hidrologia estão recentemente limitados pelas técnicas de medição disponíveis, a comunidade deve, portanto, ser proativa na elaboração de estratégias de monitoramento inovadores, buscando vantagens das novas tecnologias e novas gerações de dados; e (vi) a ciência deve necessariamente avançar em uma abordagem interdisciplinar.

Diferente da Década Científica anterior, a atual demonstra a grande disposição de estudar a sociedade, apresentando o nome da ciência socio-hidrologia. Montanari *et al.* (2013) considera a socio-hidrologia como palavra-chave dessa Década. Portanto, pode-se dizer que, tanto na comunidade administrativa, como a UNESCO, quanto na comunidade científica, como IAHS, a hidrologia no mundo vem fortemente investigando a relação entre a sociedade e a água. Observando essa tendência mundial, Kobiyama, Goerl e Monteiro (2018) comentaram a busca pela integração entre a hidrologia e a sociologia, ou expansão da hidrologia em direção às ciências sociais ou ainda a interdisciplinarização da hidrologia.

### 2.3 Socio-hidrologia

Apesar da influência entre a sociedade e a água ocorrer mutuamente, existem limitações entre as ciências, de modo que as barreiras entre hidrologia e sociologia dificultam a compreensão dessas interações bidirecionais (VANELLI; KOBİYAMA, 2019). Enquanto, o objeto de estudo da hidrologia é a água em termos quantitativos e qualitativos, a sociologia tem a sociedade como objeto de estudo, assim de acordo com Vanelli e Kobiyama (2019) a socio-hidrologia deve avançar com base nos conhecimentos de ambas as ciências para melhor compreensão de seu objeto de estudo.

Respeitando as relações mútuas entre os seres humanos e a natureza na formação do sistema, as ciências sociais também devem se expandir na direção das ciências naturais, como a hidrologia. Corroborando com esta ideia, Sivapalan (2018) comentaram que a hidrologia está evoluindo junto com a evolução do ser humano e da sociedade. Com o intuito de compreender melhor os sistemas hídricos, em 2012, Murugesu Sivapalan, Hubert Savenije e Günter Blöschl convidaram a comunidade científica focada na “hidrologia tradicional” para “uma nova ciência” chamada socio-hidrologia (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012). Estes autores explicaram a diferença entre a hidrologia tradicional e a socio-hidrologia: na hidrologia tradicional as atividades de gestão dos recursos hídricos induzidas pelo homem são prescritas como forças externas na dinâmica do ciclo hidrológico, enquanto que na socio-hidrologia, os seres humanos

e suas ações são considerados parte e parcela da tal dinâmica. Assim, eles propuseram a socio-hidrologia como um conceito que visa entender a dinâmica e a co-evolução dos sistemas hídricos e os seres humanos. Dessa maneira, nos últimos anos pesquisadores têm questionado a confiabilidade e a relevância prática de sofisticados modelos matemáticos usados em hidrologia nas quais as dimensões humanas e suas interações com os recursos hídricos são negligenciadas (MADANI; SHAFIEE-JOOD, 2020).

Na comunidade internacional da hidrologia, a publicação de Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012) é considerada o ponto inicial da popularização da socio-hidrologia. Entretanto, criticando Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012), Sivakumar (2012) comentou que, a socio-hidrologia não é uma nova ciência e sim apenas a renomeação da ciência hidro-sociologia que Falkenmark (1979) propôs na década de 1970. De fato, o comentário de Sivakumar (2012) é bem qualificado, pois Falkenmark (1979) definiu a hidro-sociologia como o estudo de interações do sistema água-humano.

Existem diversos trabalhos que discutem as semelhanças e diferenças entre a socio-hidrologia e a hidro-sociologia, por exemplo, Sivakumar (2012) e Pande e Sivapalan (2017). Para estudar a socio-hidrologia, Pande e Sivapalan (2017) enfatizaram a necessidade de considerar as interações bidirecionais entre os sistemas água - ser humano para interpretar e compreender enigmas, paradoxos e consequências não intencionais que surgem no contexto do gerenciamento dos sistemas acima mencionados. Esta característica, segundo estes autores, distingue a socio-hidrologia de outras disciplinas relacionadas, como a hidro-sociologia e a hidro-economia, que também estudam explicitamente os mesmos sistemas.

Essa discussão em relação à diferença científica se assemelha bastante com a discussão feita no caso da eco-hidrologia e hidro-ecologia (KUNDZEWICZ, 2002; ZALEWSKI, 2002). Como Kundzewicz (2002) apresentou, a eco-hidrologia e a hidro-ecologia são conceitualmente iguais, pois ambas as ciências tratam das interações entre os processos hidrológicos e ecológicos.

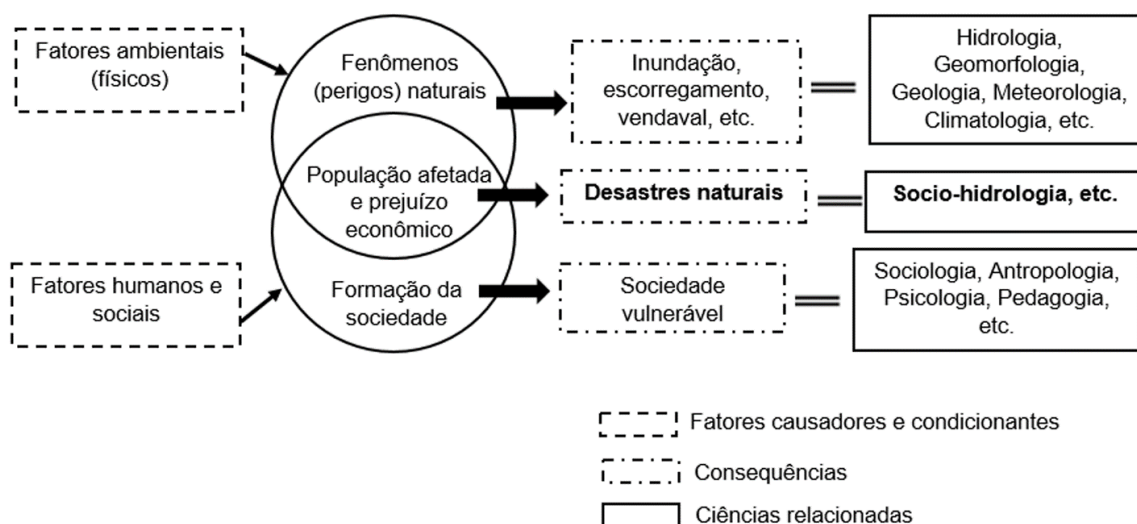
Com base neste exemplo, pode-se dizer que a ciência em si é importante, entretanto o nome dado a ela não é muito relevante, pois a existência dela independe dos conceitos. Assim, embora a discussão sobre semelhança ou diferença entre nomes como eco-hidrologia e hidro-ecologia ou socio-hidrologia e hidro-sociologia forneça uma melhor compreensão dos conceitos, a discussão em si não gera novidade científica. Então, o presente estudo continua usando o termo socio-hidrologia.

Embora existam diferentes conceitos e metas relacionados à socio-hidrologia, o seu princípio deve ser os estudos sobre a interação entre a sociedade e a água, e também a coevolução dos sistemas da sociedade e da água. Entretanto, essa consideração está em um sentido estrito. Ampliando seu sentido, a importância da socialização da hidrologia deve receber mais atenção na comunidade científica. Para tal socialização é fundamental popularizar a hidrologia na sociedade, fazendo com que a sociedade tenha consciência de como a dinâmica da água afeta a sua rotina e desenvolvimento. Além disso, é importante obter metas sociais em cada ciência. Então, no caso da hidrologia, sua meta principal poderia ser reduzir os problemas socioambientais, ou seja, os desastres (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).

A Figura 2 demonstra o mecanismo da ocorrência de desastres naturais e as funções de várias ciências. O estudo da hidrologia tradicional, geomorfologia, dentre outras ciências naturais é fundamental para a compreensão dos processos físicos que desencadeiam os perigos naturais. Da mesma maneira, a compreensão dos fatores que tornam uma sociedade vulnerável à esses perigos, torna essencial o estudo da sociologia, antropologia, dentre outras ciências sociais. Considerando os desastres naturais resultado da interação entre os fatores sociais e naturais, as ciências e os métodos inter

e transdisciplinares, como a socio-hidrologia, que abrangem tanto os aspectos físicos como os sociais são os mais adequados para o estudo dos desastres naturais.

Assim, além de estudar a interação entre a sociedade e a água e a coevolução dos sistemas da água e da sociedade, como a meta da socio-hidrologia de senso-estrito, os hidrólogos precisam socializar esta ciência na comunidade local onde ocorrem frequentemente desastres naturais. A socialização da hidrologia afeta diretamente no sistema água-homem, pois, com conhecimento, as pessoas terão um comportamento mais adequado com relação a água.

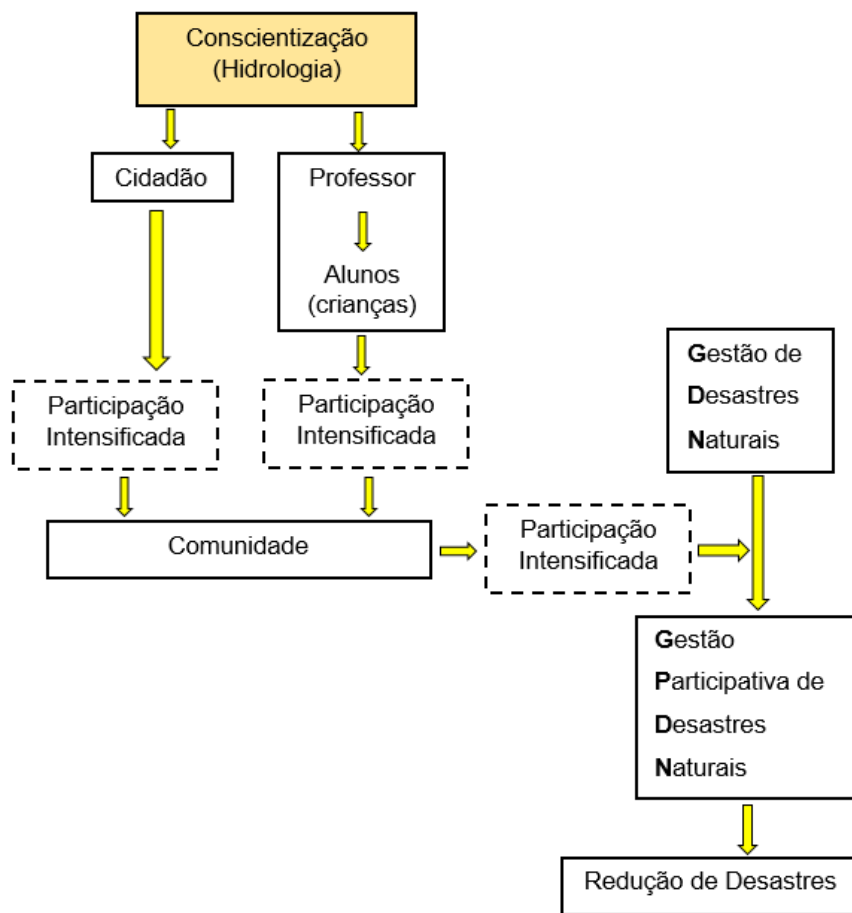


Fonte: Kobiyama, Goerl e Monteiro (2018).

**Figura 2.** Ocorrência de desastres e ciências relacionadas.

Um dos exemplos da socialização da hidrologia no contexto de gerenciamento de desastres naturais é o projeto de extensão universitária, intitulado "Aprender hidrologia para prevenção de desastres naturais", o qual tem sido executado pelo Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) ([www.ufrgs.br/gpden](http://www.ufrgs.br/gpden)) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) desde 2013. O referido projeto é uma continuação do mesmo projeto realizado pelo Laboratório de Hidrologia (LabHidro) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no período de 2006-2012 (KOBİYAMA *et al.*, 2007b, 2009b, 2010b).

As atividades principais desse projeto são: (i) produzir materiais didáticos para o entendimento e a aplicação da hidrologia pelas comunidades para prevenção de desastres naturais; e (ii) realizar cursos, encontros, e seminários junto com prefeituras, escolas, associações, etc., a fim de conscientização sobre a importância da hidrologia na sociedade. Por meio da popularização e socialização da hidrologia na comunidade, este projeto pretende fortalecer a comunidade em termo de conhecimentos técnico-científicos sobre a água. A comunidade fortalecida poderá opinar a entidades públicas, conseguindo realizar uma verdadeira gestão participativa de risco e de desastres (Figura 3).



Fonte: Kobiyama *et al.* (2009b).

**Figura 3.** Efeito da conscientização na gestão participativa de desastres naturais.

Kuraji (2007) traçou um panorama da história e da situação atual da hidrologia florestal no Japão e no mundo, e explicou suas características e limitações. Mostrando a situação atual em que a hidrologia florestal não consegue responder às diversas demandas que a sociedade exige, o autor enfatizou a necessidade de se criar uma nova ciência, provisoriamente chamada de Socio-hidrologia Florestal. Também definiu a socio-hidrologia Florestal como a ciência que possui conhecimentos em ciências naturais e ciências humanas/sociais, os constrói de forma inter e transdisciplinar, valoriza as experiências de campo e realiza a produção de conhecimento com base na comunicação com a política, as comunidades e os cidadãos.

Com base nessa definição da socio-hidrologia florestal, Kuraji (2007) propôs alguns papéis importantes dessa ciência a fim de melhorar ecossistemas florestais e fluviais: (i) apoiar os cientistas no estudo dos serviços ecológicos florestais e fluviais, no estabelecimento de suas teorias e na publicação de seus livros; (ii) promover aos cientistas a inovação de práticas adequadas de manejo florestal e fluvial de forma a obter serviços ecológicos; (iii) oferecer aos tomadores de decisão muitas informações úteis sobre o manejo florestal-fluvial por ter seus serviços ecológicos; e (iv) construir o manejo comunitário participativo da floresta e do rio através da conexão entre as cabeceiras e os residentes a jusante, promovendo mais as ciências humanas/sociais. Salienta-se aqui que essas ideias já tinham sido apresentadas em Kuraji (2003), mesmo não utilizando o nome de socio-hidrologia. A visão de Kuraji (2003, 2007) sobre a socio-hidrologia é que esta deve ser baseada na sociedade comum, e não na comunidade



científica. Já que o nome da ciência possui o termo “socio-”, a ciência deve ser avaliada no ponto de vista de cidadãos.

Considerando a manifestação de Kuraji (2003, 2007), a socio-hidrologia pode ser definida como uma ciência que estuda as interações entre a sociedade (comportamentos, estruturas e funções sociais) e a água (os processos hidrológicos) e que se populariza e se socializa à sociedade. Com base na frase famosa do 16º presidente norte-americano Abraham Lincoln em Gettysburg (Pennsylvania, EUA) em 1863, “*Government of the People, by the People, and for the People*”, pode-se dizer que a socio-hidrologia tem que ser uma ciência da sociedade, pela sociedade e para a sociedade. Esse pensamento possibilitará obter a verdadeira socio-hidrologia.

Existem diversas críticas científicas contra a socio-hidrologia. Madani e Shafiee-Jood (2020) apresentaram os estudos populares e consolidados na comunidade científica: sistemas humanos e naturais acoplados (*coupled human and natural systems* - CHANS) e sistema socioecológico (*socio-ecological system* - SES) e também demonstraram muitos estudos antigos que tratavam as interações do sistema humano-água. Com isso, esses autores questionam a socio-hidrologia em diversos aspectos: o que a torna uma ciência, quais são suas contribuições efetivas, quais são os limites de estudo, dentre outros questionamentos. A crítica construtiva de Madani e Shafiee-Jood (2020) avançará ainda mais a socio-hidrologia e aumentará a popularidade dessa ciência.

Comentando quais questões modernas relacionadas com recursos hídricos forçaram a adaptação de pontos de vista das ciências exatas em direção a um contexto interdisciplinar, McCurley e Jawitz (2017) analisaram a tendência internacional das diversas áreas da hidrologia por meio do uso do termo “Hidrologia Hifenizada (*Hyphenated hydrology*)”, onde seu destaque foi a socio-hidrologia.

Na literatura, além da socio-hidrologia, existem diversas hidrologias com aspectos sociais, por exemplo, hidromitologia e etno-hidrologia (BACK, 1981), socio-ecohidrologia (FALKENMARK; FOLKE, 2002), hidroeconomia (HAROU *et al.*, 2009), e hidropsicologia (SIVAKUMAR, 2011). Também há com as ciências exatas, por exemplo, astro-hidrologia (MAGGI; PALLUD, 2012), eco-hidrologia (KUNDZEWICZ, 2002), hidroclimatologia (MATHER, 1991), hidro-geologia (HOWDEN; MATHER, 2012), hidrogeomorfologia (SCHEIDEGGER, 1972), e hidro-meteorologia (PECK, 1978).

Cada ciência está avançando e naturalmente criando suas sub-áreas, o que é bastante similar à tendência da hidrologia. No entanto, observa-se que muitas ciências e tecnologias vêm sendo direcionadas para a questão social. Isso causa uma tendência de ter ciência hifenizada com o termo “socio-”. Por exemplo, socio-ecologia (KEPPELER; PEREIRA, 2003), socio-geomorfologia (ASHMORE, 2015; MOULD; FRYIRS; HOWITT, 2018), socio-hidráulica (KOBAYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018) e a socio-tecnologia (HELLER, 1997; SHARPLES *et al.*, 2002)

## 2.4 Unidade ideal na hidrologia e socio-hidrologia

Bakker (2002), que tentou propor diversas maneiras da mercantilização de água na Espanha, apresentou o conceito do ciclo hidrossocial (*hydrosocial cycle*) que consiste na consideração de uma complexa rede de tubulações, legislações de água, medidores de água, consumidores, que representam a sociedade, bem como precipitação, evaporação e vazão no rio (ciclo hidrológico convencional).

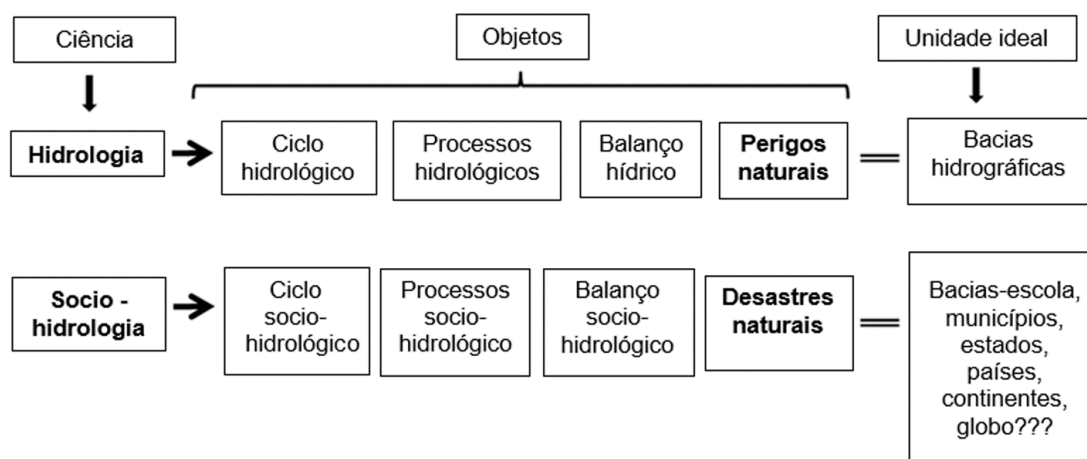
Avançando ainda mais o conceito do ciclo hidrossocial, Swyngedouw (2009), Budds, Linton e McDonnell (2014) e Linton e Budds (2014) definiram o ciclo hidrossocial como um processo socionatural pelo qual a água e a sociedade se formam e se refazem no espaço e no tempo, e propuseram o uso desse ciclo como uma ferramenta analítica

para investigar as relações entre a água e a sociedade. Então, a socio-hidrologia deve utilizar o conceito do ciclo hidrossocial ao invés do ciclo hidrológico. Nota-se que esse conceito foi criado por pesquisadores da área de ciências sociais. Se tal conceito nascesse a partir da hidrologia, poderia nascer o termo “ciclo socio-hidrológico” (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).

No caso do estudo tradicional do ciclo hidrológico pela hidrologia, a bacia hidrográfica, a qual Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) definiram como uma região sobre a terra, onde o escoamento superficial em qualquer ponto converge para um único ponto fixo (exutório), é a unidade ideal de análise do mesmo. Em nível de bacia hidrográfica, o balanço hídrico pode ser calculado.

Considerando que a socio-hidrologia enfoca nas interações bidirecionais do sistema água - ser humano, deve-se repensar se as delimitações físicas são suficientes. As estruturas políticas, como legislações, as culturas, as estruturas sociais, instituições econômicas, dentre outros aspectos que se relacionam com a sociedade, possuem suas próprias delimitações. Essas delimitações, inclusive podem ser distintas entre si: a delimitação territorial político-administrativa – bairro, município, estado, país – pode, por exemplo, apresentar distintas bacias hidrográficas e diferentes grupos étnicos.

A inclusão do ser humano como endógeno ao sistema hídrico exige criar outra unidade ideal no estudo do ciclo socio-hidrológico da socio-hidrologia. Essa unidade não necessariamente é o município, nem estado nem país e, caso necessário, pode ser continente ou até o globo. Os pesquisadores precisam urgentemente discutir a unidade ideal da socio-hidrologia e do ciclo socio-hidrológico (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018). No entanto, o envolvimento da sociedade considerando os limites das bacias hidrográficas também é necessário. Neste caso, a bacia-escola (KOBİYAMA *et al.*, 2009a) desempenha um papel importante na socio-hidrologia. Assim, a hidrologia tradicional e a socio-hidrologia tratam dos diferentes objetos e, conseqüentemente, das suas unidades ideais (Figura 4).



Fonte: Kobiyama *et al.* (2018).

**Figura 4.** Comparação entre a hidrologia e a socio-hidrologia.

No planejamento de recursos hídricos, a estimativa do balanço hídrico é essencial. No caso da socio-hidrologia, o balanço hídrico também deve ser investigado. Entretanto, caso se queira mensurar ou estabelecer parâmetros quantitativos para o balanço de massa e energia na unidade de análise socio-hidrológica, deve-se adotar outra unidade de medida ao invés do milímetro ou m<sup>3</sup> ou outras unidades tradicionalmente utilizadas na hidrologia.

Nessa situação, a introdução do conceito de eMergia proposto por Odum (1996) pode ser uma das alternativas para calcular o balanço socio-hidrológico já que, segundo Odum, Brown e Brandt-Williams (2000), a eMergia é uma medida universal da prosperidade real do trabalho da natureza e da sociedade feita em uma base comum. Visto que nem a unidade de análise nem os parâmetros de mensuração estão estabelecidos, necessita-se ainda de muitas pesquisas científicas a fim de avançar a socio-hidrologia (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).

### 3 Bacia-escola

#### 3.1 Conceito e histórico

De acordo com a revisão de Kobiyama *et al.* (2019b), a primeira pessoa a empregar o termo “bacia-escola” foi o Prof. Dr. Geraldo Silveira no ano 2000, em uma proposta de projeto científico na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). No entanto, somente em Silveira (2001) que o conceito de bacia-escola foi explorado com maior detalhamento e definido como uma ferramenta didática para formação da população quanto aos aspectos hidrológicos.

Após os trabalhos pioneiros do professor Geraldo Silveira, diversos pesquisadores no Brasil iniciaram a utilizar esse termo em pesquisas científicas e projetos de extensão. Pela sua relevância, Mendiondo (2002b) inseriu a estratégia de bacia-escola na Gestão Ambiental Integrada de Águas Urbanas como um conceito inovador para solucionar problemas de drenagem urbana.

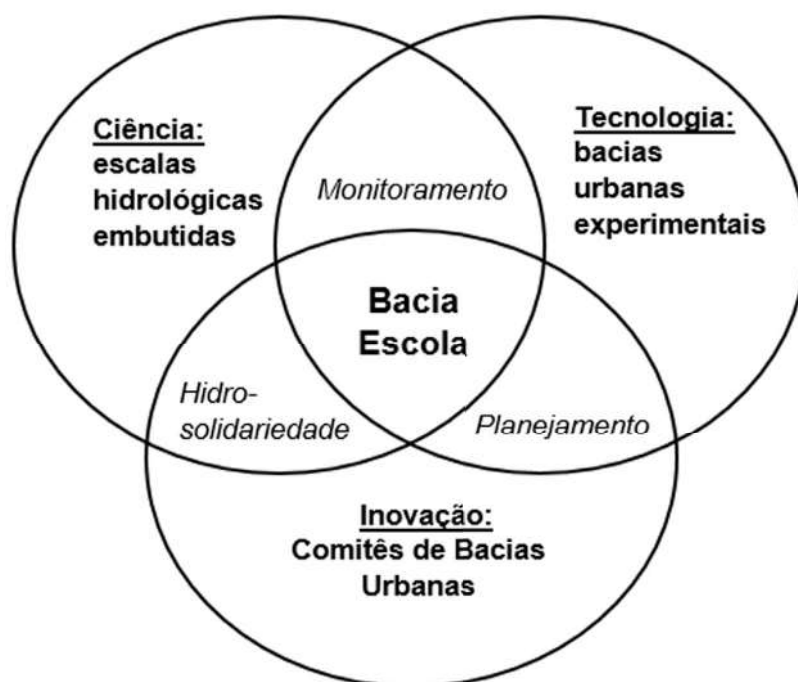
Segundo Mendiondo (2002a), a bacia-escola é um conceito mais amplo quando comparada às bacias experimentais, pois se torna uma infraestrutura de apoio. Nesse sentido, a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico no campo dos recursos hídricos urbanos abrem as possibilidades de participação social. Para esse autor, o principal objetivo da bacia-escola era o avanço da ciência e da tecnologia. Portanto, Mendiondo (2002b) mencionou que o desenvolvimento de bacia-escola abre a oportunidade de apoiar pesquisas e projetos que atendam às demandas sociais em face do controle dos recursos hídricos urbanos.

Mendiondo (2002a) apresentou a ideia dos três principais componentes da bacia-escola: ciência, tecnologia e inovação, conforme ilustrado na Figura 5. Salienta-se que nessa ideia, a combinação da inovação (Comitê de bacia) com a ciência gera a hidro-solidariedade induzida pelos setores da sociedade de trechos de jusante e de montante. De acordo com Falkenmark e Folke (2002), a hidro-solidariedade é definida como a reconciliação dos conflitos de interesse com um equilíbrio solidário dos interesses dos meios de vidas humanos, a qual envolve a ligação das atividades a montante e a jusante na bacia hidrográfica e também a ética. Desenvolvendo ainda mais as atividades do seu grupo, Esteves e Mendiondo (2003) relataram estratégias metodológicas para implantação de 14 bacias-escola com objetivo de gerenciar a drenagem urbana.

Para avançar o conhecimento científico sobre hidrologia florestal, o LabHidro/UFSC estabeleceu várias bacias experimentais com uma empresa de reflorestamento do sul do Brasil. Nesse caso, um dos principais objetivos do projeto do LabHidro/UFSC era usar essas bacias experimentais para a educação ambiental da população local. Assim, Kobiyama *et al.* (2007a) definiram, como bacia-escola, qualquer bacia experimental que sirva para pesquisas científicas e atividades de educação ambiental.

Ao adotar a definição mencionada acima, Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) e Kobiyama *et al.* (2009a) relataram a implementação de uma rede de bacias-escola na região do Alto Rio Negro, na divisa entre os estados do Paraná e de Santa Catarina. Os objetivos da implementação de tal rede foram: (i) verificar qual o melhor uso do

solo para a gestão dos recursos hídricos; (ii) compreender efeito do tamanho da bacia sobre processo chuva-vazão; (iii) analisar a influência da operação de uma barragem na vazão jusante; e (iv) divulgar resultados à população local.



Fonte: Mendiondo (2002a).

**Figura 5.** Componentes de Ciência, Tecnologia e Inovação na Bacia Escola, e os seus principais derivados: monitoramento, planejamento e hidro-solidariedade.

Em contraste com o termo bacia-escola, o conceito de rede de bacias hidrográficas não é novo. Ao justificar os estudos de bacias e o sistema de monitoramento de longo prazo para a investigação dos efeitos hidrológicos da floresta, Whitehead e Robinson (1993) relataram alguns exemplos europeus de redes de bacias. Além disso, O'Connell *et al.* (2007) introduziram o programa de pesquisa Hidrologia de Bacia e Gestão Sustentável (*Catchment Hydrology and Sustainable Management – CHASM*) que contém a rede de bacias no Reino Unido e que adota um projeto experimental multi-escala comum. No entanto, essas redes parecem ser estabelecidas apenas para fins de pesquisa científica. O conceito de tais redes é, portanto, bastante distinto do conceito de bacia-escola, onde a rede de abrangência escolar contribui não só para as pesquisas científicas, mas também para as atividades de educação ambiental. Essa ideia de combinar pesquisa científica com educação ambiental foi apresentada à comunidade europeia por Haigh (2009).

Embora alguns trabalhos apresentem o termo bacia-escola em seu título, o conceito não foi aplicado no seu desenvolvimento. Por exemplo, Barros, Mendiondo e Wendland (2007) realizaram um mapeamento de áreas de inundação para discutir o Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de São Carlos/SP, colocando o termo bacia-escola no título do trabalho, porém não apresentaram este termo no corpo do texto.

Considerando a discussão acima, redefinimos a bacia-escola como uma região geográfica que inclui diversos instrumentos de medição e, além de útil às pesquisas científicas, pode ser um local para atividades didáticas servindo ao aprendizado de ciências, educação e qualquer tipo de formação intelectual a todos os cidadãos. No contexto da hidrologia, essa região geográfica seria bacia experimental. Entretanto, na abordagem

socio-hidrológica, onde pode-se tratar a transposição de bacias hidrográficas, nem sempre pode tratar os exutórios. Com essa flexibilidade em termo de definição, pode-se ter a alta potencialidade de considerar que a bacia-escola seja a unidade ideal para a socio-hidrologia. Para Menciondo (2002b) a bacia-escola gera uma possibilidade de participação social, aproximando as pesquisas sobre recursos hídricos das demandas da população.

Para apresentar o conceito de bacia-escola fora do Brasil, Kobiyama *et al.* (2007a) utilizou o termo “*school catchment*” para a bacia-escola. Em inglês, a bacia hidrográfica pode ser escrita em três palavras: *basin*, *catchment*, e *watershed*. Portanto, o termo bacia-escola pode ser traduzido em inglês como: *school basin*, *school catchment*, e *school watershed*.

### 3.2 Implementação de bacias-escola

O primeiro passo para construção de uma bacia-escola é a criação da bacia experimental. Para ser uma bacia experimental é necessário que a mensuração dos parâmetros ambientais (ou hidrológicos) seja contínuo, independente do intervalo temporal do registro. Geralmente, os equipamentos de registro automático são instalados para monitoramento, possibilitando o registro em um intervalo de tempo curto (em geral, minutos). Se a aquisição desses equipamentos não for viável em virtude do custo, o monitoramento manual pode ser realizado com medições ou observações frequentes. Nesse caso, o intervalo do registro será mais longo (dias, semanas, meses, anos).

Na hidrologia e gestão dos recursos hídricos, o monitoramento da chuva e da vazão é considerado essencial, pois esses dados permitem uma análise simplificada do balanço hídrico. No Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA é responsável pela Rede Hidrometeorológica Nacional, porém conforme análise realizada por Kobiyama *et al.* (2019b), bacias com maior área de drenagem (larga escala) são mais monitoradas do que bacias com pequena área de drenagem (pequena escala). Para obter as bacias experimentais correspondentes a pequenas áreas e, portanto, para sua consolidação, é necessário implementar mais monitoramento em pequena escala. A localização da estação fluviométrica para monitoramento da vazão é usualmente considerada o exutório da bacia experimental.

Quando a bacia hidrográfica de interesse é pequena e plana, a estação pluviométrica próximo ao exutório consegue representar o balanço hídrico de forma simplificada. No entanto, caso a bacia seja muito grande e/ou tenha um ambiente montanhoso, a construção dessa estação no topo da bacia (região das cabeceiras) é mais desejada. Os procedimentos necessários para tal instalação podem ser vistos em WMO (2008) e ANA (2011).

Na simples comparação entre chuva e vazão, a chuva pode ser considerada mais importante para a educação em hidrologia e para a gestão dos recursos hídricos, tanto por sua importância quanto por sua fácil mensuração. Os dados medidos de chuva podem auxiliar o entendimento do clima na região, o estabelecimento de um sistema de alerta, o mapeamento de áreas de risco e construção, como barragens, pontes, estradas, portos, diques e assim por diante. Além disso, os registros das chuvas podem ser muito úteis para os estudos hidrológicos, como estimativas das vazões máximas e da frequência das cheias. Como as cheias são totalmente dependentes do clima, a medição da chuva é indispensável para minimizar seus danos. Os radares meteorológicos podem ser eficazes para países de território extenso como o Brasil. No entanto, possuem um custo muito elevado. Portanto, a maneira mais fácil de medir é realizando a medição manual.

Essas atividades de medição de chuva realizadas pela comunidade contribuirão certamente para a conscientização sobre a medição em si, recursos hídricos, ou desastres naturais fazendo parte da educação ambiental e do treinamento para os cidadãos.

Apesar da importância da medição da chuva, o número de estações pluviométricas ainda não é satisfatório no Brasil (MELATI; MARCUZZO, 2015; CRISTALDO *et al.*, 2017; PAULA *et al.*, 2018). É necessário organizar as comunidades, com base na iniciativa dos cidadãos, para unir esforços no sentido de aumentar o número de estações pluviométricas com medição diária de precipitação (KOBİYAMA *et al.*, 2006). Portanto, em primeiro lugar, é ideal que todas as escolas primárias e secundárias tenham um pluviômetro e realizem a mensuração todos os dias. Assim, a escola pode ensinar hidrologia aos alunos, demonstrando os aparelhos disponíveis, que são comumente doados por empresas agrícolas, bem como a forma correta de instalação e manutenção do sistema de coleta e registro dos dados.

Hoje, a qualidade da água de grandes rios que abastecem com água potável a muitos municípios está comprometida. Nesta situação, os municípios são obrigados a buscar pequenas bacias onde as coberturas de vegetação natural são preservadas. Além disso, muitas áreas urbanas nas cidades sofreram inundações, que são frequentemente consideradas do tipo inundações bruscas. Devido aos valores curtos de tempo de concentração ( $T_c$ ) em razão das grandes taxas de ocupação do solo, bem como ao pequeno tamanho da bacia, as inundações que ocorrem nas áreas urbanas muitas vezes têm as características de inundações bruscas (KOBİYAMA; GOERL, 2007).

Assim, para gerenciar os mananciais, reduzir desastres de inundações bruscas e/ou urbanas, e utilizar bacias montanhosas para ecoturismo e recreação, é necessário criar diversas pequenas bacias experimentais. Após isso, as comunidades podem utilizá-las também para educação e treinamento. Assim, elas se tornam pequenas bacias-escola. Com base na ideia de E.F. Schumacher "*Small is beautiful*", o tamanho pequeno das bacias-escola certamente serve para a ciência e a educação com mais eficiência (KOBİYAMA; MICHEL; ENGSTER, 2016).

### 3.3 Utilização

Nas bacias-escola, chuvas e vazões podem ser observadas a olho nu. A observação ocular juntamente com a confirmação de valores de monitoramento certamente aumenta a capacidade de percepção dos habitantes de aprendizagem/treinamento, bem como aumenta sua consciência. A própria observação do nível da água permite que as pessoas reconheçam diretamente a quantidade de água. Esses dados de observações baseadas na comunidade contribuem para o sistema de monitoramento e alerta e podem apoiar a decisão dos habitantes em relação a evacuação antecipada da área, por exemplo.

A hidrometria em campo também aumenta a percepção. Para os habitantes locais, a velocidade do fluxo superficial pode ser medida diretamente com um método de flutuador. A percepção da velocidade é muito importante para que um cidadão decida andar ou correr no meio do fluxo da água nas estradas durante inundações bruscas. Se um cidadão tem conhecimento do índice de perigo proposto por Stephenson (2002), ou seja,  $IP = v \cdot h$  onde  $IP$  é o índice de perigo;  $v$  é a velocidade do fluxo; e  $h$  é a profundidade da água, e se ele pode reconhecer os valores de  $v$  e  $h$ , ele é capaz de saber se pode cruzar ou não o fluxo de água em uma estrada vicinal, por exemplo.

De acordo com Paul *et al.* (2018), muitos projetos envolvem respostas a inundações de rios com base em comunidades, tendo uma abordagem preventiva ou fornecendo observação e mitigação em tempo real. No entanto, na maioria desses projetos, o papel dos cientistas é voltado apenas à coleta de dados, em vez de aproveitar todo o potencial da cogeração de conhecimento acionável e do treinamento adequado dos participantes.

Utilizando aparelhos muito simples ou até muito caros e sofisticados, os hidrólogos e geomorfólogos de campo geralmente medem vários parâmetros ambientais. Porém, os habitantes locais têm potencial para oferecer soluções oportunas e de baixo custo

para a coleta de dados em bacias (STARKEY *et al.*, 2017). Tal monitoramento com base na participação dos habitantes certamente avançará o uso da bacia-escola.

Segundo Wagener *et al.* (2007), educadores de hidrologia são necessariamente influenciados por sua formação e experiência ao projetar aulas de hidrologia e, portanto, requerem novas ferramentas e recursos educacionais para educar a próxima geração de hidrólogos interdisciplinares. Neste sentido, a bacia-escola será extremamente útil para esses educadores.

Na literatura, observa-se que várias iniciativas para o ensino de hidrologia foram feitas em vários níveis e países. Por exemplo, escola primária na Finlândia (HAVU-NUUTINEN; KÄRKKÄINEN; KEINONEN, 2011), escola secundária em Israel (BENZVI-ASSARF; ORION, 2005), escola secundária na Suíça (REINFRIED; TEMPELMANN; AESCHBACHER, 2012), níveis de graduação em 43 países (WAGENER *et al.*, 2012), nível de pós-graduação (BLÖSCHL *et al.*, 2012), e qualquer cidadão na Holanda (MINKMAN; VAN DER SANDEN; RUTTEN, 2017) onde foi demonstrada a importância da participação da comunidade para a gestão dos recursos hídricos. Embora esses exemplos não utilizarem bacias-escola, seu uso certamente aumentará o desempenho desse ensino.

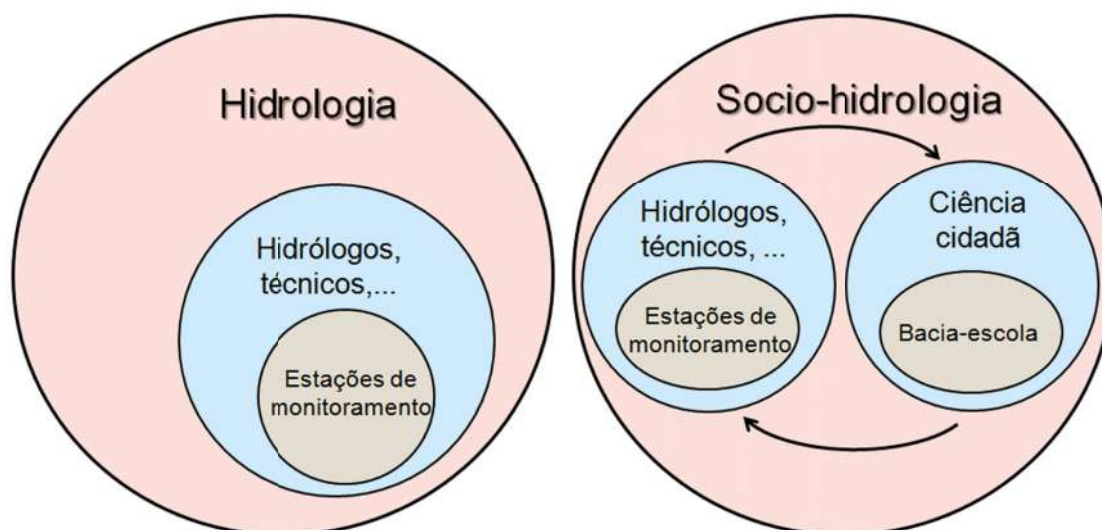
O uso da bacia-escola possibilita fornecer as informações locais aos seus moradores contra desastres naturais, fortalecendo a gestão. Os dados obtidos pelo monitoramento em bacias-escola podem contribuir ao monitoramento continental e global. É amplamente dito que as mudanças climáticas vêm intensificando os desastres que a sociedade mundial tem enfrentado. Isso implica que a gestão de risco de desastres requer uma abordagem global. Considerando ambas as abordagens local e global, pode-se dizer que o uso da bacia-escola possui alta potencialidade de contribuir à abordagem “glocal”. Embora o conceito de “glocal” é mais utilizado na área de economia (SWYNGEDOUW, 2004), ele pode e deve ser extremamente importante na socio-hidrologia, e conseqüentemente na gestão de risco de desastres.

#### 4 Ciência cidadã

O envolvimento da comunidade na geração de novos conhecimentos sobre o meio ambiente refere-se à ciência cidadã (BUYTAERT *et al.*, 2014). Outros termos também podem ser usados, por exemplo, *crowdsourcing* e informação geográfica voluntária (*volunteered geographical information - VGI*). Isso depende do grau de envolvimento e da técnica adotada (STARKEY *et al.*, 2017).

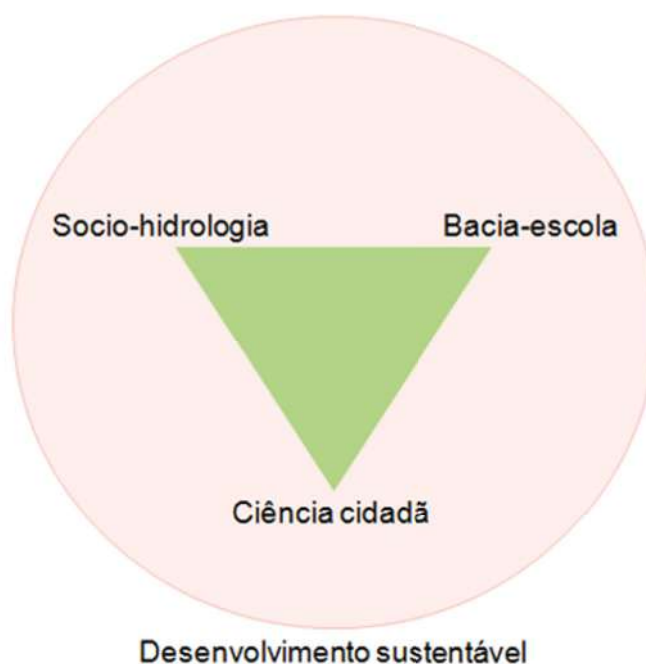
Visto que a bacia-escola é construída para todos os cidadãos, seu uso é adequado para a ciência cidadã. Em outras palavras, a bacia-escola é considerada uma ferramenta muito adequada para aplicação da ciência cidadã na hidrologia. O morador local aprende sobre hidrologia e sua participação nas atividades de coleta de dados é incentivada. Assim, o aumento do envolvimento da comunidade gera mais informações sobre aquela bacia. Além da melhoria da percepção dos cidadãos, pode ajudá-los a reconhecer precocemente os desastres naturais (consciência do risco). De acordo com Buytaert *et al.* (2014), o conceito e o potencial da ciência cidadã só recentemente receberam crescente atenção científica, apesar de ser parte intrínseca do processo de geração do conhecimento científico.

A Figura 6 mostra a diferença e semelhança entre a hidrologia e a socio-hidrologia. Especialmente para reduzir os desastres naturais, fica ainda mais necessário aumentar o monitoramento de vários fenômenos ambientais e hidrológicos. Assim, uma ciência cidadã com a participação da comunidade nesse monitoramento e registros torna-se indispensável. A bacia-escola pode ser uma ferramenta de ciência cidadã para aumentar o envolvimento da comunidade, engajando os cidadãos a aprender ciências por meio de atividades de educação ambiental e também trocando conhecimentos científicos e populares, de modo a reaproximá-los do ambiente que os cerca. A longo prazo, as pessoas envolvidas podem ter maior facilidade em identificar uma situação de perigo iminente.



**Figura 6.** Comparação entre a hidrologia e a socio-hidrologia com ênfase em ciência cidadã e bacia-escola. Fonte: Kobiyama *et al.* (2019a).

Assim sendo, pode-se dizer que bacias-escola, ciência cidadã e socio-hidrologia são inseparáveis e são as palavras-chave no desenvolvimento sustentável (Figura 7).



**Figura 7.** Interação entre socio-hidrologia, bacia-escola e ciência cidadão para o desenvolvimento sustentável.

## 5 Gestão integrada com base na bacia-escola

Construindo bacias-escola, realizando estudos de socio-hidrologia e difundindo a ciência cidadã nas comunidades locais, a população pode auxiliar na redução dos desastres naturais, especialmente, hidrológicos (KOBİYAMA *et al.*, 2019a).

A gestão de desastres naturais, recursos hídricos e bacias hidrográficas deve ser realizada de forma integrada, que pode ser apoiada pela socio-hidrologia, cuja base é a construção e uso da bacia-escola (KOBİYAMA *et al.*, 2018). Santos *et al.* (2011) relataram a



construção da bacia-escola do Rio Catu, localizada 70 km ao norte de Salvador-BA, a fim de criar uma conexão entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), usuários dos dados coletados, fabricantes de equipamentos, comunidade científica, e sociedade local. Consequentemente, essa bacia-escola possui as características para integrar diversos elementos, setores, abordagens, entre outros. Isso pode ser uma das essências de ser “escola”.

Uma escola é para todos os cidadãos e, analogicamente, uma bacia-escola, também. Isso significa que a bacia-escola precisa da participação dos cidadãos e vice-versa. Recentemente, as inundações, especialmente as inundações bruscas, têm causado sérios danos às comunidades e sua redução requer observação e monitoramento dos cidadãos (STARKEY; PARKIN, 2015; STARKEY *et al.*, 2017). Esses autores mencionaram que pequenas bacias hidrográficas, que sofrem de inundações bruscas, ainda permanecem sem monitoramento no Reino Unido e demonstraram como úteis e bem-sucedidos foram as observações de chuva o nível do rio e inundações bruscas, com base na comunidade, para a modelagem e a gestão da bacia.

Assim, a gestão integrada dos recursos hídricos e desastres naturais pode ser estabelecida com a bacia-escola como ferramenta de ciência cidadã. Segundo Silvertown (2009), ciência cidadã não é um conceito novo e tem se tornado mais comum nas ciências naturais. Embora essa ciência cidadã esteja se popularizando, ainda há um pequeno número de trabalhos no Brasil (CUNHA *et al.*, 2017).

## Considerações finais

No presente capítulo foi apresentado uma revisão bibliográfica do contexto histórico dos temas sociologia, hidrologia, socio-hidrologia e bacia-escola. A importância de integrar os aspectos físicos e sociais que desencadeiam os desastres naturais a partir do uso de conceitos como socio-hidrologia foi ressaltada como crucial para melhor compreender esses processos, visando mitigar danos futuros. Ademais, foram elencados tópicos relacionados à definição, uso e potencialidades de bacia-escola, além da relação entre gestão integrada, bacia-escola e ciência cidadã. Em resumo, pode-se dizer que a bacia-escola promove a ciência cidadã em uma comunidade, o que consolida a gestão integrada de recursos hídricos e desastres naturais.

Considerando que o sucesso da gestão depende da educação para todos os cidadãos, a educação na socio-hidrologia em todos os níveis deve ser mais valorizada. A preocupação especial com a educação em (socio-)hidrologia não é recente, por exemplo, Hufschmidt (1967) já discutia a importância das ciências sociais no ensino de recursos hídricos, propondo uma ação interdisciplinar (entre sociologia, ciências naturais e engenharias) de longo prazo para tratar dos principais problemas e questões políticas desta área. Para realizar uma gestão adequada dos recursos hídricos e também dos desastres naturais, as relações, interações e interfaces entre a educação em socio-hidrologia, a bacia-escola e a ciência cidadã devem ser discutidas de forma mais ampla.

Esses aspectos tornam-se ainda mais relevantes quando se leva em consideração que, em geral, cada desastre ocorre localmente. Isso demonstra a forte regionalidade da gestão de riscos, obrigando a sociedade a ter a adotar uma abordagem local. Dessa maneira e também com base na mensagem “Salve sua vida com suas próprias forças”, a qual Sawaji (2012) relatou em relação à tragédia do Japão em 2011, fica claro que cada cidadão deve ser envolvido na gestão de risco de desastres e deve aprender e se preparar para situações de desastre. Para adquirir esse conhecimento local, o papel da bacia-escola torna-se ainda mais relevante. Ao mesmo tempo, as influências globais devem ser consideradas, visto que apesar das heterogeneidades locais, os sistemas estão interconectados e entrelaçados, com múltiplas interações.

## Referências

- ALLEN, D.E. Mathematical Sociology. **International Review of Modern Sociology**, v. 11, n. 1/2, p. 81-126, 1981.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Orientações para elaboração do relatório de instalação de estações hidrométricas**. Brasília: ANA, 2011. 37 p.
- ARCAYA, M.; RAKER, E. J.; WATERS, M. C. The Social Consequences of Disasters: Individual and Community Change. **Annual Review of Sociology**, v. 46, n. 1, 2020.
- ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, v. 251, p. 149–56, 2015.
- AUBIN, D. Principles of Mechanics that are Susceptible of Application to Society: An unpublished notebook of Adolphe Quetelet at the root of his social physics. **Historia Mathematica**, v. 41, p. 204–223, 2014.
- BABONES, S. Interpretive Quantitative Methods for the Social Sciences. **Sociology**, v. 50, n. 3, p. 453–469, 2015.
- BACK, W. Hydromythology and ethnohydrology in the new world. **Water Resources Research**, v. 17, n. 2, p. 257–287, 1981.
- BAKKER, K. From State to Market?: water *mercantilización* in Spain. **Environment and Planning A**, v. 34, p. 767-790, 2002.
- BARONTINI, S.; SETTURA, M. Beyond Perrault's experiments: repeatability, didactics and complexity. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 24, p. 1907–1926, 2020.
- BARROS, R.M.; MENDIONDO, E.M.; WENDLAND, E. Cálculo de áreas inundáveis devido a enchentes para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de São Carlos (PDDUSC) na bacia escola do Córrego do Gregório. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 2, p. 5-17, 2007.
- BELOW, R.; WIRTZ, A.; GUHA-SAPIR, D. **Disaster Category**: classification and peril terminology for operational purposes. Brussels: CRED / Munich: MunichRe Foundation, 2009. 19 p.
- BEN-ZVI-ASSARF, O.; ORION, N. A study of junior high students' perceptions of the water cycle. **Journal of Geoscience Education**, v. 53, p. 366–373, 2005.
- BISWAS, A.K. **History of hydrology**. New York: North-Holland Publishing Company, 1970. 336 p.
- BLÖSCHL, G. *et al.* Promoting interdisciplinary education – the Vienna Doctoral Programme on Water Resource Systems. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, p. 457–472, 2012.
- BRANFORD, V.V. On the origin and use of the word "sociology," and on the relation of sociological to other studies and to practical problems. **The American Journal of Sociology**, v. 9, n. 2, p. 145-162, 1903.
- BUDDS, J.; LINTON, J.; McDONNELL, R. The hydrosocial cycle. **Geoforum**, v. 57, p. 167-169, 2014.
- BUYTAERT, W. *et al.* Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. **Frontiers in Earth Science**, v. 2, p. 1–21, 2014.
- CAMARGO, A.P.R. Sociology of statistics: possibilities of a new field of investigation. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v. 16, n. 4, p. 903-925, 2009.
- CRISTALDO, M.F. *et al.* Analysis and Distribution of the Rainfall Monitoring Network in a Brazilian Pantanal Region. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 199-205, 2017.
- CUNHA, D.G.F. *et al.* Citizen science participation in research in the environmental sciences: key factors related to projects' success and longevity. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 89, suppl. 3, p. 2229-2245, 2017.
- DE BRITO, M.M.; EVERS, M.; HÖLLERMANN, B. Prioritization of flood vulnerability, coping capacity and exposure indicators through the Delphi technique: A case study

- in Taquari-Antas basin, Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 24, p. 119-128, 2017.
- EDLING, R.C. Mathematics in sociology. **Annual Review of Sociology**. v. 28, p. 197–220, 2002.
- ESTEVES, R.L.; MENDIONDO, E.M. **Estratégias Metodológicas da Bacia Escola para o Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana**. São Carlos: USP/EESC/DHS, 2003. 58 p. (Relatório final do PIBIC).
- FALKENMARK, M. Main problems of water use and transfer of technology. **GeoJournal**, v. 3, n. 5, p. 435–443, 1979.
- FALKENMARK, M.; FOLKE, C. The ethics of socio-ecohydrological catchment management: towards hydrosolidarity. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 6, n. 1, p. 1-9. 2002.
- FREESE, J. Replication Standards for Quantitative Social Science. **Sociological Methods & Research**, v. 36, n. 2, p. 153–172, 2007.
- GIDDENS, A.; SUTTON, P.W. Sociology. 6th ed. **Cambridge: Polity Press**, 2009. 1183 p.
- GOUDSBLOM, J.; HEILBRON, J. Sociology, History of. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2nd edition**, v. 22, p. 989-995, 2015.
- GOPALAKRISHNAN, C. Water and disasters: a review and analysis of policy aspects. **International Journal of Water Resources Development**, v. 29, n. 2, p. 250-271. 2013.
- HAIGH, M. Headwater control: An agenda for the future. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE LAND CONSERVATION – LANDCON, 1., 2009, Tara Mountain. **Proceedings [...]**. Tara Mountain, 2009. 9 p.
- HAROU, J. *et al.* Hydroeconomic models: concepts, design, applications, and future prospects. **Journal of Hydrology**, v. 375, p. 627–643, 2009.
- HAVU-NUUTINEN, S.; KÄRKKÄINEN, S.; KEINONEN, T. Primary school pupils' perceptions of water in the context of STS study approach. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 6, n. 4, p. 321-339, 2011.
- HELLER, F. Sociotechnology and the Environment. **Human Relations**, v. 50, n. 5, p. 605-624, 1997.
- HORTON, R. E. The field, scope, and status of the science of hydrology. **Eos Trans. AGU**, v. 12, n. 1, p. 189-202, 1931.
- HOWDEN, N.; MATHER, J. (eds.). **History of Hydrogeology**. Leiden: CRC Press, 2012. 418 p.
- HRACHOWITZ, M. *et al.* A decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB) — A review. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, p. 1198–1255, 2013.
- HUFSCHMIDT, M.M. The role of universities in water resources education: The social sciences. **Water Resources Research**, v. 3, p. 3–9, 1967.
- JIMENEZ-CISNEROS, B. Responding to the challenges of water security: the Eighth Phase of the International Hydrological Programme, 2014–2021. **IAHS Publication**, v. 366, p. 10-19, 2015.
- KEPPELER, P.M.; PEREIRA, M.E. (eds.). **Primate Life Histories and Socioecology**. Chicago: University of Chicago Press, 2003. 416 p.
- KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F. Quantitative method to distinguish flood and flash flood as disasters. **SUISUI Hydrological Research Letters**, v. 1, p. 11-14, 2007.
- KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.
- KOBIYAMA, M. *et al.* Forest hydrology project (UFSC–MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil. **IAHS Publication**, v. 315, p. 250-257, 2007a.
- KOBIYAMA, M. *et al.* Ensino de hidrologia para prevenção de desastres naturais como projeto de extensão universitária no estado de Santa Catarina, Brasil. *In*: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABRH, 2007b. CD-rom.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A.; CORSEUIL, C.W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160 p.

KOBIYAMA, M. *et al.* Implementation of school catchments network for water resources management of the Upper Negro River region, southern Brazil. *In*: TANIGUCHI, M.; BURNETT, W.C.; FUKUSHIMA, Y.; HAIGH, M.; UMEZAWA, Y. (eds.). **From headwaters to the ocean: hydrological changes and watershed management**. London: Taylor & Francis Group, 2009a. p. 151-157.

KOBIYAMA, M. *et al.* Aprender hidrologia para prevenção de desastres naturais. *In*: CONGRESO IBEROAMERICANO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA, 10., 2009, Montevidéo). **Anais [...]**. Montevidéo: Universidad de La República, 2009b. 13 p.

KOBIYAMA, M. *et al.* Hydrological disasters reduction: lessons from hydrology. *In*: SENS, M.L.; MONDARDO, R.I. (orgs.). **Science and technology for environmental studies: experiences from Brazil, Portugal and Germany**. Florianópolis: Federal University of Santa Catarina, 2010a. p. 49-72.

KOBIYAMA, M.; MONTEIRO, L.R.; MICHEL, G.P. Aprender Hidrologia para Prevenção de Desastres Naturais. *In*: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA DA REGIÃO SUL, 28., 2010, Florianópolis). **Anais [...]**. Florianópolis: UDESC, 2010b. 6p.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; ENGSTER, E.C. Ruralização para a gestão de recursos hídricos em área urbana: aplicação de hidrologia. *In*: LADWIG, N.I.; SCHWALM, H. (orgs.). **Planejamento e gestão territorial: hidrografia e sustentabilidade**. Florianópolis: Insular, 2016. p. 13-42.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; MONTEIRO, L.R. Integração das ciências e das tecnologias para redução de desastres naturais: socio-hidrologia e socio-tecnologia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. esp, p. 206-231, 2018.

KOBIYAMA, M.; VANELLI, F. M.; MOREIRA, L. L.; MENEZES, D.; GODOY, J. V. Z. Aplicação de hidrologia na gestão de riscos e de desastres hidrológicos. *In*: CASTRO, D. (org.). **Ciclo das Águas na bacia hidrográfica do rio Tramandaí**. Porto Alegre: Sapiens, 2019a. p. 135-140.

KOBIYAMA, M. *et al.* School catchment for hydrology education and water resources management at local community level. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2019b. 10 p.

KUNDZEWICZ, Z.W. Ecohydrology: seeking consensus on interpretation of the notion. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, p. 799-804, 2002.

KURAJI, K. Proposal of the second mode hydrology. **Journal of Japan Society of Hydrology and Water Resources**, v. 16, p. 454-455, 2003. (em japonês com título inglês)

KURAJI, K. Expectation from society for forest hydrological sciences: towards establishment of forest sociohydrology. *In*: EDITING COMMITTEE OF FOREST HYDROLOGY (ed.), **Forest hydrology: exploring the fate of water in forest ecosystem**. Tokyo: Morikita Publishing Company, 2007. p. 309-327. (em japonês com título inglês)

LINTON, J.; BUDDS, J. The hydrosocial cycle: defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. **Geoforum**, v. 57, p. 170-180, 2014.

LITTLE, W. **Introduction to Sociology**. 1st Canadian Edition. Rice University, 2013. 707 p.

MADANI, K.; SHAFIEE-JOOD, M. Socio-Hydrology: A New Understanding to Unite or a New Science to Divide? **Water**, v. 12, n. 7, 26 p. 2020.

MAGGI, F.; PALLUD, C. The rise of hydrological science off Earth. **Journal of Hydrology**, v. 416-417, p. 12-18, 2012.

MATHER, J.R. A history of hydroclimatology. **Physical Geography**, v. 12, n. 3, p. 260-273, 1991.

McCURLEY, K.L.; JAWITZ, J. W. Hyphenated hydrology: Interdisciplinary evolution of

- water resource science. **Water Resources Research**, v. 53, p. 2972–2982, 2017.
- MELATI, M.D.; MARCUZZO, F.F.N. Espacialização da recomendação de novas estações pluviométricas na sub-bacia 87 segundo os critérios de densidade da Organização Mundial de Meteorologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa, 2015. p. 27-34.
- MENDIONDO, E.M. **Bacia escola e sociedade na conservação da água urbana**. São Carlos: SHS/EESC/USP, 2002a. 16 p.
- MENDIONDO, E.M. **Plano de Pesquisa: “Sistema de alerta antecipado de cheias como estratégia da bacia escola para gerenciamento ambiental integrado das águas urbanas”**. São Carlos: SHS/EESC/USP, 2002b, 28 p.
- MINISTÉRIO DA INEGRACÃO NACIONAL. Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2016. p. 245.
- MINKMAN, E.; VAN DER SANDEN, M.; RUTTEN, M. Practitioners’ viewpoints on citizen science in water management: a case study in Dutch regional water resource management. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, p. 153–167, 2017.
- MONTANARI, A. *et al.* “PantaRhei-Everything Flows”: change in hydrology and society: the IAHS scientific decade 2013–2022. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, p. 1256-1275, 2013.
- MOULD, S.A.; FRYIRS, K.; HOWITT, R. Practicing sociogeomorphology: Relationships and dialog in river research and management. **Society & Natural Resources**, v. 31, p. 106-120, 2018.
- MUNICH RE. **Water and disasters**. 2018. Disponível em: <https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/floods/interview-han-seung-soo.html>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- NACE, R.L. **Water and man: a world view**. Paris: UNESCO, 1969. 46 p.
- O’CONNELL, P.E. *et al.* Catchment hydrology and sustainable management (CHASM): an integrating methodological framework for prediction. **IAHS Publication**, v. 309, p. 53-62, 2007.
- ODUM, H.T. **Environmental accounting: emergy and environmental policy making**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 370 p.
- ODUM, H.T.; BROWN, M.T.; BRANDT-WILLIAMS, S. **Handbook of emergy evaluation Folio 1: Introduction and global budget**. Gainesville: Center for Environmental Policy, University of Florida, 2000. 16 p.
- OSAWA, M. **História da sociologia**. Tokyo: Kodansha, 2019. 638 p. (em japones).
- PANDE, S.; SIVAPALAN, M. Progress in socio-hydrology: a meta-analysis of challenges and opportunities. **WIREs Water**, v. 4, 18 p. 2017.
- PAUL, J.D. *et al.* Citizen science for hydrological risk reduction and resilience building. **WIREs Water**, v. 5, e 1262, 2018.
- PAULA, S.C. *et al.* Influence of the rain gauge network on the performance of a hydrological lumped model applied at different basin scales. **Brazilian Journal of Water Resources**, v. 23, e 45, 2018.
- PECK, E.L. Hydrometeorology. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 59, n. 5, p. 609-612, 1978.
- PERRY, R. W., QUARANTELLI, E. L. **What is a disaster?: New answers to old questions**. USA: International Research Committee on Disasters, 2005.
- QUARANTELLI, E. L. Statistical and conceptual problems in the study of disasters. **Disaster Prevention and Management**, v. 10, n. 5, p. 325-338, 2001.
- REINFRIED, S.; TEMPELMANN, S.; AESCHBACHER, U. Addressing secondary school students’ everyday ideas about freshwater springs in order to develop an instructional tool to promote conceptual reconstruction. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, p. 1365–1377, 2012.
- RITZER, G. **Sociological theory. 8th ed.** New York: McGraw-Hill, 2010. 827 p.

- SAWAJI, O. Education and disaster reduction. **The Japan Journal**, v. 8, n. 11, p. 6-10, 2012.
- SCHEIDEGGER, A.E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**, v. 20, p. 193–215, 1972.
- SCOTT, J. (ed.) **Sociology: The Key Concepts**. London: Taylor & Francis, 2006. 211 p.
- SHARPLES, M. *et al.* Socio-cognitive engineering a methodology for the design of human-centred technology. **European Journal of Operational Research**, v. 136, n. 2, p. 310-323, 2002.
- SILVEIRA, G.L. Modelagem de um programa de monitoramento hidrológico com controle por produto. **Revista ABRH Notícias** v. 5, p. 14-18, 2001.
- SILVERTOWN, J. A new dawn for citizen science. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, p. 467–471, 2009.
- SIVAKUMAR, B. Hydropsychology: The human side of water research. **Hydrological Sciences Journal**, v. 56, n. 4, p. 719–732, 2011.
- SIVAKUMAR, B. Socio-hydrology: not a new science, but a recycled and re-worded hydrosociology. **Hydrological Processes**, v. 26, p. 3788–3790, 2012.
- SIVAPALAN, M. From engineering hydrology to Earth system science: milestones in the transformation of hydrologic science. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, p. 1665–1693, 2018.
- SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H.H.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: a new science of people and water. **Hydrological Processes**, v. 26, p. 1270–1276, 2012.
- SKVORETZ, J.; FARARO, T.J. Mathematical sociology. **Sociopedia.isa**, 2011. 14 p.
- STARKEY, E.; PARKIN, G. **Community Involvement in UK Catchment Management**. Marlow: Foundation for Water Research, 2015. 63 p.
- STARKEY, E. *et al.* Demonstrating the value of community-based ('citizen science') observations for catchment modelling and characterization. **Journal of Hydrology**, v. 548, p. 801–817, 2017.
- STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v. 4, n. 4, p. 423–428, 2002.
- STOLLEY, K.S. **The basics of sociology**. Westport: Greenwood Press, 2005. 302 p.
- SWYNGEDOUW, E. Globalisation or 'Glocalisation'? Networks, Territories and Rescaling. **Cambridge Review of International Affairs**, v. 17, n. 1, p. 25-48, 2004.
- SWYNGEDOUW, E. The political economy and political ecology of the hydro-social cycle. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, Issue 142, p. 56-60, 2009.
- TAYLOR, L.A. A brief history of sociology. **International Review of Modern Sociology**, v. 11, n. 1/2, p. 1-23, 1981.
- UN. **Report of the open ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction**. New York: UN, 2016. 41 p.
- UNESCO **International Hydrological Decade, Intergovernmental Meeting of Experts, Final Report**. Paris: UNESCO, 1964. 51 p. (UNESCO/NS/188)
- VALENCIO, N. *et al.* (orgs.). **Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil**. São Carlos: RiMa Editora, 2009. 280 p.
- VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M. Situação atual da Socio-Hidrologia no mundo e no Brasil. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2019.
- WAGENER, T. *et al.* Taking the pulse of hydrology education. **Hydrological Processes**, v. 21, p. 1789–1792, 2007.
- WAGENER, T. *et al.* It takes a community to raise a hydrologist: the Modular Curriculum for Hydrologic Advancement (MOCHA). **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, p. 3405–3418, 2012.
- WALOWSKI, K. J.; *et al.* Slab melting beneath the Cascade Arc driven by dehydration of altered oceanic peridotite. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 5, p. 404-409, 2015.

WHITEHEAD, P.G.; ROBINSON, M. Experimental basin studies - an international and historical perspective of forest impacts. **Journal of Hydrology**, v. 145, p. 217-230, 1993. WMO. **Guide to Hydrological Practices**. Geneva: WMO, 2008. 296 p. v. 1: Hydrology: from measurement to hydrological information. (WMO, n. 168).

WRIGHT, J.D. The Founding Fathers of Sociology: Francis Galton, Adolphe Quetelet, and Charles Booth or What Do People You Probably Never Heard of Have to Do with the Foundations of Sociology? **Journal of Applied Social Science**, v. 3, n. 2, p. 63-72, 2009.

ZALEWSKI, M. Ecohydrology: the use of ecological and hydrological processes for sustainable management of water resources. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, n. 5, p. 823-832, 2002.



# POTENCIALIDADES DO USO DO BIOCHAR PARA MELHORIA DOS ATRIBUTOS EDÁFICOS

Igor Polla Marcelino<sup>1</sup>

Arcângelo Loss<sup>2</sup>

Marcio Antonio Nogueira Andrade<sup>3</sup>

## 1 Introdução

No contexto do desenvolvimento sustentável, governos e sociedades têm importantes desafios a serem enfrentados. Quanto à questão ambiental, há a necessidade premente de melhorar a gestão de resíduos, minorar a emissão de gases de efeito estufa (GEE), utilizar com parcimônia e conservar os recursos hídricos. Ao mesmo tempo em que é preciso suprir a demanda energética e produzir alimentos em quantidade e qualidade para promover o desenvolvimento humano e a qualidade de vida.

Assim, faz-se necessário a mudança do paradigma dominante, que utiliza os recursos naturais como se fossem ilimitados, sendo necessária a adoção de tecnologias que contribuam para a promoção do desenvolvimento sustentável em sua plenitude, seja do ponto de vista social, ambiental e econômico. Para tanto, a adoção de tecnologias que contemplem os três eixos indispensáveis ao desenvolvimento - conservação ambiental, geração de energia e produção de alimentos - são importantes para a seleção de uma tecnologia apropriada.

Neste contexto, é conveniente a adoção de energias renováveis, a conservação da água e a promoção da fertilidade do solo visando suprir nossas necessidades energéticas, segurança alimentar e sanitária. A FAO (2018) projeta que até 2050 terá um aumento da demanda mundial por alimentos decorrentes do crescimento populacional e do aumento do padrão de consumo dessa população. Decorrente disso, ocorre o aumento da demanda de nutrientes para atender o incremento de produção e produtividade de culturas agrícolas. Esta crescente demanda de alimentos e conseqüente aumento da produção de proteína animal leva ao conseqüente aumento da geração de dejetos animais e de outros resíduos, fazendo-se necessário o adequado tratamento dos mesmos. Caso a rota tecnológica a ser adotada para este tratamento seja incorporada

---

1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (PGA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC. E-mail: igorpolla@gmail.com.

2 Professor Associado – PGA-UFSC, Florianópolis - SC. E-mail: arcangelo.loss@ufsc.br.

3 Pesquisador. Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFH-UFSC), Florianópolis - SC. E-mail: marcio.andrade@ufsc.br.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq, pela bolsa de mestrado ao primeiro autor, e ao projeto P14 Biogás Itapiranga – Eletrosul/UFSC, pelo apoio financeiro no projeto de mestrado.



a recuperação e aproveitamento dos nutrientes contidos nestes resíduos, ter-se-á uma fonte alternativa que pode suprir em grande parte a demanda mundial de fertilizantes químicos, em especial a do Brasil, que consome atualmente em torno de 32 milhões de toneladas de fertilizantes por ano, das quais 75% são importadas (FONGARO, 2016).

O biocarvão ou "biochar" vem sendo sugerido como um material e ferramenta para se ter ganhos agronômicos, ao melhorar os atributos edáficos, melhorando a saúde e qualidade do solo e aumentando a produtividade das culturas. Ele pode ser obtido a partir de diferentes matérias-primas, com destaque para os resíduos de agroindústrias, de restaurantes, de estações de tratamento de esgoto, de criação de animais, entre outros, e assim pode-se dar um novo uso a um passivo ambiental. Dessa forma, há também ganhos ambientais e sanitários, ao transformar resíduos em potenciais produtos de valor agregado com segurança sanitária, ao diminuir ou eliminar potenciais riscos com agentes patogênicos, genes resistentes à antibióticos, contaminantes farmacêuticos, pesticidas e metais pesados. É uma das ferramentas para se combater as mudanças climáticas, uma vez que é rico em carbono recalcitrante e serve como sequestro de carbono no solo, além de ajudar na redução de emissão de potenciais GEE, como o óxido nitroso e o dióxido de carbono. Possui uma multifuncionalidade, podendo ser usado também como filtro de água e gases, em substituição ao carvão ativado. Algumas questões ainda precisam ser resolvidas, tais como o custo da tecnologia e a presença de alguns potenciais contaminantes ambientais.

Este trabalho apresenta uma revisão sobre os aspectos gerais do uso do biochar com ênfase nos atributos edáficos, abordando problemáticas globais relacionadas à sustentabilidade e as potencialidades do biochar como produto ou ferramenta para tornar os sistemas de tratamento de resíduos mais sustentáveis.

## 2 Geração de resíduos: oportunidades para o Biochar

O processamento anaeróbio de biomassa residual em biodigestores além de promover o tratamento de resíduos, através da remoção de carga orgânica, e possibilitar o aproveitamento energético do biogás gerado, permite a utilização do digestato como fertilizante. O Brasil, devido as suas condições climáticas favoráveis, tendo a maior parte do seu território na zona intertropical, e possuidor de farta disponibilidade de biomassa, principalmente residual, apresenta grande potencial para geração de biogás, que é uma fonte de energia renovável promissora e em expansão no país. Porém, essa capacidade é ainda subaproveitada, correspondendo atualmente a apenas 0,05% da matriz energética brasileira e com um potencial para suprir 24% (115 GWh) da demanda de energia elétrica e 44% da demanda por diesel por meio da geração de biogás a partir de resíduos urbanos, da pecuária e da agroindústria (EPE, 2017).

Para a adoção de uma tecnologia de geração de energia renovável a partir do processamento anaeróbio de biomassa, principalmente residual, é recomendável que todo o processo seja sustentável, e a destinação correta dos seus efluentes é parte importante e integrante deste sistema. Apesar deste crescimento e do apelo pela sustentabilidade associado à energia renovável da tecnologia do biogás, ainda não foram plenamente resolvidas as questões ambientais relativas ao aproveitamento dos efluentes dos biodigestores (digestato) para o uso agrícola (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

O digestato é uma biomassa residual resultante da digestão anaeróbia de substrato em reatores, chamados de biodigestores. Estes substratos podem ser oriundos de restos culturais, como a cultura do milho, mas preferencialmente de resíduos de produção como os dejetos de animais (suínos, bovinos, aves, etc), que contém alto poder de produção de biogás, transformando resíduos em matéria-prima. O efluente do biodigestor, contém

alta carga de nutrientes como N, P, K, e é frequentemente utilizado diretamente no solo como fertilizante e condicionador de solo na agricultura (CHAMBERS; TAYLOR, 2013). Devido à alta quantidade de nutrientes e a falta de sanitização adequada do material, a sua aplicação no solo acaba causando problemas ambientais como eutrofização dos cursos da água superficiais, contaminação das águas subterrâneas, dispersão de patógenos e de genes resistentes a antibióticos, entre outros (ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2016). Outra questão que é cada vez mais estudada e ainda não está resolvida é a poluição olfativa, e neste sentido os resíduos orgânicos têm grande impacto por seus odores fortes e desagradáveis, seja no local de processamento, assim como no transporte e na aplicação do material no campo (SILVA; MARQUES, 2004).

É preciso atentar-se também para o fluxo de nutrientes em locais de alta concentração de produção de dejetos animais, uma vez que pode ocorrer a acumulação de nutrientes nos solos acima da capacidade agrônômica e dos limites críticos ambientais, gerando impactos ambientais (AITA *et al.*, 2014). Portanto, o transporte desses dejetos ricos em nutrientes para locais com maior demanda é uma questão a ser levada em consideração para a sustentabilidade do sistema. Sendo assim, seria interessante a concentração dos nutrientes desses dejetos em um “produto” que diminua os custos e riscos sanitários do transporte, facilitando a exportação dessa matéria-prima. Este produto pode ser o biochar.

A transformação de resíduos orgânicos rurais e urbanos em biocarvão (biochar) através da pirólise para posterior aplicação no solo vem cada vez mais sendo estudada, especialmente devido o biochar ser um dos principais componentes da “Terra Preta de Índio”, um solo antropogênico fértil de regiões amazônicas (LEHMANN; JOSEPH, 2009). O biochar é um material rico em carbono, produzido a partir do processo de pirólise da matéria orgânica, que consiste na queima de biomassa sem a presença de oxigênio, ou de forma limitada a temperaturas geralmente menores que 700°C (IBI, 2015).

A produção de biochar a partir destes resíduos de animais, assim como os florestais e o lodo municipal de esgoto, podem servir como estratégia para gestão destes resíduos. Parte do biochar derivado deste processo pode ser aplicado no solo, aumentando a sua fertilidade e melhorando suas características físicas, químicas e biológicas. Isso reflete direta e indiretamente no desenvolvimento e rendimento das culturas e, conseqüentemente, no sequestro de carbono. A outra parte do biochar pode ser adicionada a um sistema de digestão anaeróbica, aumentando a produção de biogás. Essa estratégia permite a integração de produção de energia mais limpa, redução de emissões de GEE e alteração positiva do solo (WANG *et al.*, 2018).

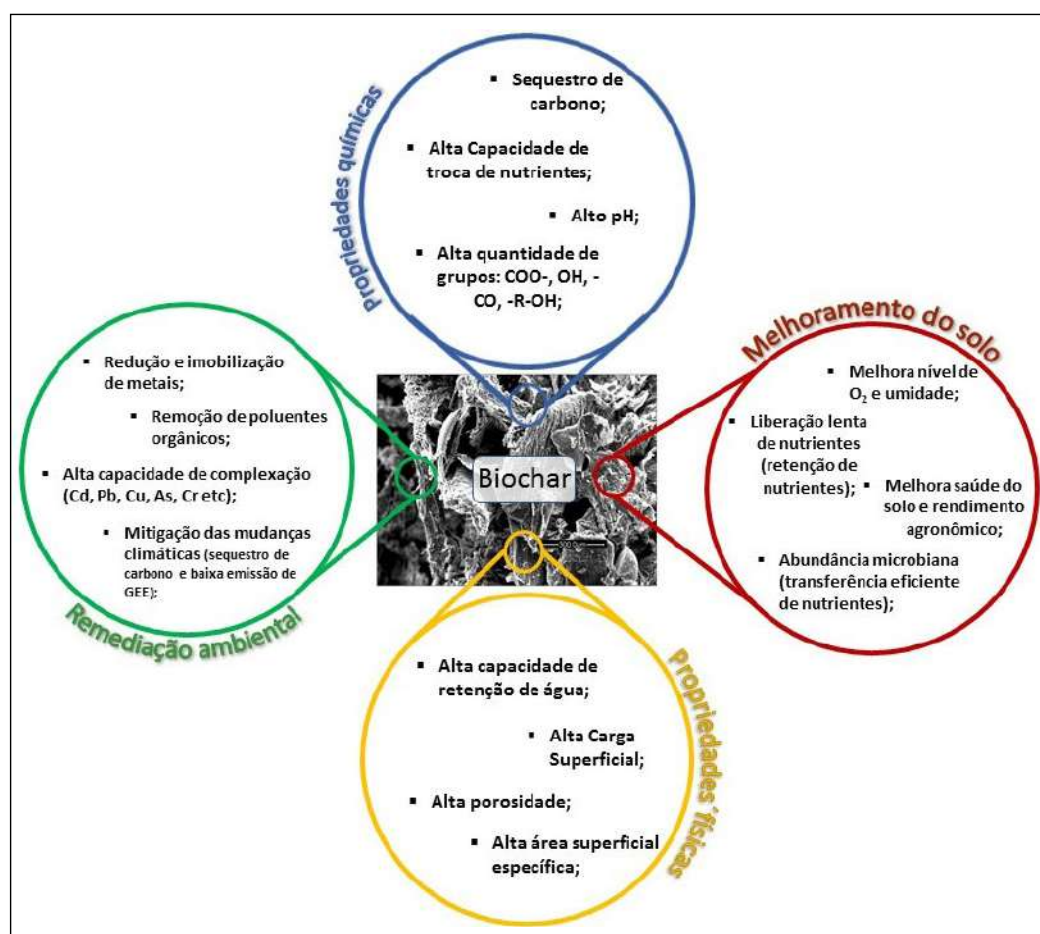
A tecnologia do biochar traz benefícios não só no tratamento de resíduos, mas também no uso como matéria-prima com valor agregado. Em um sistema de gestão de resíduos orgânicos urbanos e rurais, ele ajudaria nas questões ambientais e sanitárias relacionadas ao processamento, armazenamento, transporte e uso dos resíduos para fins agrônômicos. Ao pirolisar os resíduos os nutrientes ficam concentrados, há imobilização de metais tóxicos na forma de óxidos e silicatos, não são mais gerados odores desagradáveis no armazenamento, são sanitariamente seguros, facilitando assim o seu transporte e manuseio (PHAM *et al.*, 2013).

### 3 Características do biochar e seus efeitos nos atributos edáficos

As características do biochar dependem geralmente do seu material de origem e do processo de pirólise. Materiais de origem animal, como dejetos, tendem a ter maior pH em comparação àqueles advindos de material vegetal, assim como maior quantidade de nutrientes, como N, P, K, S, Ca, Mg, devido à sua constituição química inicial e maior capacidade de troca catiônica (CTC), porém com menor quantidade de carbono (C)

(SINGH; SINGH; COWIE, 2010). O biocarvão pode ser usado como substituição aos fertilizantes químicos, ou então ser usado como condicionador de solos, especialmente em solos intemperizados e de baixa fertilidade natural (PETTER; MADARI, 2012).

No Brasil, há predomínio de solos ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e baixos teores de matéria orgânica, o que causa menores rendimentos das culturas e maiores gastos com corretivos e fertilizantes. Porém, com o uso do biochar nestes solos, pode-se ter a melhoria dos atributos edáficos em função de suas características físico-químicas. Devido a sua estrutura altamente aromática, possui alta densidade de cargas, com destaque para os grupamentos carboxílicos e fenólicos, assim com alta área superficial específica e porosidade. Essas características favorecem o sequestro de carbono no solo, aumento da CTC e, conseqüentemente, redução da emissão de GEE (Figura 1). E assim tem-se o aumento da produtividade das culturas de interesse econômico (PETTER; MADARI, 2012; TRAZZI *et al.*, 2018).



Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2017); Lehmann e Joseph (2009).

**Figura 1.** Características e potencialidades que o biochar apresenta, com ênfase para a melhoria do solo.

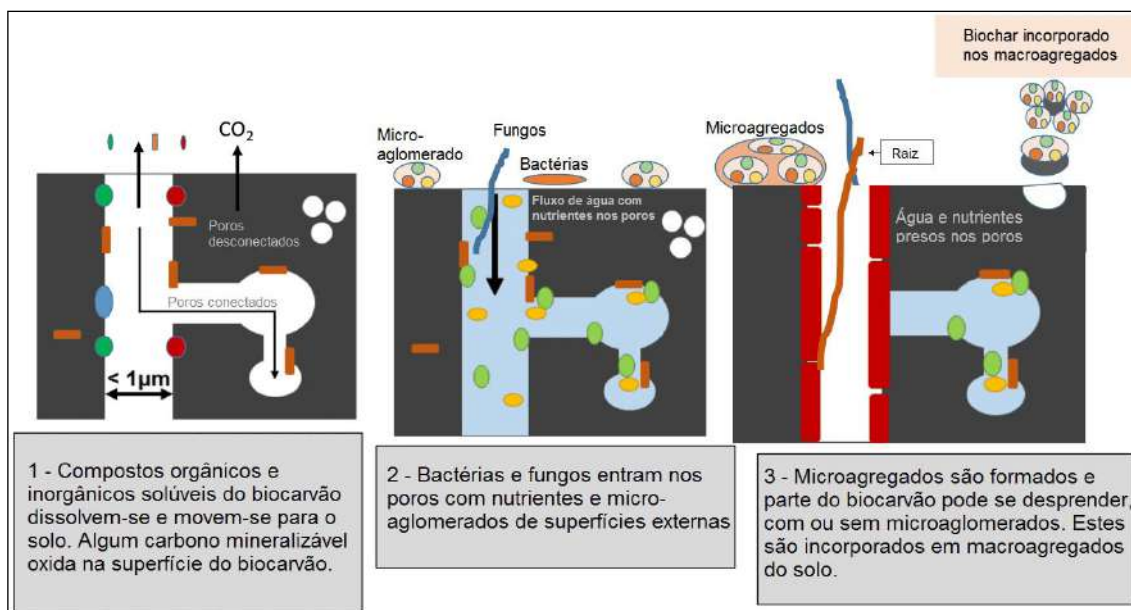
Conforme evidencia-se na Figura 1, a adição de biochar ao solo contribui para a melhoria da saúde do solo, uma vez que limita a mobilidade de metais pesados e agroquímicos no solo, além de melhorar a capacidade de retenção de água e oxigenação do solo. Também é possível melhorar as propriedades químicas do solo, devido a presença de grupos funcionais fenólicos, carboxílicos, hidroxílicos, carbonílicos e quinonas, e ainda potencializar o aumento da quantidade, diversidade e atividade dos microrganismos no solo (SPOKAS *et al.* 2009; UCHIMIYA *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2013; BOLAN *et al.*, 2014; GUL *et al.*, 2015).

O biochar é um material que pode ter características variadas dependendo do material utilizado e do processo de pirólise, apresentando diversas possibilidades de uso no meio ambiente (AHMAD *et al.*, 2014). Apresenta também grande potencial de uso como carvão ativado, especialmente quando feito a partir de material residual, sendo uma alternativa mais sustentável ao carvão ativado tradicional, que utiliza matéria prima de origem fóssil (TAN *et al.*, 2017). Ele vem sendo cada vez mais estudado, uma vez que tem capacidade de retirar ou imobilizar poluentes orgânicos e inorgânicos do solo e água (BEESLEY *et al.*, 2010).

Um aspecto relevante e em ascensão é a sinergia do biochar com outros elementos. Hale, Luth e Growley, (2015) destacam que um dos maiores desafios tecnológicos e de desenvolvimento industrial é assegurar as taxas de sobrevivência de microrganismos benéficos ao solo e as plantas, como as bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCV). Nesse sentido, tem-se no biocarvão um material carregador de inóculos de BPCV (Figura 2), justamente por sua estrutura porosa (Figura 1 e 3), a qual proporciona espaços para a colonização e proteção contra predadores (IIJIMA *et al.*, 2015). Há também estudos indicando a presença de fungos micorrízicos arbusculares em solo tratados com biochar (BUDI; SETYANINGSIH, 2013), o que pode potencializar ainda mais os benefícios para saúde do solo e produtividade de culturas, conforme ilustrado na Figura 1.

O biochar difere-se das cinzas, uma vez que é um material rico em carbono e com uma maior recalcitrância, e as cinzas são geralmente materiais de baixo teor de carbono e presença de minerais resultantes da combustão (LEHMANN; JOSEPH, 2009). No estudo de Rodriguez (2012) foi realizado um experimento com plantas de milho onde foi aplicada ao solo a quantidade de cinzas de 50 g kg<sup>-1</sup> de solo (tratamento 1) e a mesma quantidade de biochar (tratamento 2), sendo ambos provenientes de madeira. Os resultados mostraram que o uso das cinzas proporcionou um terço do aumento de rendimento do milho em comparação com o rendimento do tratamento com biochar.

O aumento da produção de biomassa das plantas pode ser decorrente de melhorias na parte física, química e biológica do solo (Figura 1). Estudos mostram que o uso do biocarvão no solo favorece a maior capacidade de retenção de água, melhora a estabilidade dos agregados, aumenta porosidade e taxa de infiltração de água (GLASER; LEHMANN; ZECH, 2002; VERHEIJEN *et al.*, 2010; LIU *et al.*, 2016), aumenta o pH e a CTC do solo (LEHMANN *et al.*, 2003), fornece nutrientes direta e indiretamente para as plantas (CHAN *et al.*, 2008), melhora a saturação por bases (SCHULZ; GLASER, 2012), a disponibilidade de P (YAMATO *et al.*, 2006), além de favorecer as interações do solo com a microfauna (RUIVO *et al.*, 2009). A Figura 2 demonstra algumas relações físicas, químicas e biológicas no biochar com o seu envelhecimento no solo, especialmente com relação à porosidade.

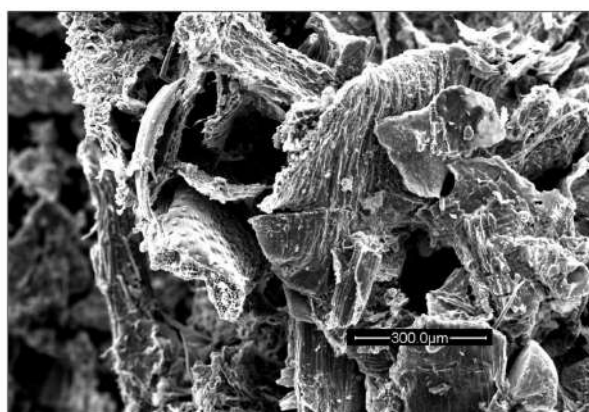


Fonte: Adaptado de <https://biochar.international/guides/properties-fresh-aged-biochar/> (acessado em 25/07/2019)

**Figura 2.** Principais alterações decorrentes do envelhecimento do biochar quando aplicado no solo.

A incorporação do biochar nos macroagregados (Figura 2) aumenta a coesão interna dos agregados resultante das ligações entre as partículas minerais e o carbono recalcitrante do biochar. E isso reflete em melhorias na estabilidade dos agregados de solos manejados com o uso de biochar (SUN; LU, 2014).

Em relação ao aumento do rendimento de culturas com o uso de biochar, Chan *et al.* (2008) avaliaram a aplicação de diferentes doses de biochar proveniente de cama de aviário em solo de baixa fertilidade (Argissolo) para a produção de rabanete. Quatro doses de biochar (0, 10, 25 e 50 t/ha) foram investigadas, com os resultados mostrando aumentos no rendimento de matéria seca do rabanete. Na menor dose (10 t/ha) houve um aumento no rendimento de 42% e na maior dose (50 t/ha), verificaram-se aumentos de 96% se comparado ao controle. Os aumentos de produtividade podem ser atribuídos, em grande parte, à capacidade desses biochars de aumentar a disponibilidade de N. Somado a isso, o biochar aumenta a CTC do solo e melhora na parte física do solo, sendo isso diretamente associado a sua elevada porosidade. Na Figura 3 observa-se a macroporosidade do biochar proveniente de dejetos de aves, resultado de uma pirólise lenta.



Fonte: Lehmann e Joseph (2009).

**Figura 3.** Macroporosidade de biochar proveniente de dejetos de aves.

A porosidade do biochar é que determina sua área superficial. A distribuição de poros é muito variável e engloba, de acordo com o seu diâmetro interno, nanoporos (<0.9 nm), microporos (<12 nm) a macroporos (>50 nm) (LEHMANN; JOSEPH. 2009). A natureza altamente porosa e elevada área superficial interna do biochar juntamente com sua capacidade de adsorver a matéria orgânica solúvel e outros nutrientes inorgânicos, também é responsável por proporcionar um habitat favorável para os microrganismos (LEHMANN *et al.*, 2011), quando adicionado ao solo, conforme evidencia-se na Figura 2.

Os efeitos no solo, porém, variam conforme as características de cada solo, assim como das propriedades do biochar. Vários estudos relataram o potencial do biochar na melhoria da capacidade de retenção de água no solo. Na Tabela 1 verifica-se uma síntese dos principais resultados de alguns estudos que testaram o efeito do biochar na capacidade de retenção de água de solos com diferentes texturas. Além disso, na Tabela 1 é possível observar os diferentes tipos de biochar, provenientes de diferentes materiais de origem e as diferentes taxas de aplicação no solo.

**Tabela 1.** Efeito do biochar na capacidade de retenção de água no solo (CRA) sob diferentes classes texturais e condições experimentais.

Referência	Material de produção do biochar	ASE	Taxa <sup>(1)</sup>	Textura	Local	CRA
		m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	% (peso/peso)			
Abel et al. (2013)	Milho, silagem de milho, madeira de faia	nd	1; 2,5; 5	argiloarenosa	C/L	+
Asai et al. (2009)	Madeira	nd	0,3; 0,6; 1,2	argiloarenosa	L	+
Basso et al. (2013)	Carvalho vermelho	nd	3; 6	francoarenosa	L	+
Brewer et al. (2012)	Palha de milho	4,5-8,5	0,5	areia franca	L	0
Brockhoff et al. (2010)	Panicum virgatum	21,6	5; 10; 15; 20; 25	areia	L	+
Chen, Shinogi e Taira (2010)	Bagaço de cana e efluente agrícola	nd	3; 1	muito argilosa	C	+
Dempster, Jones e Murphy (2012)	Eucalyptus	273	1,8	areia	L	+
Devereux, Sturrock e Mooney (2012)	Madeira	nd	1,5; 2,5; 5	areia franca	L	+
Fellet et al. (2011)	Resíduos de poda	141	1; 5; 10	argilosa	L	+
Ibrahim et al. (2013)	Madeira	nd	0,5; 1; 1,5; 2	francoarenosa	L	+
Jones, Haynes e Phillips (2010)	Resíduos verdes	nd	2,4; 4,6	areia	L	+
Karhu et al. (2011)	Madeira de lei	3,6	0,3	francossiltosa	C	0
Laird et al. (2010)	Madeira	130-153	0,5; 1; 2	francoargilosa	L	+
Lei; Zhang, (2013)	Dejetos bovinos e maravalha	14-124	5	franca	L	+
Liu et al. (2012)	Resíduos comerciais	nd	0,3; 0,6; 1,2 <sup>(2)</sup>	areia franca	C	+
Pereira et al. (2012)	Madeira	nd	6; 12; 24	areia	L	+
Ulyett et al. (2014)	Madeira	nd	3	francoarenosa	L	+
Uzoma et al. (2011)	Dejetos de vaca	nd	0,4; 0,7; 0,9	areia	C	+
Zheng et al. (2013)	Gramíneas	2,84	1; 2; 5	francossiltosa	L	+

Fonte: Adaptado de Novotny *et al.* (2015). ASE: área superficial específica do biocarvão; L: laboratório; C: condições de campo; - e +: efeito negativo e positivo do biocarvão, respectivamente; 0: sem efeito; nd: não determinado. (1) Todos os estudos incluíram um tratamento controle - solo sem biochar. (2) Taxa de aplicação de biochar transformada em massa seca (p/p) considerando uma densidade do solo de 1,3 kg dm<sup>-3</sup> para solos argilosos e siltosos; e 1,6 kg dm<sup>-3</sup> para solos arenosos em profundidade de 10 cm (quando não especificado).

Em solos arenosos, os efeitos positivos foram observados em quase todos os estudos, enquanto em solos argilosos os efeitos neutros (zero) foram relatados com maior frequência. Os efeitos positivos foram geralmente relacionados à alta área superficial específica devido à estrutura porosa do biochar (Figura 3) que favorece a retenção de água no solo (Tabela 1).

Em relação aos riscos biológicos, resíduos orgânicos rurais contém patógenos e precisam de uma higienização adequada para sua utilização no ambiente (FONGARO, 2016). No estudo realizado por Zhou *et al.* (2019), os autores investigaram a redução da disseminação de genes de resistência a antibióticos (ARGs) e elementos genéticos móveis (MGEs) de biocarvão de dejetos suínos compostado em comparação com o processo de compostagem. O resultado mostrou que os solos tratados com biochar apresentaram presença significativamente menor de ARGs e MGEs em comparação aos solos com composto proveniente de compostagem, mostrando que a disseminação de ARGs de resíduos animais para o meio ambiente pode ser efetivamente mitigada pela conversão de dejetos de suínos em biocarvão. O total de ARGs nos solos tratados com biocarvão foi inclusive semelhante à dos solos controle durante o cultivo.

Além dos genes, a co-compostagem de digestato ou resíduos orgânicos com biochar leva a uma diminuição nas emissões de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  em comparação com a compostagem de dejetos (VU *et al.*, 2015), além de aumentar a produtividade das culturas. Glaser *et al.* (2015) verificaram que a adição de  $10 \text{ Mg ha}^{-1}$  de biochar no composto levou a um aumento de 26% na produtividade de milho quando comparado ao composto puro.

Outros benefícios do processo de pirólise para produção do biochar estão na eliminação de pesticidas, contaminantes químicos farmacêuticos e outros orgânicos, e a remoção de sementes de ervas daninhas e microrganismos indesejados nos resíduos, tais como patógenos humanos e vegetais (NAVIA; CROWLEY, 2010).

Há estudos que associam a aplicação de biochar a um melhor desenvolvimento de microrganismos do solo, assim como de raízes (ATKINSON; FITZGERALD; HIPPS, 2010) e como os biocarvões em geral são mais resistente à degradação microbiana, essas qualidades podem persistir por um longo tempo (SOHI *et al.*, 2010). Entretanto, podem ocorrer efeitos negativos, sendo essa relação entre a atividade microbiana, processos biológicos e mudanças nas propriedades químicas e físicas do solo ainda em processo de estudo (ABUJABHAH *et al.*, 2016).

As propriedades químicas e microbiológicas da aplicação de diferentes doses de biocarvão produzido a partir de excrementos de aves em solos foram avaliadas por Dominchin *et al.* (2019). Os autores selecionaram três locais com diferentes intensidades de uso: solo florestal sem interferência antrópica (SF), solo agrícola sob manejo sustentável (MS) e solo agrícola sob lavoura intensiva (LI). O biocarvão foi aplicado no solo em quatro doses: sem biocarvão (controle 0%) e com biocarvão nas doses de 1% (peso biochar/peso solo), 3% e 10%. A aplicação de biochar aumentou o pH, a condutividade elétrica (CE), o carbono orgânico total (COT) e a relação C/N. Altas concentrações de biochar causaram um aumento na atividade hidrolisante do diacetato de fluoresceína (FDA) em solos agrícolas, sugerindo um aumento na atividade microbiana total. No entanto, a aplicação do biocarvão produziu uma redução na atividade da desidrogenase, principalmente no solo com MS e no solo com LI. Foi observado um aumento de actinobactérias e fungos micorrízicos em solos tratados com altas doses dos substratos. A aplicação de biocarvão aumentou a abundância de bactérias gram-negativas em comparação com o tratamento controle (sem biocarvão). Aumentos significativos nos ácidos graxos fosfolipídicos totais foram detectados após a aplicação do biochar em SF e LI, indicando um aumento na biomassa microbiana total.

Em relação a doenças em plantas, Carvalho *et al.* (2013) identificaram uma redução da infestação da brusone do arroz com a utilização de biochar de madeira.

Elad *et al.* (2010, 2011) e Harel *et al.* (2012) relataram efeitos positivos do biocarvão na diminuição de infecções fúngicas foliares de tomate, pimenta e morango, indicando assim que a aplicação de biochar ao solo pode ser benéfica, trazendo um maior poder de resposta das plantas às doenças.

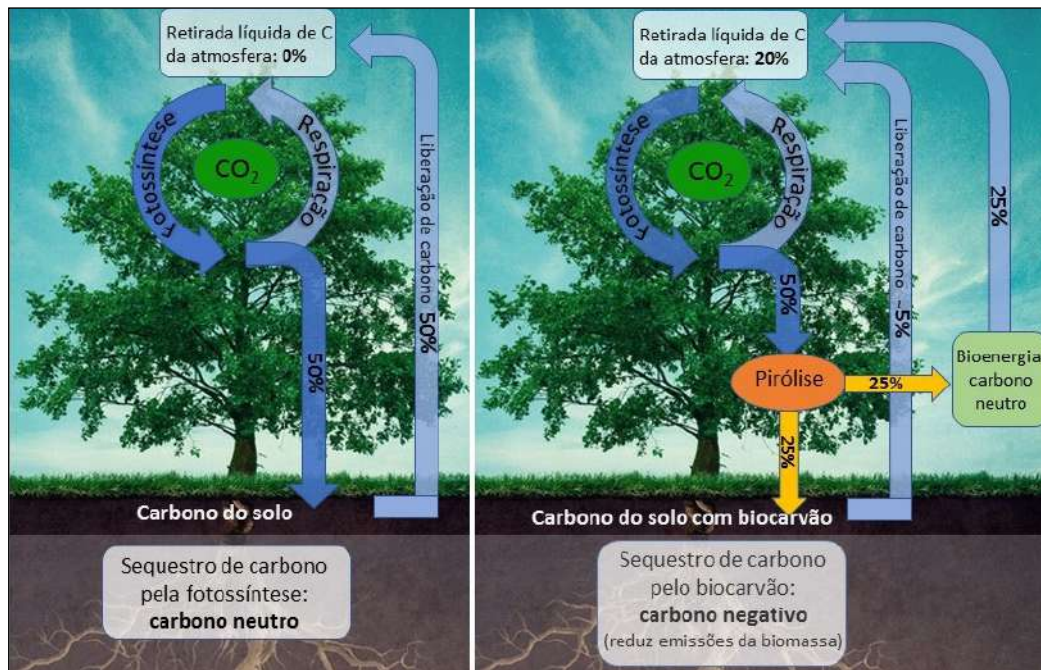
### 3.1 Biochar e mudanças climáticas: Gases de Efeito Estufa-GEE

A aplicação de biocarvão no solo é proposta como um mecanismo de sequestro de carbono, tendo sido incluída pela primeira vez em relatório do Painel Governamental Sobre Mudança do Clima (IPCC) como uma promissora tecnologia de emissão negativa de carbono (Figura 4), ou seja, tecnologias que resultam na remoção líquida de  $\text{CO}_2\text{-C}_e$  da atmosfera (IPCC, 2018). Sua aplicação gera ainda aumento do conteúdo de matéria orgânica no solo e fonte de energia e nutrientes para a biota do solo. Na avaliação do potencial sequestro de carbono pelo biocarvão, vários efeitos indiretos de sua aplicação também devem ser levados em conta, tais como o balanço do uso de fertilizantes, as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$ , e o aumento de produtividade (LIBRA *et al.*, 2011). Ao aplicar o biochar no solo ao invés de resíduos orgânicos mais lábeis, espera-se evitar a emissão de carbono em forma de GEE, sendo este carbono armazenado no solo em formas mais estáveis, comparado com a deposição destes resíduos diretamente ao solo (MADARI *et al.*, 2006).

Schouten *et al.* (2012) analisaram as emissões de C no solo (na forma de  $\text{C-CO}_2$  via respiração dos microrganismos) após a incubação com diferentes materiais em um solo arenoso em condições de laboratório. A adição de esterco bovino causou as maiores emissões de  $\text{CO}_2$ , (32%), seguido de digestato (18%) e do biocarvão, com as menores emissões (7%). As emissões de  $\text{CO}_2$  do solo com biochar se estabilizaram após 40 dias da incubação, enquanto o solo incubado com digestato e esterco continuaram liberando  $\text{CO}_2$ , mostrando uma maior estabilidade no solo do C do biochar.

Woolf *et al.* (2010) estimaram o potencial de mitigação das mudanças climáticas do biochar com a redução líquida de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso em 1,8 Gt  $\text{CO}_2\text{-C}_e$  anuais (de um total de 15,4 Pg  $\text{CO}_2\text{-C}_e$ ) e 130 Gt  $\text{CO}_2\text{-C}_e$  no século, sem comprometer a conservação do solo, habitat e segurança alimentar. Comparou-se também o potencial de mitigação do biochar em relação à combustão da mesma biomassa obtida sustentavelmente para geração de energia e chegou-se a um potencial de 12% de mitigação do biochar e de 10% da combustão, exceto em áreas com solos férteis em que essa mesma biomassa é usada como combustível.





Fonte: Adaptado de Lehmann (2007).

**Figura 4.** Ciclo do carbono e sequestro de carbono pelo uso do biocharvãõ.

O carbono resultante da decomposição natural da biomassa de plantas é mais lábil voltando para atmosfera mais rapidamente, já o carbono do biocharvãõ é mais estável, podendo então ser sequestrado no solo e inserindo este carbono em um ciclo mais lento de liberação de carbono (LEHMANN, 2007). Este autor estimou que cerca de 10% das emissões anuais de combustíveis fósseis dos EUA poderia ser sequestrado, utilizando três abordagens diferentes com o uso do biochar: 1) pirólise de resíduos florestais da produção de madeira; 2) pirólise de vegetação de crescimento rápida cultivada em terra ociosas e 3) pirólise de resíduos de culturas. Nestas três estratégias, o biochar foi adicionado ao solo, estocando assim carbono, havendo ainda um potencial maior caso os gases resultantes da pirólise também fossem utilizados na produção de energia. Portanto, conforme evidencia-se na Figura 4, combinando-se a produção bioenergética com a captação dos gases produzidos durante a pirólise, o biocharvãõ é uma tecnologia limpa para sequestro de carbono, sendo muito atrativo para subsídios à produção energética e para a sua inclusão no mercado global de créditos de carbono.

Se adicionado ao solo, o biochar pode reduzir as emissões de carbono entre 12 e 84% das empresas geradoras de bioenergia, tornando estas indústrias de carbono negativo e não somente carbono neutro. Além disso, este biochar pode ser misturado com adubos ou fertilizantes e também adicionado nos sistemas conservacionistas de uso do solo, a exemplo do sistema plantio direto, inserindo-se nos locais de produção já existentes, aumentando ainda mais o sequestro de carbono destes sistemas (LEHMANN, 2007). Lehmann *et al.* (2006) estimaram que até 12 % da emissão de C antrópico causada por mudanças no uso das terras poderia ser eliminada se, ao invés de queimada, a biomassa fosse transformada em carvão e usada para outros fins, como o agrônômico.

Uma vez que o biochar tem características diferentes de acordo com o tipo de material e a forma como foi feito, sua capacidade de estocar carbono ainda é objeto de estudo, assim como as taxas aplicadas e seus efeitos nos diferentes tipos de solos.

Zhang *et al.* (2012) observaram redução de emissões de  $N_2O$  (com maior potencial de GEE) para aplicações até 40 t/ha, entretanto nesta taxa de aplicação as emissões de  $CO_2$  foram maiores que o controle. Quando considerada uma aplicação de biochar

entre 10 a 100 ton/ha, de concentração de carbono entre 50 e 78%, e assumindo-se 1411 milhões de hectares de terras cultivadas globalmente, a capacidade de estoque de carbono através do biochar seria entre 7 e 110 Gt (OLIVEIRA *et al.*, 2017). O sequestro de 500 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>/ano poderia ser alcançado com uma produção anual de 339,4 de toneladas de biochar, o que Windeatt *et al.* (2014) estimaram ser equivalente a 1,5% das emissões anuais de CO<sub>2</sub> global.

O aumento da produtividade das culturas causada pela aplicação do biochar no solo poderia reduzir a quantidade de terras necessárias para a produção, reduzindo assim as emissões indiretas de GEE decorrentes do uso da terra (KAUFFMAN *et al.*, 2014). Estima-se que mais de dois terços das emissões totais de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) são originados dos solos, e esta emissão está diretamente associada ao uso extensivo de fertilizantes nitrogenados na agricultura (CAYUELA *et al.*, 2014). O biochar pode servir como uma estratégia para diminuir estas emissões, como observado em metanálise realizada por Borchard *et al.* (2019). Estes autores encontraram uma redução geral de emissões de N<sub>2</sub>O pela aplicação de biochar no solo de 38%, enquanto a lixiviação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi reduzida em 13% com o biochar, apresentando maiores reduções de lixiviação (>26%) com experimentos mais longos (ou seja, >30 dias). O biochar apresentou forte efeito na redução de emissão de N<sub>2</sub>O em Anthrosol (solos antropogênicos) e Arenosols (solos arenosos). Por meio da metanálise verificou-se que o uso de biochar reduziu as emissões de N<sub>2</sub>O e a lixiviação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em agricultura e horticultura, mas teve um efeito limitante nas perdas em pastagens e culturas perenes.

### 3.2 Desafios da tecnologia do biochar

Um dos desafios da tecnologia do biochar é a presença de alta quantidade de Al, Na e Cu, devido à alimentação dos animais, podendo, em altas quantidades, ser potencialmente prejudicial ao uso agrícola com culturas de interesse econômico (SINGH; SINGH; COWIE, 2010). Outro aspecto a ser considerado no processo de pirólise, é a quantidade de compostos aromáticos presentes no biochar. O estudo de Dempster *et al.* (2012) apontou um possível efeito tóxico do biochar na biomassa microbiana do solo devido a seus hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e algumas substâncias compostas orgânicas voláteis. Em relação à riscos à saúde, Hale *et al.* (2012), verificaram que a maioria dos níveis de HPAs e dioxinas totais e biodisponíveis nos biochars de pirólise lenta estavam abaixo das diretrizes ambientais europeias para os níveis de toxinas nos solos, no entanto as concentrações para o biochar de gaseificação estavam acima desses níveis seguros.

Em relação aos custos para a produção do biochar, como sua produção no país é incipiente e os processos de pirólise para esse fim não são amplamente aplicados no mercado, a análise do custo para produção de biochar, considerando toda a cadeia de custos está em estágio de desenvolvimento. Os custos relacionados à pirólise do material e a construção do equipamento ainda são objeto de estudo. Há poucos estudos que realizam uma avaliação abrangente dos custos no ciclo de vida do sistema energético baseado em biochar e que considere cada etapa do ciclo de produção e uso. Homagain *et al.* (2016) ligam a viabilidade econômica do sistema de produção de bioenergia baseado em biochar, no Canadá, aos custos de pirólise, processamento de matéria-prima (secagem, moagem e peletização), coleta e transporte e valor de compensação total de carbono fornecida pelo sistema. Entretanto, ganhos nos sistemas de produção agrícola geralmente não são levados em consideração nos estudos econômicos e de ciclo de vida dos sistemas para produção de biochar, sendo necessário incluir este aspecto nos estudos para se ter uma avaliação mais fidedigna.

### 3.3 Multifuncionalidade do biochar

O biocarvão ainda tem potencialidade como um material com multifuncionalidades. Usado como filtro, tem diversas vantagens em comparação com outros métodos de baixo custo existentes (filtro de areia, ebulição, desinfecção solar, cloração), tais como: é um adsorvente de baixo custo e renovável feito usando biomateriais e com material de fácil acesso e prontamente disponível, tornando-o apropriado à comunidades pobres; os métodos existentes eliminam predominantemente patógenos, porém os biocarvões removem contaminantes químicos, biológicos e físicos; eles mantêm as propriedades da água, enquanto os métodos existentes, podem, por exemplo, aumentar as concentrações de contaminantes químicos (por exemplo, ferver a água) (GWENZI *et al.*, 2017).

Biocarvões de dejetos de suínos e lodo de esgoto mostraram boa remoção de  $H_2S$  de biogás, sendo assim substitutos viáveis e mais baratos que o carvão ativado (XU *et al.*, 2014). Pode-se também adicionar biochar dentro de reator anaeróbio afim de reduzir o enxofre no biogás sem comprometer a geração de metano (CHOUDHURY; LANSING, 2020), sendo ainda um material interessante por transformar um resíduo da produção em um material de valor agregado usado no próprio sistema. Alguns biocarvões adicionados a biodigestores anaeróbios podem contribuir para o aumento na produção de metano (GIWA *et al.*, 2019), sendo uma ferramenta interessante de gestão de resíduos de setores agrícolas e urbanos. Pode ser usado também como material protetor de sementes em locais de reflorestamento como as “seedballs”, funcionando como capa protetora da semente contra animais e insetos, e na estação chuvosa são permeáveis o suficiente para que a semente possa germinar (GRAVES *et al.*, 2013).

#### Considerações finais

O biochar é uma ferramenta importante para melhorar a gestão de resíduos, pois permite eliminar ou diminuir o risco sanitário inerente ao manejo desses resíduos. Ao ser integrado à sistemas de geração de energia, como os biodigestores produtores de biogás, pode potencializar a produção deste gás, tornando o sistema mais sustentável e ao mesmo tempo que diminui problemas de gerenciamento dos resíduos, pode potencializar a produção das culturas, melhorar a saúde do solo e sequestrar carbono no solo, contribuindo assim para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Além disso, o biochar pode contribuir não só para o estoque de carbono direto no solo, mas evitar a emissão de outros gases de efeito estufa, como o óxido nitroso, que tem potencial danoso maior que o gás carbônico.

Por seu potencial em aumentar a capacidade de troca catiônica dos solos, a retenção de água, a formação de macroagregados, está intimamente associado com a recuperação e melhoria da saúde de solos, mitigação das mudanças climáticas e aumento da produtividade das culturas. Pode ainda servir para diminuição das contaminações ambientais por poluentes orgânicos e inorgânicos, microrganismos patogênicos, metais pesados, pesticidas e contaminantes farmacêuticos, além de ter propriedades promissoras como filtro de água e gases, sendo um produto com multifuncionalidade de aplicação e que pode ajudar a tornar os sistemas de produção mais sustentáveis.

Os custos da tecnologia do biocarvão ainda precisam ser melhor estudados, e é importante que os estudos englobem também os potenciais ganhos ou perdas na sustentabilidade dos sistemas, para assim se obter valores mais fundamentados para a adoção desta tecnologia. Riscos ambientais como a concentração de alguns potenciais contaminantes no biochar ao aplicá-lo no solo precisam ser levados em consideração,

a correta gestão dos gases resultantes da pirólise, assim como a segurança do processo para os trabalhadores, para que a tecnologia seja na prática sustentável.

Portanto, o biochar tem grande potencial de aplicação, por ajudar na sustentabilidade de desafios globais, por sua multifuncionalidade de usos, característica variada, podendo ser produzido de acordo com a finalidade que será utilizado, ter segurança sanitária, ser mitigador de gases de efeito estufa e por ser uma boa ferramenta para gestão de resíduos orgânicos. O biocarvão é um meio para resolver potenciais problemas que enfrentamos, contudo não vem para resolver todos os problemas, uma vez que a maior parte destes problemas são causados pela insustentabilidade do modo como produzimos, consumimos e lidamos com nossos os resíduos. Se a tecnologia vier acompanhada de uma perspectiva de mudança, tornando os sistemas mais sustentáveis, ela é um produto e uma ferramenta interessante, caso contrário será só mais uma tecnologia que tratará dos sintomas sem serem resolvidas as causas do problema.

## Referências

- ABEL, S.; PETERS, A.; TRINKS, S.; SCHONSKY, H.; FACKLAM, M.; WESSOLEK, G. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. **Geoderma**, v. 202, p. 183-191, 2013.
- ABUJABHAH, I. S.; DOYLE, R.; BOUND, S. A.; BOWMAN, J. P. The effect of biochar loading rates on soil fertility, soil biomass, potential nitrification, and soil community metabolic profiles in three different soils. **Journal of soils and sediments**, v. 16, n. 9, p. 2211-2222, 2016.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; PUJOL, S. B.; NICOLOSO, R. S.; CORRÊA, J. C. Aproveitamento dos dejetos de suínos e bovinos como fertilizantes: impactos ambientais e estratégias de mitigação. In: PALHARES, J. C. P.; GLEBER, L. (Ed.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, p. 199-282.
- AHMAD, M., RAJAPAKSHA, A. U., LIM, J. E., ZHANG, M., BOLAN, N., MOHAN, D. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. **Chemosphere**, v. 99, p.19-33, 2014.
- ASAI, H.; SAMSON, B. K.; STEPHAN, H. M.; SONGYIKHANGSUTHOR, K.; HOMMA, K.; KIYONO, Y.; INOUE, Y.; SHIRAIWA, T.; HORIE, T. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. **Field crops research**, v. 111, p. 81-84, 2009.
- ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant and soil**, v. 337, p. 1-18, 2010.
- BASSO, A. S.; MIGUEZ, F. E.; LAIRD, D. A.; HORTON, R.; WESTGATE, M. Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of sandy soils. **Gcb Bioenergy**, v. 5, p. 132-143, 2013.
- BEESELEY, Luke; MORENO-JIMÉNEZ, E.; GOMEZ-EYLES, J.L. Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. **Environmental pollution**, v. 158, n. 6, p. 2282-2287, 2010.
- BORCHARD, N.; SCHIRRMANN, M.; CAYUELA, M. L.; KAMMANN, C.; WRAGE-MÖNNIG, N.; ESTAVILLO, J. M.; FUERTES-MENDIZÁBAL, T.; SIGUA, G.; SPOKAS, K.; IPPOLITO, J. A.; NOVAK, J. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N<sub>2</sub>O emissions: a meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 2354-2364, 2019.
- BOLAN, N.; KUNHIKRISHNAN, A.; THANGARAJAN, R.; KUMPIENE, J.; PARK, J.; MAKINO, T.; KIRKHAM, M. B.; SCHECKEL, K. Remediation of heavy metal (loid) s contaminated soils—to mobilize or to immobilize?. **Journal of hazardous materials**, v. 266, p. 141-166, 2014.
- BUDI, S. W.; SETYANINGSIH, L. Arbuscular mycorrhizal fungi and biochar improved early growth of neem (*Melia azedarach* Linn.) seedling under greenhouse conditions.

- Journal Manajemen Hutan Tropika**, v. 19, n. 2, p. 103-110, 2013.
- BREWER, C. E.; HU, Y. Y.; SCHMIDT-ROHR, K.; LOYNACHAN, T. E.; LAIRD, D. A.; BROWN, R. C. Extent of pyrolysis impacts on fast pyrolysis biochar properties. **Journal of environmental quality**, v. 41, p. 1115-1122, 2012.
- BROCKHOFF, S. R.; CHRISTIANS, N. E.; KILLORN, R. J.; HORTON, R.; DAVIS, D. D. Physical and mineral-nutrition properties of sand-based turfgrass root zones amended with biochar. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 1627-1631, 2010.
- CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; BASTIAANS, L.; VAN OORT, P. A. J.; HEINEMANN, A. B.; DA SILVA, M. A. S.; MAIA, A. H. N.; MEINKE, H. Biochar improves fertility of a clay soil in the Brazilian Savannah: short term effects and impact on rice yield. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)**, v. 114, p. 101-107, 2013.
- CAYUELA, M. L.; CAYUELA, M. L.; VAN ZWIETEN, L.; SINGH, B. P.; JEFFERY, S.; ROIG, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 191, p. 5-16, 2014.
- CHAMBERS, B. J.; TAYLOR, M. The use of digestate as a substitute for manufactured fertilizer. In: KORRES, N.; O'KIELY, P.; BENZIE, J. A. H.; WEST, J. S. **Bioenergy production by anaerobic digestion: using agricultural biomass and organic wastes**. Routledge, 2013. p. 389-404.
- CHAN, K. Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. Using poultry litter biochars as soil amendments. **Soil Research**, v. 46, n. 5, p. 437-444, 2008.
- CHEN, Y.; SHINOGLI, Y.; TAIRA, M. Influence of biochar use on sugarcane growth, soil parameters, and groundwater quality. **Soil Research**, v. 48, p. 526-530, 2010.
- CHOUDHURY, A.; LANSING, S. Biochar addition with Fe-impregnation to reduce H<sub>2</sub>S production from anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, p. 123121, 2020.
- DEMPSTER, D. N.; JONES, D. L.; MURPHY, D. V. Clay and biochar amendments decreased inorganic but not dissolved organic nitrogen leaching in soil. **Soil Research**, v. 50, p. 216-221, 2012.
- DEMPSTER, D. N.; GLEESON, D. B.; SOLAIMAN, Z. I.; JONES, D. L.; MURPHY, D. V. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. **Plant and Soil**, v. 354, p. 311-324, 2012.
- DEVEREUX, R. C.; STURROCK, C. J.; MOONEY, S. J. The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth. **Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 103, p. 13-18, 2012.
- DOMINCHIN, M. F.; VERDENELLI, R. A.; VARGAS GIL, S.; AOKI, A. M.; MARIN, R. H.; MERILES, J. M. Efecto de la aplicación de biochar avícola sobre las propiedades químicas y microbiológicas de una suelo Haplustol típico con diferentes intensidades de uso. **Ciencia del Suelo**, 2019.
- ELAD, Y.; CYTRYN, E.; HAREL, Y. M.; LEW, B.; GRABER, E. R. The biochar effect: plant resistance to biotic stresses. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 50, p. 335-349, 2011.
- ELAD, Y.; DAVID, D. R.; HAREL, Y. M.; BORENSHTEIN, M.; KALIFA, H. B.; SILBER, A.; GRABER, E. R. Induction of systemic resistance in plants by biochar, a soil-applied carbon sequestering agent. **Phytopathology**, v. 100, p. 913-921, 2010.
- EPE-EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Impactos da participação do biogás e biometano na matriz energética**, São Paulo, 2017. Disponível em: [http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-244/topico-257/EPE\\_IV%20FORUM%20BIOGAS\\_JOSE%20MAURO\\_2017\\_1710.pdf#search=biog%C3%A1s](http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-244/topico-257/EPE_IV%20FORUM%20BIOGAS_JOSE%20MAURO_2017_1710.pdf#search=biog%C3%A1s). Acesso em: 28 jul. 2019.
- FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food and Agriculture 2018. Migration, agriculture and rural development**. Rome, 2018.
- FELLET, G.; MARCHIOL, L.; DELLE VEDOVE, G.; PERESSOTTI, A. Application of biochar on

mine tailings: effects and perspectives for land reclamation. **Chemosphere**, v. 83, p. 1262-1267, 2011.

FONGARO, G. **A higienização de dejetos suínolas visando reciclo agrícola sanitariamente seguro**. 2016. 244 f. Tese (Doutorado) - Programa de Biotecnologia e Biociência, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

GIWA, A. S.; XU, H.; CHANG, F.; WU, J.; LI, Y.; ALI, N.; DING, S.; WANG, K. Effect of biochar on reactor performance and methane generation during the anaerobic digestion of food waste treatment at long-run operations. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 4, p. 103067, 2019.

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. **Biology and fertility of soils**, v. 35, p. 219-230, 2002.

GLASER, B.; WIEDNER, K.; SEELIG, S.; SCHMIDT, H. P.; GERBER, H. Biochar organic fertilizers from natural resources as substitute for mineral fertilizers. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 667-678, 2015.

GRAVES, D.; MYCORRHIZAS, N.; MOTUEKA, A.; ZEALAND, N. **Biochar and Soil Mix in Geo-Textile Bags Offers Improved Methods To Collect and Propagate Mycorrhizal Fungal Inocula**. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/245536059>. Acesso em: 28 jul. 2019.

GUL, S.; WHALEN, J. K.; THOMAS, B. W.; SACHDEVA, V.; DENG, H. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 206, p. 46-59, 2015.

GWENZI, W.; CHAUKURA, N.; NOUBACTEP, C.; MUKOME, F. N. Biochar-based water treatment systems as a potential low-cost and sustainable technology for clean water provision. **Journal of environmental management**, v. 197, p. 732-749, 2017.

HALE, L.; LUTH, M.; CROWLEY, D. Biochar characteristics relate to its utility as an alternative soil inoculum carrier to peat and vermiculite. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 81, p. 228-235, 2015.

HALE, S. E.; LEHMANN, J.; RUTHERFORD, D.; ZIMMERMAN, A. R.; BACHMANN, R. T.; SHITUMBANUMA, V.; O'TOOLE, A.; SUNDQVIST, K. L.; HARP, H. P. H.; CORNELISSEN, G. Quantifying the total and bioavailable polycyclic aromatic hydrocarbons and dioxins in biochars. **Environmental science & technology**, v. 46, p. 2830-2838, 2012.

HAREL, Y. M.; ELAD, Y.; RAV-DAVID, D.; BORENSTEIN, M.; SHULCHANI, R.; LEW, B.; GRABER, E. R. Biochar mediates systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. **Plant and Soil**, v. 357, p. 245-257, 2012.

HOMAGAIN, K.; SHAHI, C.; LUCKAI, N.; SHARMA, M. Life cycle cost and economic assessment of biochar-based bioenergy production and biochar land application in Northwestern Ontario, Canada. **Forest Ecosystems**, v. 3, p. 21, 2016.

IBI-INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. **Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil**: versão 2.1. IBI, 2015.

IBRAHIM, H. M.; AL-WABEL, M. I.; USMAN, A. R.; AL-OMRAN, A. Effect of Conocarpus biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil. **Soil science**, v. 178, p. 165-173, 2013.

IJIMA, M.; YAMANE, K.; IZUMI, Y.; DAIMON, H.; MOTONAGA, T. Continuous application of biochar inoculated with root nodule bacteria to subsoil enhances yield of soybean by the nodulation control using crack fertilization technique. **Plant Production Science**, v. 18, n. 2, p. 197-208, 2015.

IPCC-PAINEL GOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. In: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P. R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J. B. R.; CHEN,

- Y.; ZHOU, X.; GOMIS, M. I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M.; WATERFIELD, T. (eds.). **Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.** 2018 Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_Chapter2\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf). Acesso em: 30 jul. 2019.
- ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. **Agroindústria BNDES Setorial**, n. 44, p. 125-156, 2016. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9974/2/BS%2044%20Impactos%20ambientais%20da%20suinocultura\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9974/2/BS%2044%20Impactos%20ambientais%20da%20suinocultura_P.pdf). Acesso em: 28 jul. 2019.
- JONES, B. E. H.; HAYNES, R. J.; PHILLIPS, I. R. Effect of amendment of bauxite processing sand with organic materials on its chemical, physical and microbial properties. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 2281-2288, 2010.
- KAUFFMAN, N.; DUMORTIER, J.; HAYES, D. J.; BROWN, R. C.; LAIRD, D. A.; Producing energy while sequestering carbon? The relationship between biochar and agricultural productivity. **Biomass and Bioenergy**, v. 63, p. 167-176, 2014.
- KARHU, K.; MATTILA, T.; BERGSTRÖM, I.; REGINA, K. Biochar addition to agricultural soil increased CH<sub>4</sub> uptake and water holding capacity—Results from a short-term pilot field study. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 140, p. 309-313, 2011.
- KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato.** Concórdia, SC: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. p. 95.
- LAGHARI, M.; NAIDU, R.; XIAO, B.; HU, Z.; MIRJAT, M. S.; HU, M.; KANDHRO, M. N.; CHEN, Z.; GUO, D.; JOGI, Q.; ABUDI, Z. N.; FAZAL, S. Recent developments in biochar as an effective tool for agricultural soil management: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p. 4840-4849, 2016.
- LAIRD, D. A.; FLEMING, P.; DAVIS, D. D.; HORTON, R.; WANG, B.; KARLEN, D. L. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. **Geoderma**, v. 158, p. 443-449, 2010.
- LAWRINENKO, M.; LAIRD, D. A. Anion exchange capacity of biochar. **Green Chemistry**, v. 17, n. 9, p. 4628-4636, 2015.
- LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: science, technology and implementation.** Londres, Reino Unido: Earthscan, 2009.
- LEHMANN, J. A handful of carbon. **Nature**, v. 447, n. 7141, p. 143-144, 2007.
- LEHMANN, J.; GAUNT, J. RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. **Mitigation and adaptation strategies for global change**, v. 11, n. 2, p. 403-427, 2006.
- LEHMANN, J.; RILLIG, M.C.; THIES, J.; MASIELLO, C.A.; HOCKADAY, W.C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota—a review. **Soil Biol. Biochem.** n. 43, p. 1812-1836, 2011.
- LEHMANN, J.; SILVA JUNIOR, J. P.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; CLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant Soil**. n. 249, p. 343-357, 2003.
- LEI, O.; ZHANG, R. Effects of biochars derived from different feedstocks and pyrolysis temperatures on soil physical and hydraulic properties. **Journal of Soils and Sediments**, v. 13, p. 1561-1572, 2013.
- LIBRA, J. A.; RO, K. S.; KAMMANN, C.; FUNKE, A.; BERGE, N. D.; NEUBAUER, Y.; TITIRICI, M. M.; FÜHNER, C.; BENS, O.; KERN, J.; EMMERICH, K. H. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. **Biofuels**, v. 2, p. 71-106, 2011.
- LIU, C.; WANG, H.; TANG, X.; GUAN, Z.; REID, B. J.; RAJAPAKSHA, A. U.; OK, Y. S.; SUN, H.

Biochar increased water holding capacity but accelerated organic carbon leaching from a sloping farmland soil in China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, p. 995-1006, 2016.

LIU, J.; SCHULZ, H.; BRANDL, S.; MIEHTKE, H.; HUWE, B.; GLASER, B. Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, p. 698-707, 2012.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R.; CASTRO, L. M.; SANTOS, J. L.; BENITES, V. M.; ROCHA, A. O.; MACHADO, P. L. O. A. **Comunicado Técnico 125**. Goiânia, GO. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 2006. 4 p.

NAVIA, R.; CROWLEY, D.E. Closing the loop on organic waste management: biochar for agricultural land application and climate change mitigation. **Waste Management and Research**, v. 28, p. 479-480, 2010.

NOVOTNY, E. H.; MAIA, C. M. B. D. F.; CARVALHO, M. T. D. M.; MADARI, B. E. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use—a critical review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 321-344, 2015.

OLIVEIRA, F. R.; PATEL, A. K.; JAISI, D. P.; ADHIKARI, S.; LU, H. Environmental application of biochar: Current status and perspectives. **Bioresource Technology**, v. 246, p. 110–122, 2017.

PEREIRA, R. G.; HEINEMANN, A. B.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. D. M.; KLIEMANN, H. J.; SANTOS, A. P. D. Transpiration response of upland rice to water deficit changed by different levels of eucalyptus biochar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 716-721, 2012.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 761-768, 2012.

PHAM, M.; SCHIDEMAN, L.; SHARMA, B. K.; ZHANG, Y.; CHEN, W. T. Effects of hydrothermal liquefaction on the fate of bioactive contaminants in manure and algal feedstocks. **Bioresource technology**, v. 149, p. 126-135, 2013.

RODRIGUEZ, L. **Integrated Farming Systems for Food and Energy in a Warming**. (Dissertação). Resource-depleting World. Humboldt-Universität zu Berlin, p. 150, 2012.

RUIVO, M. L. P.; AMARANTE, C. B.; OLIVEIRA, M. L. S.; MUNIZ, I. C. M.; SANTOS, D. A. M. Microbial population and biodiversity in Amazonian Dark Earth soils. In: WOODS, W. I.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; STEINER, C.; WINKLEPRINS, A.; REBELLATO, L. **Amazonian dark earths: wim sombroek's vision**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 351-362.

SCHOUTEN, S.; van GROENIGEN, J. W.; OENEMA, O.; CAYUELA, M. L. Bioenergy from cattle manure? Implications of anaerobic digestion and subsequent pyrolysis for carbon and nitrogen dynamics in soil. **Gcb Bioenergy**, v. 4, n. 6, p. 751-760, 2012.

SCHULZ, H.; GLASER, B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, n. 3, p. 410-422, 2012.

SILVA, G. P. da; MARQUES, S. M. T. Impacto dos maus odores decorrentes da suinocultura na saúde de moradores rurais no município de Concórdia, Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 3, n. 2, p. 135-141, 2004.

SINGH, B.; SINGH, B. P.; COWIE, A. L. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. **Soil Research**, v. 48, n. 7, p. 516-525, 2010.

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R.; A review of biochar and its use and function in soil. In: SPARKS, D. L. (ed.). **Advances in agronomy**. Burlington: Academic Press, 2010. p. 47-82.

SPOKAS, K. A.; KOSKINEN, W. C.; BAKER, J. M.; REICOSKY, D. C. Impacts of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicides in a Minnesota soil. **Chemosphere**, v. 77, n. 4, p. 574-581, 2009.

SUN, F.; LU, S. Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties



- of clayey soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, n. 1, p. 26-33, 2014.
- TAN, X. F.; LIU, S. B.; LIU, Y. G.; GU, Y. L.; ZENG, G. M.; HU, X. J.; WANG, X.; LIU, S.; JIANG, L. H. Biochar as potential sustainable precursors for activated carbon production: multiple applications in environmental protection and energy storage. **Bioresource technology**, v. 227, p. 359-372, 2017.
- TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; DIEKOW, J.; MANGRICH, A. S.; HIGA, R. C. V. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 875-887, 2018.
- ULYETT, J.; SAKRABANI, R.; KIBBLEWHITE, M.; HANN, M. Impact of biochar addition on water retention, nitrification and carbon dioxide evolution from two sandy loam soils. **European Journal of Soil Science**, v. 65, n. 1, p. 96-104, 2014.
- UCHIMIYA, M.; LIMA, I. M.; KLASSON, K. T.; WARTELLE, L. H. Contaminant immobilization and nutrient release by biochar soil amendment: Roles of natural organic matter. **Chemosphere**, v. 80, n. 8, p. 935-940, 2010.
- UZOMA, K. C.; INOUE, M.; ANDRY, H.; FUJIMAKI, H.; ZAHOOR, A.; NISHIHARA, E. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. **Soil use and management**, v. 27, n. 2, p. 205-212, 2011.
- VERHEIJEN, F.; JEFFERY, S.; BASTOS, A. C.; Van der VELDE, M.; DIAFAS, I. Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. **EUR 24099**, p. 162, 2010.
- VU, Q. D.; NEERGAARD, A. de; TRAN, T. D.; HOANG, H. T. T.; VU, V. T. K.; JENSEN, L. S. Greenhouse gas emissions from passive composting of manure and digestate with crop residues and biochar on small-scale livestock farms in Vietnam. **Environmental technology**, v. 36, n. 23, p. 2924-2935, 2015.
- WANG, G.; LI, Q.; DZAKPASU, M.; GAO, X.; YUWEN, C.; WANG, X. C. Impacts of different biochar types on hydrogen production promotion during fermentative co-digestion of food wastes and dewatered sewage sludge. **Waste management**, v. 80, p. 73-80, 2018.
- WOOLF, D.; AMONETTE, J. E.; STREET-PERROTT, F. A.; LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Sustainable biochar to mitigate global climate change. **Nature communications**, v. 1, p. 56, 2010.
- WINDEATT, J. H., Ross, A. B., Williams, P. T., Forster, P. M., Nahil, M. A., Singh, S. Characteristics of biochars from crop residues: potential for carbon sequestration and soil amendment. **Journal of environmental management**, v. 146, p. 189-197, 2014.
- XU, X.; CAO, X.; ZHAO, L.; SUN, T. Comparison of sewage sludge- and pig manure-derived biochars for hydrogen sulfide removal. **Chemosphere**, v. 111, p. 296-303, 2014.
- YAMATO, M.; OKIMORI, Y.; WIBOWO, I. F.; ANSHORI, S.; OGAWA, M. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. **Soil science and plant nutrition**, v. 52, n. 4, p. 489-495, 2006.
- ZHANG, K.; CHENG, X.; DANG, H.; YE, C.; ZHANG, Y.; ZHANG, Q. Linking litter production, quality and decomposition to vegetation succession following agricultural abandonment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 803-813, 2013.
- ZHANG, A.; LIU, Y.; PAN, G.; HUSSAIN, Q.; LI, L.; ZHENG, J.; ZHANG, X. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. **Plant and Soil**, v. 351, p. 263-275, 2012.
- ZHENG, H.; WANG, Z.; DENG, X.; HERBERT, S.; XING, B. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. **Geoderma**, v. 206, p. 32-39, 2013.
- ZHOU, X.; QIAO, M.; SU, J. Q.; WANG, Y.; CAO, Z. H.; CHENG, W. D.; ZHU, Y. G. Turning pig manure into biochar can effectively mitigate antibiotic resistance genes as organic fertilizer. **Science of The Total Environment**, v. 649, p. 902-908, 2019.

# CIÊNCIA E SOCIEDADE: BUSCANDO CAMINHOS PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM TEMPOS DE COMUNICAÇÃO DIGITAL

Tabita Teixeira<sup>1</sup>

Fernanda da Rocha Brando<sup>2</sup>

## Introdução

A conexão entre ciência e sociedade já é bem discutida no cenário acadêmico e, de forma geral, produtos/aspectos desta discussão estão inseridos no cotidiano dos cidadãos por meio das diferentes formas de comunicação de massa. No entanto, alguns questionamentos se voltam para o que de fato está sendo emitido e compreendido nesta comunicação.

Precisamos avançar na compreensão sobre a relação entre sociedade e ambiente em tempos de informação e tecnologias de comunicação disponíveis em grande quantidade, buscando respostas que ainda não estão bem esclarecidas nesta segunda década do século XXI, onde as consequências exacerbadas da intervenção humana no meio exigem uma educação mais questionadora e protagonista.

Na perspectiva educacional da Educação Ambiental, exploramos neste capítulo o universo da educação e comunicação digital buscando caminhos para uma formação cidadã que compreenda os desafios dos nossos tempos em relação à socialização das informações e tomada de decisões coerentes envolvendo diferentes ator@s sociais, interesses, expectativas, desejos e visões de mundo.

## Qual a relação da Educação Ambiental com a Educomunicação?

O meio ambiente saudável é um direito de todos os brasileiros e brasileiras, como consta no Artigo 225 da República Federativa do Brasil de 1988, ressaltando que “Todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). Apesar desse direito e dever, os impactos socioambientais como o desmatamento, a falta de saneamento básico, a extrema pobreza, a fome e os desastres naturais atingem principalmente a população mais vulnerável, que carece de ações e de políticas públicas, ambientais, econômicas e sociais, bem como de informação e formação para entender questões básicas sobre sustentabilidade.

---

<sup>1</sup> Tecnóloga em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela FATEC-JAHU. Especialista em Educação Ambiental para a Sustentabilidade, Mestra em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para o Ensino das Ciências Ambientais (PPG-PROFCIAMB) - USP/São Carlos. E-mail: tabitateixeira@gmail.com.

<sup>2</sup> Prof<sup>a</sup>. Livre Docente do Departamento de Biologia e orientadora no PPG em Biologia Comparada da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP e do PPG-PROFCIAMB - USP/São Carlos. E-mail: ferbrando@ffclrp.usp.br.

Isso nos leva a crer que os sistemas sociais (político, jurídico, econômico, científico e tecnológico) devem fornecer os meios para a transição da sociedade tendo em vista o meio ambiente equilibrado, mas o que realmente constrói essas bases é a educação, pois ela propicia as mudanças para atingirmos a ética ecológica (BRASIL, 2005b).

Para Freire (1971), a educação possui um processo de comunicação social e prática de liberdade, permitindo a “tomada de consciência” para a construção da autonomia e da emancipação, levando a base da democracia e da cidadania. Para Sorrentino *et al.* (2005), a Educação Ambiental permite essa transformação social, visando a superação das injustiças ambientais e das desigualdades sociais. Ao contrário do que muitos ainda pensam, a Educação Ambiental não se refere apenas ao meio físico natural e de proteção e conservação do meio ambiente, mas também ao ambiente como um todo em que o sujeito está inserido e interagindo, com seus aspectos sociais, culturais e históricos. A complexidade dessa dinâmica e a percepção ambiental irão interferir em como o indivíduo entende, sente, reflete e age sobre o seu meio ambiente. Cabe destacar que a percepção das populações interfere também nas suas resiliências que podem ser afetadas quanto às pressões socioambientais.

A Política Nacional de Educação Ambiental, Lei Federal nº 9.795/1999, destaca que a Educação Ambiental é um processo onde o indivíduo e o coletivo constroem conhecimentos, valores sociais, habilidades, atitudes e competências voltadas para a cidadania e a conservação do meio ambiente (BRASIL, 1999). Ela é participativa, interdisciplinar, transversal e permanente, devendo fazer parte de todos os processos educativos, como o ensino formal, não formal e até informal, se atualizarmos este último para os dias de hoje, no mundo digital.

Para Fernandes (2010), a mudança de valores e de comportamentos das pessoas envolvidas com o seu ambiente só é possível por meio da formação de consciência crítica em relação às problemáticas socioambientais. De acordo com Sorrentino *et al.* (2005), isso se deve à mudança de paradigma que implica na revolução científica e política, ou seja, decorrem do sentimento de necessidade por uma mudança. Por isso a Educação Ambiental é um processo educativo direcionado para uma cidadania ativa, cujos sentidos de pertencimento e de corresponsabilidade buscam a compreensão e a superação dos problemas socioambientais, de forma coletiva e organizada.

Dentre os objetivos da Educação Ambiental, destaca-se também a importância da compreensão integrada do meio ambiente socioambiental e da dinâmica de suas relações, fortalecendo a consciência crítica e a democratização das informações (BRASIL, 1999). Para Grün (1996), os assuntos relacionados à área socioambiental devem se tornar públicos para que a sociedade tome conhecimento e possa participar das reflexões e também da tomada de decisões. Portanto, é dever “nosso”, produtor@s de conhecimentos científicos e técnicos, democratizar as informações, fazer chegá-las até à sociedade, seja por meio impresso, digital, oral ou escrito, não se limitando apenas às trocas nas comunidades acadêmicas e nas publicações de artigos científicos. As novas tecnologias de informação e comunicação disponibilizam ferramentas que facilitam o compartilhamento dos conhecimentos, além de propiciar espaços de diálogos populares que permitam a transição dessas informações. É nesse cenário que se apresenta a educomunicação, tendo em vista que:

A livre troca de ideias, informações e símbolos que nutrem os cidadãos e reabastecem o sistema como um todo tem sido vistos há muito tempo como uma base central das sociedades democráticas (FENTON; FREEDMAN, 2018, p. 108).

De acordo com Citelli, Soares e Lopes (2019), a educomunicação revelou-se como uma perspectiva social em reação ao autoritarismo das ditaduras latino-americanas dos anos 1960, frente à violência e à censura. A partir das repressões e

proibições violentas, jornalistas, professores, artistas, intelectuais e grupos populares criaram estratégias e ações comunicativo-educativas que permitiram a circulação das informações e do conhecimento na época. Segundo esses mesmos autores, a construção da nomenclatura “educomunicação” partiu de três incitações: do reconhecimento do direito à comunicação a partir das lutas sociais latino-americanas; dos resultados de pesquisas realizadas com comunicadores-educadores de vários países latino-americanos, coordenados pelo professor Ismar de Oliveira Soares (2011); e o reconhecimento de que tal termo não se tratava da leitura crítica da comunicação ou da educação para os meios (*media education*), adotada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco).

A Educomunicação é um campo onde se permite a implementação de políticas de comunicação educativa, tendo como objetivos estimular e difundir a comunicação popular participativa dentro do campo da Educação Ambiental, contribuindo assim para a elaboração e a implementação da Política Nacional de Comunicação e Informação Ambiental. Cabe destacar que esta política tem como base os princípios da democratização, a promoção da autonomia e emancipação, permitindo condições de inclusão, de participação na criação e na gestão dos meios de comunicação, e não apenas o repasse e acesso às informações (BRASIL, 2008).

Em se tratando da Educomunicação Socioambiental - difusa, de massa -, esta possui como estratégias de comunicação a finalidade educacional e de tomada de decisão, como produção e distribuição de materiais educacionais, campanhas de Educação Ambiental e o uso de meios de largo alcance (SORRENTINO *et al.*, 2005). De acordo com Brasil (2008), são princípios norteadores:

1. Compromisso com o diálogo permanente e continuado;
2. Compromisso com a interatividade e produção participativa de conteúdos;
3. Compromisso com a transversalidade no uso de formatos de mídia;
4. Compromisso com o Encontro/Diálogo de Saberes;
5. Compromisso com proteção e valorização do conhecimento tradicional e popular;
6. Compromisso com a democratização da comunicação e com a acessibilidade à informação socioambiental;
7. Compromisso com o direito à comunicação;
8. Compromisso com a não discriminação e o respeito à individualidade e diversidade humana.

Para Aguaded (2016), a Educomunicação ganhou importância ao longo das últimas décadas, uma vez que os meios de comunicação e as novas tecnologias fazem parte tanto em nossos tempos livres quanto no trabalho. Para o autor, não possuímos problemas quanto ao acesso à informação, mas ao excesso dela ou de má qualidade, por isso ele acredita que nesse mundo conectado convivemos com duas dimensões: a libertadora e a manipuladora:

Os estudos concluem que as tecnologias não são a chave, as pessoas é que o são. Quando temos competência para o uso (capacidades, atitudes etc.) elas se transformam em instrumentos libertadores e de excelentes possibilidades de crescimento em nossa vida. Portanto, as tecnologias não são nem boas nem ruins, depende do uso que sejamos capazes de fazer delas, e isso dependerá de nossa formação, de nossa educação diante da mídia. (AGUADED, 2016, p. 101).

Dessa forma, podemos observar que a Educomunicação permite o planejamento, a criação e o desenvolvimento de ecossistemas educativos, mediados pelos processos de comunicação e por suas tecnologias, possibilitando a transformação do indivíduo junto

com um grupo a construir redes educativas de comunicação (BRASIL, 2008; TRAJBER, 2005). Cabe destacar que esses espaços podem ser tanto físicos quanto virtuais, devendo utilizar como ferramentas as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) como *softwares* (programas e aplicativos), *hardwares* (televisão, rádio, computador, celular, *smartphone*, *tablet*, GPS, entre outros) e a Internet (BARANAUSKAS; VALENTE, 2013). Para Pereira e Silva (2010), as TDICs criam canais de diálogos menos burocráticos e permitem a transparência das informações das atividades do governo e de instituições

### Por que é importante a socialização das informações?

Dentro das diretrizes de comunicação e Educação Ambiental do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu Artigo 2º da Resolução 422/10, evidencia-se a promoção da educomunicação com o destaque aos impactos antrópicos e definição das responsabilidades humanas, por meio do acesso à informação e aos conhecimentos científicos em linguagem adequada ao público envolvido (BRASIL, 2010).

Quando tratamos de divulgação científica nesse capítulo, não estamos nos referindo à produção e publicação de artigos científicos e muitos menos sobre eventos acadêmicos onde se encontram estudiosos e pessoas da área, e sim na divulgação para a população nos meios formais, não formais e informais. De acordo com Façanha, Nápolis e Luz (2016), a divulgação científica é uma área da Comunicação cujos objetivos consistem em divulgar e difundir informações relacionadas a ciência, tecnologia, inovação e conhecimento científico, para aproximar o cidadão desses contextos. Ela foi motivada e atendeu a diversos interesses conforme os anos, de acordo com o contexto histórico, cultural e científico de cada época. Quando o conhecimento científico passa pela “informalidade do discurso”, torna a ciência mais acessível, e o processo de educomunicação permite a promoção da cidadania e do protagonismo social, uma vez que a divulgação científica interfere nos hábitos, na rotina e no modo de pensar e agir da população.

Para Albagli (1996), as informações científicas devem estar relacionadas à vida cotidiana da população, como higiene, nutrição, saúde, pesticidas, etc., além de instrumentalizá-la para que assimile criticamente e que possa contribuir com o avanço científico-tecnológico. Para a autora, a divulgação científica pode assumir diferentes objetivos:

- **Educacional:** transmissão prática da informação científica e esclarecimentos para o público. Também objetiva estimular a curiosidade científica.
- **Cívico:** transmitir informação quanto aos impactos do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a sociedade, ampliando a consciência cidadã.
- **Mobilização popular:** transmitir informação científica de forma que instrumentalize atores e atrizes a participarem e intervir nas políticas públicas e na escolha de melhores tecnologias.

Entretanto, para Negri, Hernandez e Alves (2019), tanto a comunicação facilitada quanto as redes sociais, proporcionadas pelas tecnologias nos últimos anos, permitiram com que pequenos grupos se expressassem e que suas teses, ideias e teorias adquirissem visibilidade e fossem discutidas, opondo-se aos conhecimentos científicos, como é o caso daqueles que acreditam e difundem que a Terra é plana, conhecidos como “terraplanistas”. Apesar disso, pelos estudos apontados pelos autores, a maior parte da população mundial acredita ainda no conhecimento científico e nas instituições que o produz (NEGRI; HERNANDEZ; ALVES, 2019).

Em contraponto, também encontramos aderência, por parte de alguns indivíduos, nas “pseudociências”, aquelas que se baseiam em rumores e anedotas para poderem confirmar fatos, cujos resultados sempre estão baseados em estudos científicos e aprofundados, mas nunca mostram as suas verdadeiras fontes (KNOBEL, 2008). Segundo o autor, muitos sujeitos

conseguem viver normalmente sem saber diferenciar se uma notícia é realmente científica ou pseudociência, podendo acarretar em complicações futuras, como no caso da saúde. Para Knobel (2008), é necessário a alfabetização científica e tecnológica como ele confirma:

Em uma sociedade onde a ciência e a tecnologia são agentes de mudanças econômicas e sociais, o analfabetismo científico e tecnológico, seja dos políticos e/ou da população em geral, por exemplo, pode ser um fator crucial para determinar decisões que afetarão o nosso futuro próximo, e conseqüentemente o nosso bem estar social. E essas decisões variam desde a escolha de um eletrodoméstico para nossa casa, até questões éticas sobre biotecnologia, bioengenharia e clonagem. É impossível tomar uma decisão consciente se não se tem um mínimo de entendimento sobre a ciência e tecnologia, como elas funcionam e como elas podem afetar as nossas vidas (KNOBEL, 2008, p. 9).

Citelli, Soares e Lopes (2019) refletem que o problema geral da cidadania comunicativa está relacionada com o cenário histórico-cultural, cujos componentes sociotécnicos fazem parte da vida dos indivíduos. As tecnologias digitais permitiram com que diversas gerações - lembrando que a primeira infância já possui o contato com *tablets* e *smartphones* - produzissem signos e compartilhassem ideias e mensagens por meio da Internet. No entanto, essa habilidade no manuseio dos dispositivos e facilidade de seu uso não significa o aumento da consciência do interlocutor, na consciência da leitura do receptor em distinguir ou escolher as informações, e muito menos que está ocorrendo a democratização efetiva dos processos comunicativos.

Costa e Romanini (2019) defendem que a difusão e compartilhamento das desinformações por meio das redes sociais – no caso, conteúdos falsos, imagens adulteradas e notícias descontextualizadas propagados por exemplo pelo *Facebook*, *Twitter*, *YouTube* e *WhatsApp* – influenciaram na democracia, como ocorreu com o Brexit<sup>3</sup>, as eleições presidenciais norte americana em 2016 e em outros contextos.

Saturados por *fake news* que parasitam crenças religiosas fundamentalistas, tais como questões relativas a identidade de gênero, papel da mulher na vida pública, direito ao aborto, expressões da sexualidade etc. (evocadas a partir de imagens e vídeos obscenos, frequentemente grotescos), os participantes da esfera pública digital mais incautos tendem a tomar decisões político-eleitorais contrárias aos seus próprios interesses de classe. Num clima coalhado por indignação mal fundamentada e ódio artificialmente infundido, a opinião pública emerge com um grau de polarização que interdita o debate democrático. Como se vê com frequência cada vez maior, a argumentação perde racionalidade a ponto de se tornar uma guerra de guerrilha sem escrúpulos, na qual leva a melhor quem tem mais granadas digitais e bombas sujas para lançar contra o oponente (COSTA; ROMANINI, 2019, p. 67).

Cabe ressaltar que a definição do termo *fake news* (notícias falsas) adotado pelos autores teve como base a Comissão Europeia (CE), que a considera como toda desinformação intencional, criada e divulgada para enganar o público e obter vantagens. Ressaltam o uso crescente do termo “pós-verdade” após os acontecimentos de 2016, em que a opinião pública é formada mais pelas emoções e as crenças pessoais do indivíduo do que pelos fatos (COSTA; ROMANINI, 2019).

Na visão de Genesini (2018), não é de hoje que tanto indivíduos quanto organizações e políticos defendem seus interesses e transformam fatos em opiniões para manipulação da população, ou seja, as *fake news* já estão presentes em nosso cotidiano antes mesmo do termo ser utilizado e definido para isso. O que ocorre é que na atualidade as redes sociais e os sistemas de buscas permitiram seu crescimento viral e uma propagação mais ágil, refletindo

as opiniões e idealizações de muitos indivíduos ao compartilharem tais notícias. É difícil imaginar que tais notícias desaparecerão do contexto comunicativo, sendo que, muitas vezes, é subjetiva e não identificável claramente. Para o autor, o descrédito das mídias ao longo dos anos por parte da população sempre intensificaram as notícias falsas, sendo que em sua opinião, a solução não estaria apenas em políticas públicas e de responsabilização das redes sociais por permitirem tais propagações, mas na própria mídia que pode minimizar essa problemática mostrando análises e pontos de vistas diversos e bem fundamentados. Cabe aqui destacar que muitas fontes de informações cobram assinaturas, impossibilitando com que cidadãos de baixa renda tenham acesso ao seu conteúdo.

Segundo os pesquisadores Claire Wardle e Hossein Derakhshan, o uso do termo *fake news* está equivocado, pois é ambíguo e simplista se compararmos quanto a sua natureza diversa e a escala do problema, como pode ser observado na Figura 1. Outro problema seria que muitos políticos passaram a usar tal termo para contra-atacar a imprensa e para combater a liberdade de expressão (PROJETO CREDIBILIDADE, 2018).



Fonte: Claire Wardle/First Draft News.

**Figura 1.** O ecossistema da desinformação.

Independente das visões apresentadas anteriormente, concordamos com a fala de Aguaded (2016) na qual explicita que as pessoas são a chave para a comunicação e não as tecnologias em si. Se somarmos suas crenças com o analfabetismo científico e tecnológico, continuaremos com a produção e difusão das desinformações e a propagação de teorias questionáveis, como é o caso dos grupos antivacinas. De acordo com Succi (2018), a Medicina e a Tecnologia avançaram muito ao longo dos anos, possibilitando o aprimoramento, a produção e a disponibilização gratuita de vacinas na rede pública de saúde de diversos países; muitas doenças já foram erradicadas ou estão controladas, como é o caso da varíola, da poliomielite, rubéola, coqueluche e difteria. Entretanto, movimentos antivacinas vem ocorrendo desde o século XVIII, quando intervenções públicas imunizadoras vieram contra a liberdade individual das vacinações obrigatórias. Mesmo

com as campanhas anuais de vacinação, observamos no ano de 2017 que algumas doenças estão voltando mais agressivas, como foi o caso do sarampo. A partir das discussões de Succi (2018) (Tabela 1) podemos observar que a comunicação e informação são tanto a causa quanto a solução para se combater esse movimento:

**Tabela 1.** Relações de causa e efeito dos movimentos antivacinas.

CAUSAS POTENCIAIS	EFETOS/CONSEQUÊNCIAS	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dúvidas quanto as vacinas;</li> <li>• Crenças religiosas e filosóficas;</li> <li>• Experiências negativas após a aplicação da vacina;</li> <li>• A não vivência dos grandes surtos das décadas passadas (gravidade das doenças + sequelas);</li> <li>• Mudança da relação entre médico e paciente;</li> <li>• <b>Propagação de informações equivocadas.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sentimentos de medo e pânico;</li> <li>• Discussões éticas e legais quanto a autonomia do paciente sobre a sua saúde e de sua família;</li> <li>• Volta de doenças antes controladas ou até mesmo erradicadas;</li> <li>• Pessoas com imunodeficiências que não podem receber vacinas estarão expostos à ocorrência e surtos de doenças infecciosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treinamento e educação continuada;</li> <li>• Confiança dos profissionais de saúde nas vacinas;</li> <li>• <b>Preparação dos profissionais em informar a população, acolhendo seus temores, experiências e crenças para poder escolher a melhor forma de se comunicar e orientar.</b></li> </ul>

Fonte: Adaptado de Succi (2018).

Entendemos que toda dúvida que possa ser esclarecida para um indivíduo deve ser elucidada, pois é o seu direito à informação e à comunicação. Nem sempre é fácil abordar conceitos mais complexos, mas é possível trabalhá-los de uma forma mais compreensível e até mesmo lúdica, principalmente se estiverem atrelados ao cotidiano do indivíduo. Não é uma tarefa que possa ser resolvida espontaneamente, em momento específico de contato com o sujeito, por isso é importante manter constante relação com o indivíduo/coletivo e a informação, para que se tenha uma troca de conhecimentos.

No caso da pandemia do COVID-19 que o mundo todo está enfrentando neste ano de 2020, até o momento da construção deste capítulo ainda não dispúnhamos de estudos conclusivos sobre a melhor forma de enfrentamento ao Coronavírus, vírus da família *Coronaviridae* que causa uma variedade de doenças tanto nos animais quanto nos seres humanos, principalmente nas vias respiratórias. No entanto, estamos a observar seus impactos negativos na saúde e na economia, em escalas global e local, sendo que as pessoas mais prejudicadas são àquelas que se encontram em situações marginalizadas, com condições sanitárias e habitacionais precárias, além da baixa renda econômica que dispõem para a sobrevivência da família. No cenário político brasileiro, esse quadro vem se agravando com a propagação de desinformações e da falta de transparência nos dados e informações para a população. Neste sentido, como pesquisador@s e estudios@s, precisamos assumir o papel também de educador@s comprometidos com comunidades que se expõem aos diferentes riscos que a sociedade moderna impõe.

Diversos pesquisadores e estudiosos já vinham alertando sobre possíveis pandemias assolarem o planeta, uma vez que muitos desses vírus e diversos microorganismos estão presentes nas florestas (em animais silvestres e no solo) e até mesmo congelados no Ártico (no solo permafrost). HIV (sigla em inglês do vírus da imunodeficiência humana, conhecida como a AIDS), a Ebola, o SARS (Síndrome Aguda de Respiração Grave), a malária, o zika vírus e a febre chikungunya são alguns exemplos. A partir do tráfico de animais, da caça ilegal, consumo de animais selvagens, desmatamento, poluição e alterações climáticas as ações humanas interferiram na biodiversidade e no efeito de diluição dos vírus presentes em animais, ou seja, no aumento de transmissão dessas doenças para os seres humanos (METEORO BRASIL, 2020).



Com base no exposto, podemos nos questionar sobre as oportunidades que os desafios da socialização das informações nos permite. Trabalhar a Educação Ambiental na perspectiva educ comunicativa parece um bom caminho.

### Posso produzir um material educ comunicativo? Algumas experiências

Antes de respondermos essa pergunta, devemos lembrar que há dois possíveis espaços educ comunicativos que podemos trabalhar: o físico, local que permite o contato direto com as pessoas, cuja interatividade é excelente para o desenvolvimento de projetos com ações presenciais junto aos participantes; e o virtual, onde há distanciamento físico entre os interessados, mas que permite um maior contato com novas tecnologias digitais e com a Internet.

Outro aspecto importante a considerar seria em proporcionar a real democratização das informações de forma que atinja todos os indivíduos, desde o ensino formal ao não formal e o informal. O ensino formal abrange todos os espaços institucionais como escolas e universidade, regulamentadas por diversas políticas educacionais e possui planejamento político pedagógico estruturado e um currículo com práticas educativas (ALMEIDA, 2014; CASCAIS; FACHÍN-TERÁN, 2014). O ensino não formal são espaços institucionais ou não, mas que promovem o conhecimento científico e sociocultural, como museus, jardins botânicos, zoológicos, centros culturais, ONGs, associações, igrejas, sindicatos, centros de educação ambiental, entre outros, permitindo a prática social na formação de cidadãos através de suas realidades (ALMEIDA, 2014; CASCAIS; FACHÍN-TERÁN, 2014). Já o ensino informal possui como base a vida do indivíduo, como famílias, amigos, colegas e meios de comunicação como por exemplo, televisão, rádio e Internet (ALMEIDA, 2014).

Independentemente do formato e espaços educativos, como exposto por Martirani, Brando e Baccarin (2015), podemos considerar os princípios e as diretrizes político-pedagógicas do Programa de Educomunicação Socioambiental (BRASIL, 2005a; 2008) quando enfatizam a importância de processos dialógicos e participativos como fundamento básico de toda ação comunicativa, recomendando a produção interativa e a veiculação de conteúdos de Educação Ambiental pelos meios de comunicação, o enraizamento da Educação Ambiental junto aos profissionais de comunicação e a possibilidade da comunicação parcerizada com a mídia de modo a desenvolver a consciência pública para o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2005a; 2008). A educomunicação dentro desse Programa (BRASIL, 2005a; 2008) permite ações para a ampliação das formas de expressão dos atores da comunidade, o desenvolvimento da cidadania e acesso à informação de acordo com algumas dimensões onde se possa compreender a amplitude do termo bem como sua aplicabilidade:

- como campo do conhecimento (*epistême*) está presente em atividades de pesquisa, produção de conhecimento e formulação de diretrizes filosóficas de projetos e programas socioambientais;
- como educação para a recepção crítica dos conteúdos da comunicação de massa, age no exercício da seletividade na escolha da programação dos meios e emprego educativo dessas tecnologias;
- como espaço educativo, permite que o virtual e o presencial se articulem em uma teia educativa baseada nos encontros, fortalecimento de elos, comunidades interpretativas e de informação/formação;
- como campo de intervenção social permite a gestão participativa dos meios de comunicação, democratização dos sistemas e defesa do direito à comunicação.

Ainda, as dimensões enquanto processo formativo de habilidades comunicativas e como compreensão educativa da comunicação social em contextos onde se predominam a disseminação de valores de consumo insustentável (BRASIL, 2008),

visam levar à apropriação democrática e autônoma de produtos de comunicação, por meio da qual os participantes passam a exercer seu direito de produzir informação e comunicação (TASSARA, 2008).

Como um exemplo de aplicação dessa abordagem, na disciplina “Educação Ambiental” do curso de Ciências Biológicas da Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras de Ribeirão Preto da USP (FFCLRP-USP) são trabalhados, de forma articulada e por meio de metodologias ativas, conteúdos que englobam a sustentabilidade em suas dimensões ambiental, social e econômica, tendo em vista temas geradores. Assim, partindo-se de ações que envolvem o levantamento de concepções sobre o termo “meio ambiente”, oportuniza-se “um exercício de reflexão em que discentes individualmente possam expressar suas concepções iniciais e que posteriormente sejam discutidas com os colegas, professor e monitores da disciplina” (MARTINS *et al.*, 2015, p. 63-64). Em continuidade e visando conhecimentos pertinentes à história ambiental, os discentes são estimulados à elaboração de uma linha do tempo sobre o movimento ambientalista e personalidades reconhecidas na área ambiental no cenário nacional ou internacional. Já por meio de uma atividade prática em que é simulada uma situação problema com o tema gerador, os discentes são provocados a refletir e tomar decisões sobre os conflitos e confrontos inerentes às questões socioambientais que envolvem diferentes atores sociais, interesses, expectativas, desejos e visões dos envolvidos, demandando busca por negociações e soluções.

No que se refere o estímulo às atividades em espaços não formais de ensino, explorar os ambientes virtuais passa a ser um desafio. Porém, na busca pela construção de uma proposta participativa de produção de conhecimento, a Educomunicação Socioambiental – entendida como “conjunto de ações e valores que correspondem à dimensão pedagógica dos processos comunicativos ambientais marcados pelo dialogismo, pela participação e pelo trabalho coletivo (BRASIL, 2008) – alicerça o processo. Como resultado, os trabalhos desenvolvidos pelos discentes são expostos em Workshops anuais na semana em que se comemora o Dia Mundial do Meio Ambiente (5 de julho), permitindo o acesso ao conhecimento produzido tanto pela comunidade interna quanto externa à Universidade. Ao final, é preparado um portfólio digital, em diferentes formatos e mídias, para a sistematização e divulgação dos conteúdos e das propostas educativas elaboradas ao longo da disciplina. Alguns exemplos podem ser conferidos nos links: <https://revivendoambiente.wixsite.com/edambiental> (Blog de 2017 com o tema: (Re) vivendo o ambiente); <http://edambientalffclrp.wixsite.com/sustentacao> (Blog de 2016 com o tema: Sustentação: sustentabilidade em ação); <https://ecodcartes.wordpress.com/> (Blog de 2015 com o tema: Eco descartes: ‘meça seus resíduos parça’); <https://www.youtube.com/watch?v=Y1xiNFeSPjo> (vídeo no YouTube de 2013 com o tema: O DIA ‘D’ - Parque Tom Jobim Ribeirão Preto); <http://educacaoambiental.usprp.blogspot.com.br/> (Blog de 2012 com o tema: Eco-ciência & Eco-consciência).

Em 2020, dado o contexto de pandemia, a disciplina passou por diversas adaptações para ser oferecida no formato remoto. Logo no início, os envolvidos se depararam com alguns desafios em como manter uma metodologia ativa de aprendizagem trabalhando em atividades digitais remotas e como fomentar o diálogo, as discussões e os trabalhos de Educação Ambiental em um contexto de isolamento social. Os desafios mostraram uma oportunidade de atividade chamada “Atividade Digital Multiformato”. Ela tem como conteúdo gerador o cenário global da pandemia do Coronavírus. Por meio de diferentes estratégias didáticas, visa conectar discentes à realidade planetária e fomentar a autonomia para o desenvolvimento de diferentes habilidades utilizando as ferramentas digitais de comunicação e criação de conteúdos pertinentes à Educação Ambiental. A atividade, nomeada pelos alunos de “Covidialogos”, propõe que esta pandemia seja abordada por diferentes pontos de vista, assumidos por Grupos de Trabalho Temáticos reconhecidos como: Pesquisa, Economia, Política, Sociedade, Imprensa, Mídia, Saúde Mental, Histórico.

Ao longo dos meses de maio e junho, os grupos buscaram materiais acerca do tema proposto e produziram conteúdos em diferentes formatos e plataformas digitais, Os conteúdos apresentados quinzenalmente tem como formatos: vídeo; panfleto informativo; artigo jornalístico; política pública; *podcast* e expressão artística. Eles foram elaborados em encontros remotos que permitiram a construção de conteúdos com liberdade e criatividade, buscando valorizar a pluralidade de interesses por parte dos discentes.

O site Covidialogos ([www.ledibusp.wixsite.com/covidialogos](http://www.ledibusp.wixsite.com/covidialogos)) registra parte do processo de criação de conteúdos seguindo princípios e diretrizes político-pedagógicas da Educomunicação Socioambiental, convidando ao diálogo a Educação Ambiental em tempos de pandemia e isolamento social.

Podemos citar outro exemplo de experiência com materiais educacionais, como a construção do livro “Águas e paisagens educativas da Bacia Tietê-Jacaré: material didático em educação ambiental para a UGRHI 13”, realizado pelo Instituto Pró-Terra localizado no Município de Jaú/SP e financiado pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO). Essa bacia é uma das 22 bacias hidrográficas que compõe o Estado de São Paulo, tendo 34 municípios envolvidos. Esse material visa instrumentalizar tanto educador@s quanto ator@s socioambientais pertencentes à bacia, trazendo conteúdos socioambientais que se relacionam com a Educação Ambiental, arte-educação, ecoalfabetização e de educomunicação, sendo que seu material digital está disponível gratuitamente no site da instituição pelo link <http://institutoproterra.org.br/publicacoes/>.

No material, há um capítulo destinado a compartilhar o seu desenvolvimento, cuja 1ª edição foi construída entre 2008 a 2010 por meio de 5 *workshops*, que contou com representantes de instituições de diversos setores da sociedade dos municípios da bacia. Nos *workshops* foram utilizadas dinâmicas como “Rio dos Sonhos”, “Caminhos das águas” e “A Paisagem da Bacia”, diagnóstico dos perfis e espaços educativos existentes na bacia, diálogos sobre ideias, diretrizes e conteúdo do livro e uma avaliação do material diagramado para propor alterações antes de sua versão final. O lançamento dessa obra foi no dia 22 de março de 2010 - Dia Internacional da Água - da FATEC-JAHU, sendo que à tarde foi realizada uma oficina de capacitação para uso do livro (SAMMARCO *et al.*, 2018).

Entre 2017 e 2018, esse material contou novamente com o financiamento do FEHIDRO e foi revisado e atualizado durante a realização de 10 oficinas e 1 *workshop*, totalizando 168 participantes, entre alun@s do ensino fundamental ao universitário, professor@s, técnico@s e gestor@s de diversas instituições. Para aqueles que não pudessem participar dos encontros presencialmente, foi disponibilizado um formulário online para contribuições. As primeiras 5 oficinas tiveram o intuito de formação dos participantes em relação a bacia e apresentar o material didático, outras 3 oficinas foram de revisão do conteúdo, o quarto encontro foi de elaboração de músicas que compuseram o CD que acompanha o livro e a quinta e última oficina foi de avaliação da obra antes de sua impressão. No *workshop* participaram 74 professor@s da rede estadual de ensino da Diretoria Regional de Ensino de Bauru, os quais contribuíram também com a revisão dos capítulos dos livros por meio da construção de mapas conceituais (SAMMARCO *et al.*, 2018). O lançamento do kit e do CD musical (contando com 8 músicas) foi no dia 07 de novembro de 2018, também na FATEC-JAHU.

Além da desigualdade quanto a distribuição e o acesso aos meios de comunicação e de produção das informações, como educador@es devemos buscar alternativas que favoreçam a criação de canais populares e na autonomia daqueles que o usufruem, devendo incluir a acessibilidade para pessoas cegas e surdas. Essa temática já foi bem abordada no capítulo “A inclusão das pessoas com deficiência nos processos de redução de desastres: uma abordagem reflexiva” na primeira coleção desse livro (TEIXEIRA; NASCIMENTO, 2017), por isso resolvemos trazer nesse novo capítulo um exemplo concreto de acessibilidade.

O projeto ASJA VERDE visa promover a Educação Ambiental junto aos surd@s e amig@s da Associação dos Surdos de Jaú e Região (ASJA) desde 2015, em parceria com o Instituto Pró-Terra. São encontros onde são discutidos em Libras as questões socioambientais e a cultura surda com os participantes. Em 2018 foram realizadas 6 oficinas com a temática água, cujo conteúdo trabalhado originou 6 vídeos educacionais em Libras, com legendas em português, sendo eles: “Água”, “Bacia hidrográfica”, “Mata ciliar”, “A água que não vê”, “Contaminação das águas” e “Gestão compartilhada das águas”, variando de 7 à 15 minutos cada um (TEIXEIRA, 2019). Todos estão disponíveis no *YouTube* da ASJA: [https://www.youtube.com/playlist?list=PLBTa9hw7Ca1-fy6GOkZD-2W\\_Oa9hGHn1](https://www.youtube.com/playlist?list=PLBTa9hw7Ca1-fy6GOkZD-2W_Oa9hGHn1), sendo que a sua produção teve como base a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/15) e as diretrizes de comunicação e de Educação Ambiental do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA Resolução nº422/10). Seu desenvolvimento contou com a parceria da USP Polo de Jaú e com voluntários da área de Educação Ambiental, Técnico da Informação e professores.

Ainda, em pesquisa no *YouTube*, há diversos canais que se dedicam à divulgação da ciência e se comunicam de forma simples e didática. É o caso do Meteoro Brasil, criado pelo jornalista Álvaro Borba e a professora Ana Lesnovski em 2017, cujo canal trata sobre a cultura pop, ciência e filosofia, onde se destacam: o *meterodo.doc* (com foco no social), o *meteoro.exp* (focado na biologia) e o *metero.data* (que procura destrinchar dados numéricos em temáticas socioambientais). Para conhecê-lo, basta acessar o link: [https://www.youtube.com/channel/UCk5BcU1rOy6hepfk7\\_q\\_Pw/featured](https://www.youtube.com/channel/UCk5BcU1rOy6hepfk7_q_Pw/featured).

O canal Manual do Mundo foi criado em 2008 pelo jornalista Iberê Thenório e a terapeuta ocupacional Mariana Fulfaro, que tratam sobre ciência e tecnologia através de experiências e explicações científicas abrangendo não somente crianças e adolescentes, mas também adultos (link de acesso: <https://www.youtube.com/user/iberethenorio/featured>). Já o biólogo e doutor em virologia Atila Iamarino é um divulgador científico que veio ganhando espaço nas discussões sobre o coronavírus, apesar de atuar no *YouTube* desde 2012 em canais como Nerdologia (mistura de cultura pop, ficção científica e ciência, voltado mais para o público jovem) e no seu mais recente canal que recebe seu próprio nome (link de acesso: <https://www.youtube.com/channel/UCSTIOTcyUmzvhQi6F8IFi5w/videos>).

Citamos ainda o Canal do Pirulla criado pelo biólogo, mestre e doutor em zoologia Paulo Miranda Nascimento que desde 2006 foca na divulgação da ciência, religião e evolução fazendo parte da iniciativa Science Vlogs Brasil, que reúne divulgadores de ciência do *YouTube* Brasil (link de acesso: <https://www.youtube.com/user/Pirulla25/about>). Além desta participação, junto com o analista de sistemas Gilmar Henrique Lopes, apresentam o quadro “Fake em Nós” no canal MOV.show da produtora de vídeos MOV do portal UOL, onde analisa as *fakes news* e as esclarece com fatos científicos (link de acesso: [https://www.youtube.com/playlist?list=PLbsvx6N03susz7e5cU\\_z66vh3UQ9bSmE-](https://www.youtube.com/playlist?list=PLbsvx6N03susz7e5cU_z66vh3UQ9bSmE-)).

Os exemplos apresentados mostram as potencialidades da educação, nas mais diferentes práticas e experiências, para uma formação consciente frente aos desafios contemporâneos da educação e comunicação digital, revelando caminhos que promovem o desenvolvimento de habilidades e competências para lidar com socialização das informações e tomada de decisões nesta segunda década do século XXI.

## Considerações e provocações

A conexão entre ciência e sociedade implica um ensino e formação que não se limitam aos aspectos internos à investigação científica, embora saibamos que muitos avanços científicos são conquistados desse modo mas, que considerem a correlação desta investigação científica com aspectos políticos, econômicos, culturais e pedagógicos de cada

época. Assim, considera-se importante que cidadãos compreendam conteúdos relevantes para sua vida, no sentido de entendê-los, identificar problemas e buscar soluções que demandam abordagem interdisciplinar para questões urgentes de nossa época.

Quanto aos colegas autor@s desse livro, a partir do momento que produzimos coletivamente essa obra e compartilhamos nossas reflexões, projetos e ações quanto a temática redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano, convidamos a tod@s a não encerrarem suas atividades após a publicação, mas sim a pensarem em alternativas educacionais das informações compartilhadas nessas páginas à população, vislumbrando principalmente o ensino informal. Criemos formas digitais como vídeos que possam debater junto com a comunidade as questões socioambientais na perspectiva Educomunicativa da Educação Ambiental. Vamos pensar juntos como democratizar essas informações!

## Nota

3 Plebiscito que decidiu pela saída do Reino Unido da União Europeia em 23 de junho de 2016 (Brexit: de *Britain* e *Exit*).

## Referências

- AGUADED, I. Precisamos de uma revolução educacional para transformar o mundo. **Comunicação & Educação**, v. 21, n. 2, p. 97-101, dez. 2016.
- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Ciência da Informação**, v. 25, n. 3, p. 396-404, set./dez. 1996. Disponível em: [https://brapci.inf.br/\\_repositorio/2010/03/pdf\\_4e539ea33c\\_0008773.pdf](https://brapci.inf.br/_repositorio/2010/03/pdf_4e539ea33c_0008773.pdf). Acesso em: 25 maio 2020.
- ALMEIDA, M. S. B. Educação não formal, informal e formal do conhecimento científico nos diferentes espaços de ensino e aprendizagem. In: PARANÁ (Estado). Secretaria da Educação. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**: produções didático-pedagógicas. Londrina-PR: Secretaria da Educação de Paraná, 2014. (Cadernos PDE; v. 2). Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_uel\\_bio\\_pdp\\_maria\\_salette\\_bortholazzi\\_almeida.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_bio_pdp_maria_salette_bortholazzi_almeida.pdf). Acesso em: 25 maio 2020.
- BARANAUSKAS, M. C. C.; VALENTE, J. A. Editorial. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, v. 1, n. 1, p. 1-5. 2013. Disponível em: <http://www.nied.unicamp.br/ojs/index.php/tsc/article/view/118/96>. Acesso em: 2 jul. 2017.
- BRASIL. Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 28 maio 2020.
- BRASIL. **Coletânea de legislação ambiental, constituição federal (1988)**. 10. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2011.
- BRASIL. CONAMA. Resolução nº 422, de 23 de março de 2010. **Estabelece diretrizes para as campanhas, ações e projetos de Educação Ambiental, conforme Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=622>. Acesso em: 28 maio 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Educomunicação Socioambiental**. Brasília: Órgão Gestor da Política Nacional de Educação Ambiental, 2005a. (Série Documentos Técnicos, 2). Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/\\_arquivos/dt\\_02.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/dt_02.pdf). Acesso em: 28 nov. 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Diretoria de Educação Ambiental. Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental. **Programa nacional de**

**educação ambiental-ProNEA.** 3. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005b. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/\\_arquivos/pronea3.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/pronea3.pdf). Acesso em: 13 maio 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Programa Nacional de Educação Ambiental. **Educomunicação socioambiental:** comunicação popular e educação. Brasília: MMA, 2008.

CASCAIS, M. das G. A.; FACHÍN-TERÁN, A. Educação formal, informal e não formal na educação em ciências. **Ciência em Tela**, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2014. Disponível em: <http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0702enf.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

CITELLI, A.; SOARES, I.; LOPES, M. Educomunicação. **Comunicação & Educação**, v. 24, n. 2, p. 12-25, dez. 2019.

COSTA, M.; ROMANINI, V. A educomunicação na batalha contra as fake news. **Comunicação & Educação**, v. 24, n. 2, p. 66-77, dez. 2019.

FAÇANHA, A. A.; NÁPOLIS, P. M.; LUZ, J. Educomunicação científica: rádio, jornalismo e popularização das ciências na construção da cidadania. **Comunicação & Educação**, v. 21, n. 2, p. 27-38, dez. 2016.

FENTON, N.; FREEDMAN, D. Democracia fake, más notícias. **Comunicação & Educação**, v. 23, n. 1, p. 107-126, jun. 2018.

FERNANDES, D. do N. A importância da educação ambiental na construção da cidadania. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v. 4, n. 1-2, p. 77-84. 2010. Disponível em: <http://www.okara.ufpb.br/ojs/index.php/okara/article/viewFile/9129/6951>. Acesso em: 4 abr. 2017.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1971.

GENESINI, S. A pós-verdade é uma notícia falsa. **Revista USP**, n. 116, p. 45-58, maio 2018.

GRÜN, M. **Ética e educação ambiental:** a conexão necessária. Campinas, SP: Papirus, 1996.

KNOBEL, M. Ciência e pseudociência. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, p. 6-9, 2008. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/pseudociencia.pdf>. Acesso em: 21 maio 2020.

MARTINS, G. A.; BENAVIDES, M. L. A.; RAMALHO, D. G.; BRANDO, F. da R. Uma proposta didática para disciplina de educação ambiental no ensino superior, a partir de concepções prévias sobre meio ambiente. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, v. 38, p. 57-74, 2015.

MARTIRANI, L. A.; BRANDO, F. da R.; BACCARIN, L. Formação socioambiental dos servidores da USP e o Projeto Sustentabilidade é .... Ambientalmente Sustentável: **Revista Científica Galego-Lusófona de Educación Ambiental**, v. 2, p. 989-1009, 2015.

METEORO BRASIL. **Desmatamento favorece epidemia.** Meteoro experiência. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vZZE-s-ikgg>. Acesso em: 23 maio 2020.

NEGRI, F. de; HERNANDEZ, L. C.; ALVES, P. M. Fé no conhecimento: como a humanidade enxerga a ciência e a tecnologia?. **Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade do Ipea.** 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/94-fe-no-conhecimento>. Acesso em: 21 maio 2020.

PEREIRA, D. M.; SILVA, G. S. As tecnologias de informação e comunicação (TICs) como aliadas para o desenvolvimento. **Caderno de Ciências aplicadas**, n. 10, p. 151-174, jul/dez. 2010. Disponível em: <http://periodicos.uesb.br/index.php/cadernosdeciencias/article/viewFile/884/891>. Acesso em: 27 maio 2017.

PROJETO CREDIBILIDADE. **A desordem da desinformação.** 2018. Disponível em: [www.manualdacidadade.com.br/desinformacao](http://www.manualdacidadade.com.br/desinformacao). Acesso em: 21 maio 2018.

SAMMARCO, Y. M. *et al.* **Águas e paisagens educativas da Bacia Tietê-Jacaré:** material didático em educação ambiental para a UGRHI 13. 2. ed. Jaú/SP: Instituto Pró-Terra, 2018. Disponível em: <http://institutoproterra.org.br/publicacoes/>. Acesso em: 13 maio 2020.

SOARES, I. de O. **Educomunicação:** o conceito, o profissional, a aplicação: contribuições para a reforma do ensino médio. São Paulo: Paulinas, 2011.

SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.; FERRARO Jr., L. A. Educação ambiental como

política pública. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, maio/ago, 2005.

SUCCI, R. C. de M. Recusa vacinal: que é preciso saber. **J. Pediatr. (Rio J.)**, Porto Alegre, v. 94, n. 6, p. 574-581, dez. 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0021-75572018000600574&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0021-75572018000600574&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 21 maio 2020.

ASSARA, E. **Dicionário socioambiental: ideias, definições e conceitos**. São Paulo: FAART, 2008.

TEIXEIRA, T. **Material educacional para o ensino de surdos: educação ambiental para as águas**. 2019. 235f. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para o Ensino de Ciências Ambientais, Universidade de São Paulo: São Carlos, 2019.

TEIXEIRA, T.; NASCIMENTO, D. F. do. A inclusão das pessoas com deficiência nos processos de redução de desastres: uma abordagem reflexiva. In: MAGNONI JÚNIOR, L. *et al.* (Org.). **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p. 169-181.

TRAJBER, R. I. Educomunicação para coletivos educadores. In: FERRARO JÚNIOR, L. A. (Coord). **Encontros e caminhos: formação de educadores ambientais**. Brasília: MMA, Diretoria de Educação Ambiental, 2005; v. I, p. 151-158.



# GOOGLE EARTH COMO RECURSO MIDIÁTICO NO ENSINO DE GEOGRAFIA: ESTUDO DE CASO DAS PAISAGENS E DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EXISTENTES NOS DOMÍNIOS MORFOCLIMÁTICOS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Luis Fernando Chimelo Ruiz<sup>1</sup>

Pâmela Caroline Barros Fernandes<sup>2</sup>

Laurindo Antonio Guasselli<sup>3</sup>

## Introdução

No movimento pós-segunda guerra mundial, período atual denominado como técnico-científico, a educação passou por transformações impostas pela globalização e pelo surgimento e acesso das tecnologias (SOUSA, 2018).

As novas tecnologias da informação e da comunicação (TIC's) são de suma importância no processo de ensino-aprendizagem. As TIC's podem ser utilizadas como facilitador nesse processo, concatenando as atividades escolares com o mundo digital e possibilitando uma educação libertadora baseada na tríade política pedagógica: "O saber, saber ser e o saber fazer" (LIBANÊO, 1987; SOUSA, 2018). O Ministério da Educação (MEC) recomenda que as escolas insiram nos currículos escolares competências relacionadas com a utilização e obtenção de informações por meio de computadores (BRASIL, 1998).

Na área da geografia também surgiram novas TIC's, como Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System* - GPS), Sistemas de Informação Geográfica, imagens de satélite da superfície e do relevo da terra. Essas geotecnologias têm possibilitado aos geocientistas estudarem e entenderem fenômenos geográficos como: processos de degradação do solo, impactos ambientais, mudanças da cobertura da terra e do clima. Santos (2009) descreve esse período como técnico-científico-informacional, período marcado pela presença da técnica, da ciência e da informação, como componentes dos sistemas de objetos e dos sistemas de ações que formam o espaço geográfico.

De mesmo modo, as geotecnologias têm contribuído no ensino da geografia, Latuf e Bandeira (2005) mencionam que as imagens de satélite permitem identificar e relacionar elementos das paisagens, como contextualizar esses elementos das paisagens com dados socioeconômicos. Santos (2009) relata que as imagens de satélite permitem uma visão empírica das totalidades dos objetos e o estudo das dinâmicas dos processos da superfície terrestre. Imagens de satélite podem ser obtidas de forma gratuita em diferentes instituições governamentais brasileiras e internacionais. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem um acervo de imagens do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestre,

---

1 Pós-doutorando do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo – ESALQ/USP. E-mail: ruiz.ch@gmail.com.

2 Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. E-mail: pamcbf@gmail.com.

3 Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. E-mail: laurindo.guasselli@ufrgs.br.



imagens que possibilitam a distinção de objetos da superfície terrestre maiores que 30 metros (resolução espacial). A Agência Espacial Europeia possibilita o acesso de imagens do satélite Sentinel desde 2013, imagens com resolução espacial de 10 metros.

A utilização dessas imagens envolve conceitos avançados de Sensoriamento Remoto, que passam pelo pré-processamento até pela visualização das imagens. O Google Earth é um aplicativo gratuito que possibilita o acesso e a visualização de imagens de satélite de forma simples e interativa. Outros recursos disponíveis no Google Earth são: a visualização em 3D, o acesso a imagens de satélite históricas, a visualização de fotos terrestres e a pesquisa de locais. O Google Earth também aceita diferentes formatos de arquivos, enaltecendo a representação de fenômenos geográficos (VOGES; NASCIMENTO, 2010; LIMA, 2012).

## Fundamentação teórica

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais constam algumas habilidades que devem ser assimiladas pelos alunos no Ensino Fundamental na disciplina de geografia, nas quais podemos citar: “perceber na paisagem local e no lugar em que vivem, as diferentes manifestações da natureza, sua apropriação e transformação pela ação coletiva do seu grupo social’ (BRASIL, 1998).

As geotecnologias podem contribuir no processo de ensino-aprendizagem dessas habilidades. Fitz (2008) define as geotecnologias como as novas tecnologias relativas às geociências e correlatas, as quais possibilitaram avanços no entendimento, na gestão, no manejo e no monitoramento dos elementos relacionados ao espaço geográfico.

O Google Earth foi uma das ferramentas gratuitas que difundiu e facilitou o acesso das geotecnologias nas universidades, nas empresas e nas escolas. Como recurso midiático no ensino da geografia, esse aplicativo possibilita entender os elementos ambientais e sociais dos espaços geográficos, como também as interações entre os elementos, tornando-se um recurso de suma importância nas aulas de geografia (EVANGELISTA; MORAES; SILVA, 2017).

Pontuschka, Paganelli e Cacete (2007) comenta da importância das atividades educativas que exercitam a construção do conhecimento contextualizando a realidade dos alunos. O Google Earth possibilita trabalhar com os alunos conceitos do espaço geográfico além dos muros das escolas, estimulando um pensamento crítico da realidade e do seu contexto social.

Silva e Carneiro (2012) utilizaram o Google Earth como um recurso midiático em uma turma do 2º ano do ensino médio com intuito de elucidar sobre as consequências da ampliação do aeroporto internacional de Salvador, Bahia. Os autores discutiram os impactos que as obras podem causar na Área de Preservação Ambiental Lagoas e Dunas do Abaeté.

Evangelista, Moraes e Silva (2017) basearam-se no Google Earth para ensinar os conceitos da cartografia escolar aos alunos do ensino médio em uma escola na cidade de Teresina, Piauí. Os autores observaram que as aulas foram mais interativas e intuitivas. Os alunos mostraram um maior interesse quando foram abordadas situações do seu contexto social.

Sousa (2018) comenta que o Google Earth possibilitou a elaboração e a sistematização dos conceitos da geografia em escala local e global. Também permitiu aulas mais dinâmicas, que facilitaram a assimilação dos conteúdos e dos aspectos geográficos por parte dos alunos. Para o autor o Google Earth é uma ferramenta complementar e deve ser usada com planejamento, pesquisando sobre o que se busca dentro do processo de ensino-aprendizagem, antes, durante e depois do estudo.

## Ensino e aprendizagem de Geografia

Este trabalho foi desenvolvido na Escola Municipal Alfredo Juliano, localizada no Município de Sapucaia do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Foram duas aulas de 50 minutos para duas turmas do oitavo ano do ensino fundamental.

Primeiramente, foram definidos os temas abordados em sala de aula, respeitando o planejamento do professor, então, optou-se por trabalhar com os domínios morfoclimáticos do Brasil, suas paisagens e os principais impactos ambientais ocorridos nesses domínios. Posteriormente, foram realizadas pesquisas por bases cartográficas em sites dos órgãos oficiais. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dispõe de um Atlas Nacional Digital do Brasil, por meio desse sistema foram adquiridos dados geográficos sobre os domínios morfoclimáticos e as principais atividades agropecuárias nesses domínios. Foram obtidos arquivos no formato *shapefile* dos limites dos domínios, dos climas, da utilização da terra com soja, cana de açúcar, pastagens e rebanho bovino para o ano de 2017. De posse desses arquivos, os mapas foram elaborados no Sistema de Informação Geográfica gratuito QGIS 3 e exportados para o formato *Keyhole Markup Language* (KML) com a simbologia por meio da ferramenta MMQGIS, formato compatível com o Google Earth.

O Google Earth disponibiliza uma ferramenta com imagens históricas que possibilita uma análise temporal do espaço geográfico, possui imagens desde da década de 70 até os dias atuais. Com essa ferramenta foram apresentadas as mudanças da cobertura e do uso da terra ocasionadas pelos desmatamentos e pelos avanços da Silvicultura. Com intuito de quantificar as mudanças da cobertura do uso da terra foram apresentadas as dimensões do município de Sapucaia do Sul para os alunos, assim, foi possível relacionar as dimensões do município com as da mudança.

Outras mudanças nas paisagens dos domínios morfoclimáticos são causadas pelas queimadas, o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolve pesquisas de monitoramento das queimadas/incêndios no Brasil. Também disponibiliza um link de rede que possibilita visualizar os focos das queimadas no Google Earth, as informações são atualizadas a cada 3 horas e permanecem disponíveis por 24 horas. Essas informações foram utilizadas para visualizar e discutir os impactos das queimadas/incêndios nos domínios morfoclimáticos. Os domínios morfoclimáticos consideram aspectos do relevo, esses aspectos do relevo foram trabalhados com alunos por meio dos perfis topográficos. O Google Earth possibilita a geração de perfis topográficos a partir de caminhos vetorizados sobre as imagens.

No momento do ensino-aprendizagem, os conceitos referentes aos domínios morfoclimáticos foram abordados por meio de uma apresentação em slides, posteriormente, as localizações e as discussões em relação as paisagens e aos principais impactos ocorridos nesses domínios foram explanados com o Google Earth. Além das mudanças nas paisagens e dos impactos ambientais causados pelas ações antrópicas supracitadas (desmatamento, agropecuária e queimadas), também foram apresentadas as alterações devido a mineração, a arenização e a transposição do Rio São Francisco.

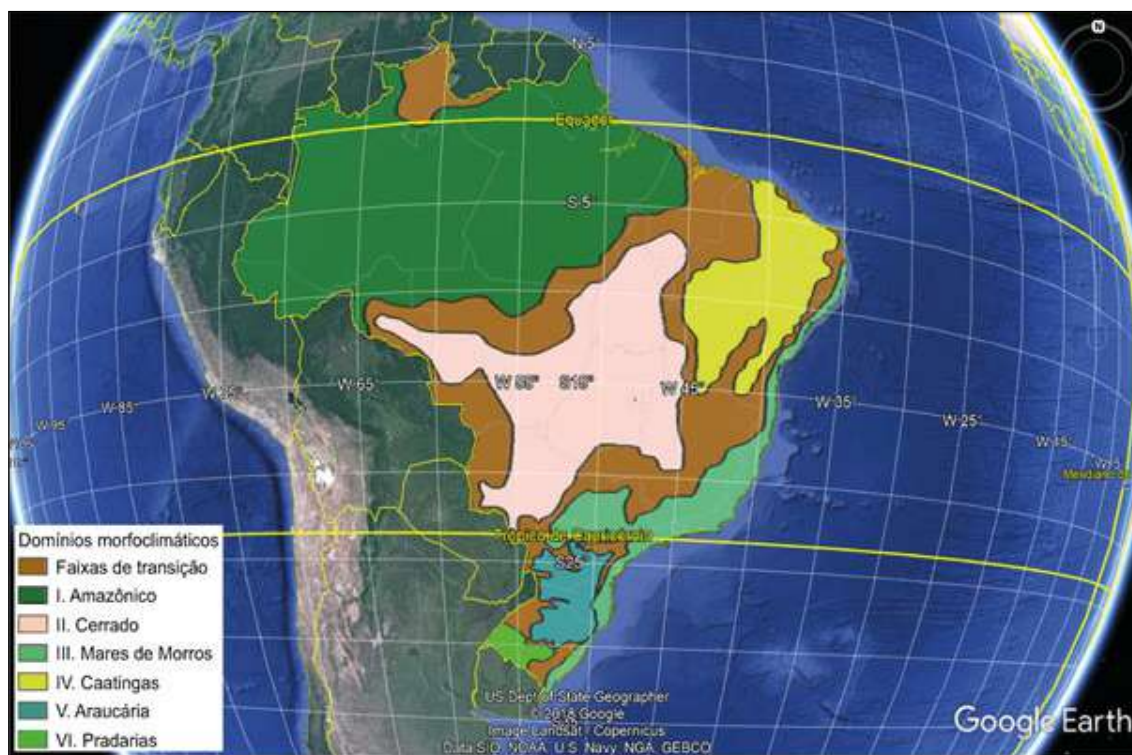
## Características e paisagens dos domínios morfoclimáticos

O processo de ensino-aprendizagem iniciou-se pela definição e pelo entendimento da concepção dos domínios morfoclimáticos do território brasileiro idealizado pelo geógrafo Aziz Nacib Ab'Saber. Foram apresentadas as combinações das características em relação ao clima, ao relevo e a vegetação para os seis domínios morfoclimáticos, que são: Amazônico, Cerrado, Caatinga, Araucária, Mares de Morros, Pradarias e os locais sem categoria, denominado de Faixa de Transição (MEDEIROS, 2016).

Para cada respectivo domínio foram utilizados os mapas elaborados e as ferramentas do Google Earth. Com o mapa morfoclimático foi possível apresentar a localização e a abrangência dos domínios, conforme Figura 1. As principais regiões do Brasil, Norte, Sul, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, foram utilizadas como referências no entendimento das localizações dos domínios morfoclimáticos.

A visualização das grades com as coordenadas geográficas no Google Earth contribuiu para elucidar a localização dos domínios e das regiões do Brasil, como também, proporcionaram a exemplificação dos conceitos: baixas latitudes, extremo sul do Brasil, Trópico de Capricórnio e Linha do Equador (Figura 1).

As abrangências foram apresentadas considerando o porcentual de área do território brasileiro ocupado por cada domínio, assim pode-se ter uma ideia da dimensão dos domínios sem a necessidade de relatar os valores das áreas.



**Figura 1.** Domínios morfoclimáticos e as coordenadas geográficas.

Os domínios morfoclimáticos possuem paisagens peculiares, com as imagens de satélite do Google Earth, foi possível apresentar aos alunos as Matas de Terra Firme e de Várzeas da Amazônia, as gramíneas da Pradaria, os campos limpos e sujos do Cerrado, a vegetação semiárida e os leitos secos dos rios da Caatinga, as florestas de Araucárias e os fragmentos naturais de Mata Atlântica dos Mares de Morros. Para essa interpretação visual das imagens foram trabalhados conceitos das diferenças de cores e de texturas das paisagens. O aplicativo dispõe de um acervo de fotos mantida pelos usuários, essas fotos possibilitaram a exposição das paisagens, apresentando características como, os galhos retorcidos dos arbustos do Cerrado, os cactos da Caatinga, as árvores de grande porte da Amazônia, a vegetação rasteira da Pradaria, os pinheiros da Araucária, os santuários ecológicos com Mata Atlântica dos Mares de Morros, as palmeiras e o Pantanal das Faixas de Transição.

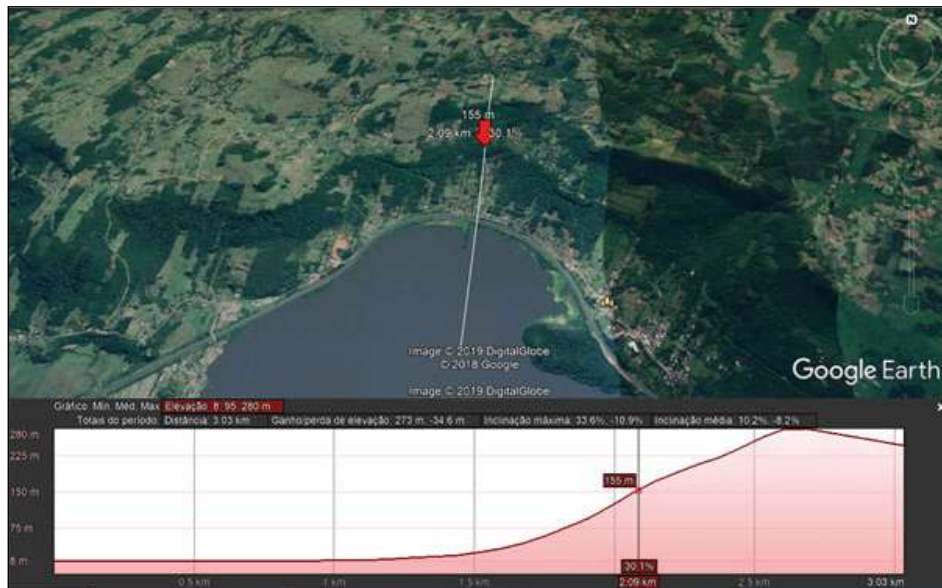
O mapa do Clima apresentado na Figura 2, elaborado no programa QGIS3, proporcionou apresentar e debater com alunos questões referentes as temperaturas, a regularidade das chuvas e as características da vegetação nos domínios. A

simbologia do mapa foi apresentada em relação a regularidade das chuvas, também foi possível exportar a tabela de dados do arquivo *shapefile* com as informações das temperaturas. Ao clicar sobre a região desejada no Google Earth, as informações da tabela são apresentadas aos usuários. No domínio Amazônico as temperaturas são maiores que 18° todo o ano, variando de locais superúmidos sem seca a úmidos com três meses secos. A combinação do calor e da umidade gera um cenário propício ao desenvolvimento de florestas densas com árvores de grande porte.



Figura 2. Mapa climático do Brasil.

A Caatinga também apresenta temperaturas maiores que 18° todo ano, mas alterna de locais semiáridos com 6 meses secos a semiáridos com 11 meses secos. As paisagens decorrentes deste tipo de clima são vegetação de pequeno porte, folhas pequenas e hastes espinhosas. Questionamentos sobre a variedade de espécies nos domínios foram sustentadas com o mapa do Clima. Os domínios da Araucária e da Pradaria apresentam as maiores variações térmicas, resultando em uma menor quantidade de espécies, quando comparado ao domínio Amazônico e a Mata Atlântica dos Mares de Morros. O mapa do Clima com as temperaturas e regularidade das chuvas apoiou a definição e o entendimento dos tipos de Clima: Tropical, Subtropical e Tropical Semiárido. A visualização em escala global do mapa, juntamente com as imagens de satélite e as coordenadas geográficas, facilitaram a explicação dos tipos de Clima para os alunos. O relevo é um aspecto físico importante para o entendimento dos domínios morfoclimáticos, o domínio Mares de Morros foi apresentado por meio de um perfil topográfico no Google Earth. Foi vetorizado um caminho em um local conhecido pela maioria dos alunos, gerado o perfil e visualizado em 3D as imagens de satélite, conforme apresentado na Figura 3.

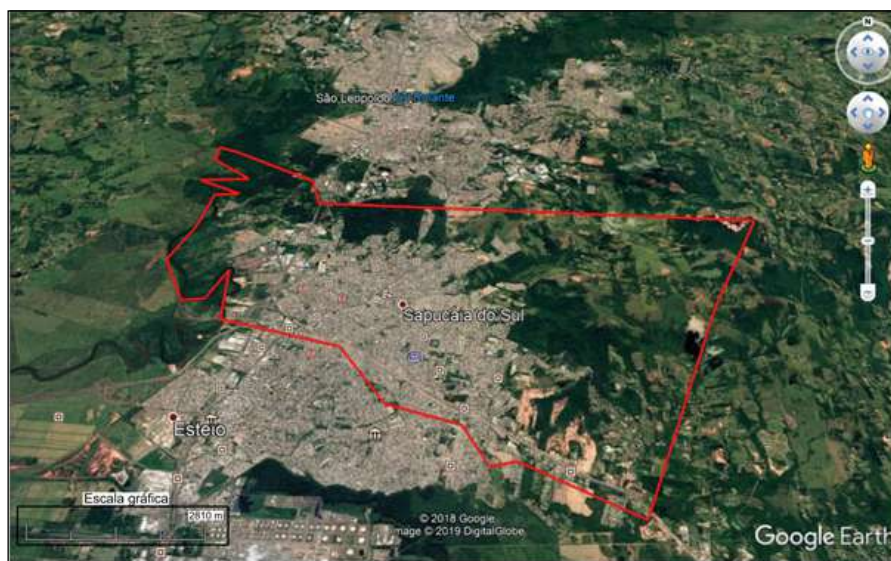


**Figura 3.** Perfil topográfico e visualização em 3D.

O Google Earth identifica com uma seta vermelha o local na imagem de satélite que está indicado no perfil topográfico, facilitando a compreensão da diferença altimétrica entre o ponto mais baixo e o mais alto, da declividade do terreno e da forma do relevo. No Pantanal Mato-Grossense o terreno é praticamente plano, característica que diminui o escoamento da água e aumenta a duração das enchentes, com perfil topográfico foi possível apresentar para os alunos a mínima diferença altimétrica e a baixa declividade do terreno, parâmetros acentuam a permanência das enchentes nesse domínio.

### **Principais impactos ambientais presentes nos domínios morfoclimáticos**

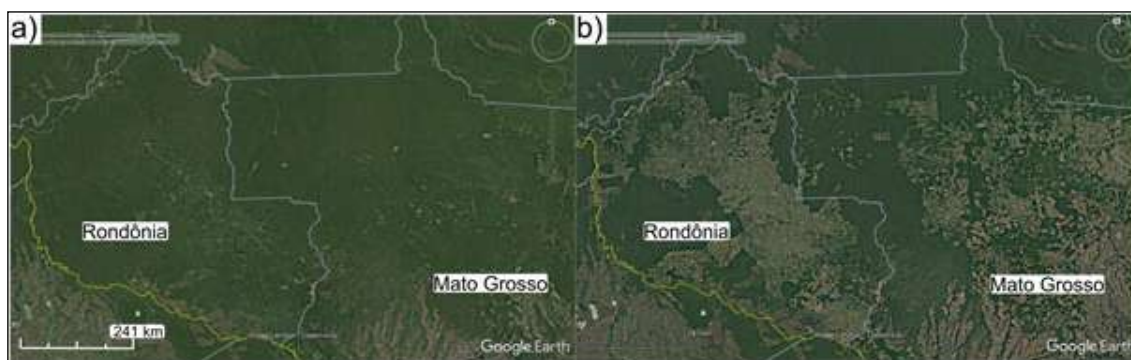
No domínio Amazônico os principais impactos ambientais estão relacionados com o desmatamento, a mineração e as usinas hidrelétricas. Esses impactos foram trabalhados por meio do acervo de imagens de satélites históricas do Google Earth. Primeiramente, foram apresentadas as dimensões do município de Sapucaia do Sul por meio da escala gráfica, com intuito de quantificar o total de área impactada (Figura 4).



**Figura 4.** Município de Sapucaia do Sul, RS, Brasil (em vermelho).

Os alunos interessaram-se pela imagem do município, localizaram suas casas, locais de lazer e os caminhos percorridos até a escola. Para que tivessem uma ideia de distância e entendessem as dimensões do município, foi medida a distância da escola até o centro comercial do município. Para a identificação das áreas desmatadas foram esclarecidos os conceitos de interpretação visual de imagens, destacando que os locais em verde forte representam as florestas e as áreas em verde claro, as áreas desmatadas. Foi apresentada uma imagem de satélite da década de 80 (Figura 5a) dos estados de Rondônia e do Mato Grosso e uma imagem de satélite do ano de 2018 (Figura 5b). A área desmatada foi relacionada com as medidas do município de Sapucaia do Sul e com a escala gráfica. Os alunos ficaram surpresos pela extensão de área desmatada nesses estados e questionaram as consequências dos desmatamentos na conservação da fauna, da flora e do clima.

Com intuito de entender como essas áreas são desmatadas, foi discutido em sala de aula o desmatamento do tipo “espinha de peixe”, esse tipo de desmatamento consiste na abertura de estradas que formam áreas desmatadas intercaladas com fragmentos florestais, os fragmentos restantes são derrubados por meio de enormes correntes arrastadas por tratores. Com essa prática também foram discutidas as diferenças entre as análises em escala local e global, mencionando que na escala local é possível analisar as residências de uma cidade e na escala global o desmatamento de um estado. Essas diferenças nas escalas foram abordadas discutindo resolução espacial das imagens e as mudanças na escala gráfica ao visualizar maiores áreas (diminuir o zoom da imagem).



**Figura 5.** a) imagem de satélite de 1984 e b) 2018.

Com as imagens históricas também foram expostos os impactos ambientais causados pela Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte no estado do Pará, domínio Amazônico (Figura 6). Foram apresentados aos alunos questões ambientais referentes ao desvio do curso do Rio Xingú e a área alagada da hidrelétrica.



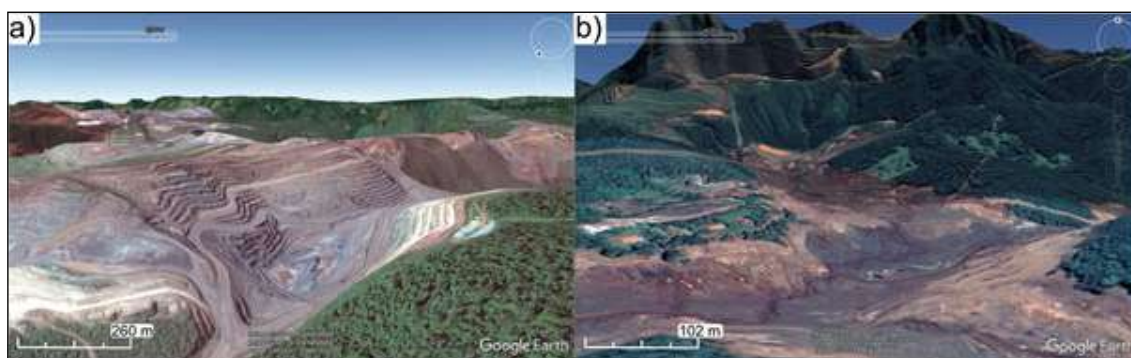
**Figura 6.** a) Bacia do Rio Xingú em 1985 e b) 2019.

A mineração tem causado grandes impactos ambientais nos domínios morfoclimáticos brasileiro, foi apresentado aos alunos a área mineração na Serra dos Carajás no estado do Pará pela empresa Vale, destacando os impactos ocasionados pelos desmatamentos e as mudanças na paisagem devido a extração da rocha e do solo. Uma consequência da mineração são as barragens de rejeitos, foi retratado aos alunos o impacto ambiental causado pelo rompimento da barragem de rejeitos da empresa Vale na cidade de Brumadinho, Minas Gerais, no início do ano de 2019 (Figura 7).



**Figura 7.** a) Bacia do arroio Feijão, Brumadinho, MG, em 2017 e b) 2019.

Foi exposto aos alunos a bacia hidrográfica do arroio Feijão e as áreas povoadas dessa bacia. As imagens históricas possibilitaram o acompanhamento do processo de desmatamento nessas áreas de mineração, já com as imagens de satélite atuais e a visualização em 3D, foi possível entender os patamares de extração da rocha e do solo na serra dos Carajás (Figura 8a), como também, definir e avaliar a área impactada pelo rompimento da barragem de rejeitos no arroio Feijão (Figura 8b).



**Figura 8.** a) visualização em 3D da área de mineração na serra dos Carajás e b) no arroio Feijão em Brumadinho.

Os mapas agropecuários proporcionaram discussões em relação ao avanço da soja (Figura 9a), das pastagens e da criação de bovinos sobre o Pantanal, o Cerrado e a Amazônia. Esses dados reforçaram a tese que as degradações ambientais ocasionadas nesses biomas são para implantação de empreendimentos agropecuários. Também foi possível avaliar o avanço das lavouras de cana de açúcar no Cerrado e no Nordeste brasileiro. No Nordeste essas lavouras estão localizadas na Mata dos Cocais, foi exposto aos alunos que essa vegetação nativa está sendo suprimida para a instalação de lavouras de cana de açúcar.

Na fronteira agrícola do Cerrado também foi observado uma maior concentração das queimadas (Figura 9b). As queimadas são uma prática da atividade agropecuária, com intuito de preparar o solo para plantio.



**Figura 9.** a) lavouras de soja e b) focos de queimadas no Brasil.

Essas queimadas também ocorrem de forma natural e a vegetação do Cerrado tem evoluído para sobreviver a essas condições. Os arbustos com galhos retorcidos e cascas grossas são características dessa evolução. Os mapas agropecuários e as imagens de satélite, juntamente com os focos das queimadas, disponibilizada pelo INPE por meio de um link de rede, possibilitaram uma discussão com alunos em relação as essas características das paisagens do Cerrado.

No domínio da Padraria, no Rio Grande do Sul (RS), está ocorrendo o processo de arenização dos campos, a arenização é causada pela atuação intensiva da agricultura e da pecuária em locais de solos arenosos. Com imagens de satélite foi apresentado aos alunos os locais de arenização do município de São Francisco de Assis (RS) e com os mapas agropecuários foi observado que esses locais foram ocupados com lavouras de soja e/ou com a criação de bovinos.

### Considerações finais

O Google Earth mostrou-se um recurso midiático de suma importância para a compreensão das paisagens e dos principais impactos ambientais existentes nos domínios morfoclimáticos do território brasileiro. As ferramentas do Google Earth facilitaram a explicação dos conteúdos, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais interativo e intuitivo. Os mapas elaborados auxiliaram na assimilação das localizações, das causas e das consequências dos principais impactos ambientais existentes nos domínios.

Os alunos apresentaram interesse por esse recurso, dialogando e questionando sobre os conteúdos ministrados. Foi observado um maior entusiasmo dos alunos quando apresentado os limites do município de Sapucaia do Sul e conseqüentemente, as paisagens do município. Os alunos identificaram seus bairros, os caminhos percorridos para chegar na escola, rios e florestas. Essa prática facilitou o entendimento da interpretação visual das imagens de satélite, possibilitou a elucidação da diferença entre análise em escala local e global, como também aumentou o interesse dos alunos pelos conteúdos ministrados.

### Referências

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais para geografia 3º e 4º ciclos (5ª a 8ª séries)**. Brasília: MEC, 1998.
- EVANGELISTA, A. M.; MORAES, M. V. A. R.; SILVA, C. V. R. Os usos e aplicações do Google Earth como recurso didático no ensino de Geografia. **Revista PerCursos**, v. 18, n. 38, p. 152 - 166, 2017.
- FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- LATUF, M. O.; BANDEIRA, S. C. Uma proposta de utilização de cartas imagens no ensino



médio de geografia para aplicação no monitoramento do uso do solo. In: JORNADA DE EDUCAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO MERCOSUL, 4., 2005, São Leopoldo, RS. **Anais [...]**. São Leopoldo, RS, 2005.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização a escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos**. São Paulo: Loyola, 1987.

LIMA, S. N. R. Google Earth aplicado a pesquisa e ensino da geomorfologia. **Revista de Ensino de Geografia**. Uberlândia, v. 3, n. 5, p. 17-30, 2012.

MEDEIROS, P. C. **Geomorfologia e métodos para o estudo do relevo**. Curitiba: InterSabers, 2016.

PONTUSCHKA, N. N.; PAGANELLI, T. I.; CACETE, N. H. **Para ensinar e aprender geografia**. São Paulo: Cortez, 2007.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2009.

SILVA, F. G.; CARNEIRO, C. R. Geotecnologias como recurso didático no ensino de geografia: experiência com o Google Earth. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41, 2012.

SOUSA, J. J. **O uso do Google Earth no ensino de geografia**. [S.l.]: CIET: EnPED, 2018. Disponível em: <http://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/42>. Acesso em: 16 abr. 2019.

VOGES, M. S.; NASCIMENTO, R. da S. **Práticas pedagógicas e as imagens do Google Earth: alguns centros urbanos brasileiros e as questões ambientais**. 2010. Disponível em: [http://www.labtate.ufsc.br/images/Magnun\\_Souza\\_Voges\\_e\\_Rosemy\\_da\\_Silva\\_Nascimento.pdf](http://www.labtate.ufsc.br/images/Magnun_Souza_Voges_e_Rosemy_da_Silva_Nascimento.pdf). Acesso em: 20 mar. 2019.



# MAPA DE MÚLTIPLAS AMEAÇAS: UM SOBREVISO A POPULAÇÃO AMAZÔNICA

Leonardo Sousa dos Santos<sup>1</sup>

Orleno Marques da Silva Junior<sup>2</sup>

Marco Aurélio Nunes da Rocha<sup>3</sup>

## 1 Introdução

A região Amazônica vivência recordes de frequência de fenômenos naturais extremos afirmam Pereira e Szlafsztein (2016). As ocorrências de eventos extremam com potencial de gerar danos e prejuízos, principalmente durante o “inverno amazônico”, entre os meses de dezembro a maio, tem provocado os fenômenos de chuvas intensas, inundações, alagamentos, enxurradas, secas, vendavais nesta parte do território brasileiro (FRANCA, 2015; PEREIRA; SZLAFSZTEIN; ARAÚJO, 2016).

Muitos desses eventos extremos na região norte do Brasil, são também capazes de provocar impactos socioeconômicos, ambientais e sanitários as populações atingidas, demandando ações integradas de diversos setores públicos como Saúde, Meio Ambiente, Defesas Civil, Saneamento, Habitação e outros (ESPÍRITO-SANTO; SZLAFSZTEIN, 2016).

No Estado do Pará, a normalidade das regiões hidrográficas tem sido constantemente afetada por episódios extremos durante o período de fortes chuvas, afetando o funcionamento social, em função, segundo Santos et al. (2019), dos danos e prejuízos à sociedade, afetando a economia local, ecossistemas naturais e infraestruturas básicas como bueiros, pontes, ruas e estradas, dentre outros, interrompendo diversos serviços essenciais como educação, saúde, transporte nas zonas urbana e rural (SZLAFSZTEIN et al., 2010; PEREIRA; SZLAFSZTEIN, 2016).

Em um dia de forte chuva os municípios do Estado do Pará ficam um “caos”, como inúmeros pontos de alagamentos nos bairros da periferia, prejudicando o tráfego de pessoas e veículos, ficando pior quando há coincidência com a alta da maré que corta a área urbana. As situações descritas são enquadradas pela Defesa Civil Nacional como Situações de Emergências (SE), porque são capazes de afetarem a normalidade do funcionamento social e natural e, por extensão, provoca danos e prejuízos à economia, a estrutura básica, ao desenvolvimento e ecossistemas.

---

1 Doutor em Geografia. Técnico em Defesa Civil Estadual da Divisão de Operações da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC). E-mail: leonardogrgeo@gmail.com.

2 Doutor em Planejamento Ambiental. Coordenador do Programa de Gerenciamento Costeiro do Estado do Amapá - Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - GERCO/IEPA. E-mail: orleno@ppe.ufrrj.br.

3 Mestrando em Prevenção de Riscos/Higiene ocupacional-Ergonomia. Gestor Corporativo e Operacional de Segurança Pública e Privada da UCPel/RS. E-mail: rochasafety@yahoo.com.br.

Neste cenário, o Poder Público tem um importante desafio que é de oferecer uma visão geral dos cíclicos e recorrentes desastres de sua região, a fim evitar que estes se transformem numa crise, rompendo o funcionamento da sociedade, causando grandes perdas materiais, humano ou ao meio ambiente, particularmente nas regiões onde há maior exposição e vulnerabilidade social, como afirmam Franco (1999) e Assumpção (2015).

A partir do levantamento dos registros dos desastres no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (ABDN) de 2003 a 2012 e das Situações de Emergência Reconhecidas (SER) decretados pelo Ministério da Integração (MI) entre 2013 a 2018, pertencentes ao banco de dados do Sistema Integrado de Informações de Desastres (S2ID), disponíveis na página do MI, realizaram-se análises estatísticas dos eventos extremos e constantes nos processos de desastres dos Formulários de Informações do Desastre (FIDE) do MI e da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Pará (CEPDEC).

Através de reuniões com Técnico da CEPDEC do Pará, mais especificamente com os profissionais da Divisão de Apoio a Comunidade (DAC) e Divisão de Operações (DivOp), organizou-se um Banco de Dados Geográficos (BDG) através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 2.18 e construção um Mapa das Múltiplas Ameaças do Pará (M2A – Pará) por RH, considerando que os desastres ocorridos no passado têm maior probabilidade acontecer no futuro, conforme esclarecem Pereira e Szlafsztein (2016).

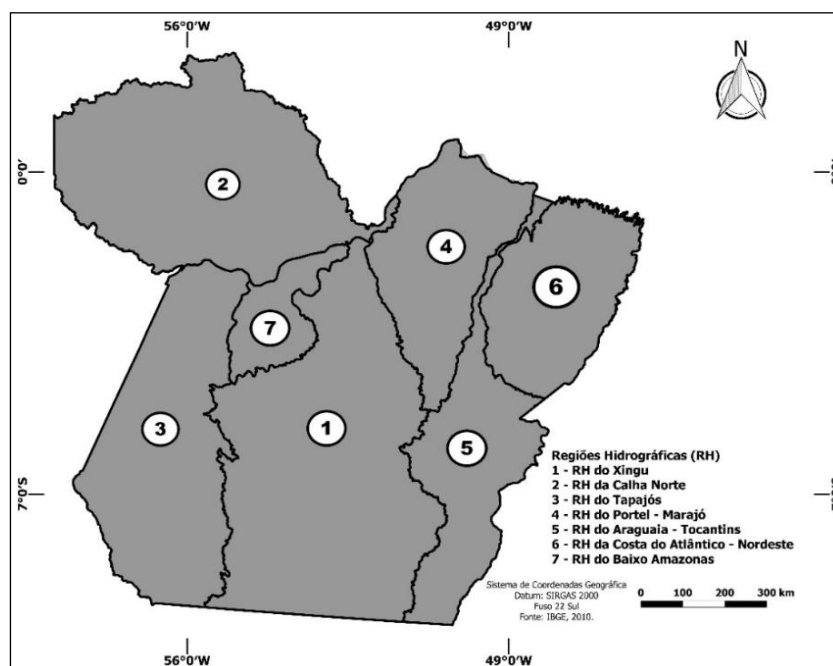
Assim, presente pesquisa baseia-se no levantamento dos desastres naturais que aconteceram no Estado do Pará entre os anos de 2003 a 2018, tendo como objetivos principais: identificar e quantificar os desastres ocorridos no município; identificar a época sazonal do ano em que ocorreram e tipo de evento; classificar as Regiões Hidrográficas (RH) com eventos extremos reconhecidos e recorrentes e por fim, elaborar um Mapa de Múltiplas Ameaças do Estado do Pará (M2A – Pará), a fim de auxiliar na gestão de ameaças de desastre na Amazônia paraense.

Este estudo parte-se da premissa de que os desastres ocorridos no passado têm maior probabilidade de acontecimentos no futuro, devendo ser cuidadosamente analisados, representando assim um sobreaviso as comunidades ou sociedade.

## 2 Regiões hidrográficas do Pará

O Estado do Pará, de acordo com a Resolução nº 04 do Conselho Estadual de Recursos Hídrico possui 07 (sete) Regiões Hidrográficas (RH) que são: Costa Atlântica-Nordeste, Tocantins-Araguaia, Xingu, Portel-Marajó, Tapajós, Baixo Amazonas e Calha Norte, subdividida de acordo com suas características geofisiográficas, por meio de dados e informações geomorfológicas, geológicas, hidrografias, solos e fator hidroclimático, totalizando uma área de 1.216.892,65 km<sup>2</sup> (LIMA et al., 2010; PARÁ, 2012).

Na definição dos limites das RH do Pará foram considerados os limites geográficos dos divisores de água de cada sub-bacia municipal, respeitando as homogeneidades dos aspectos geo fisiográficos, bem como componentes de ecossistemas, socioeconômicos, político e históricos de ocupação e desenvolvimento econômico (PARÁ, 2012). Bernardi et al. (2012), sublinha a necessidade de identificar e mapear as ameaças, áreas de riscos e vulneráveis e Situações de Emergências (SE) sobre as Regiões Hidrográficas (RH), pois ainda é uma abordagem muito escassa.



**Figura 1.** Localização das Regiões Hidrográficas do estado do Pará.

As Macrorregiões Hidrográficas devem servir para estudos de gestão de águas subterrâneas, compreendendo a pesquisa, o planejamento, o mapeamento da vulnerabilidade à poluição, a delimitação de áreas destinadas à sua proteção, controle e o monitoramento (PARÁ, 2012, p. 18).

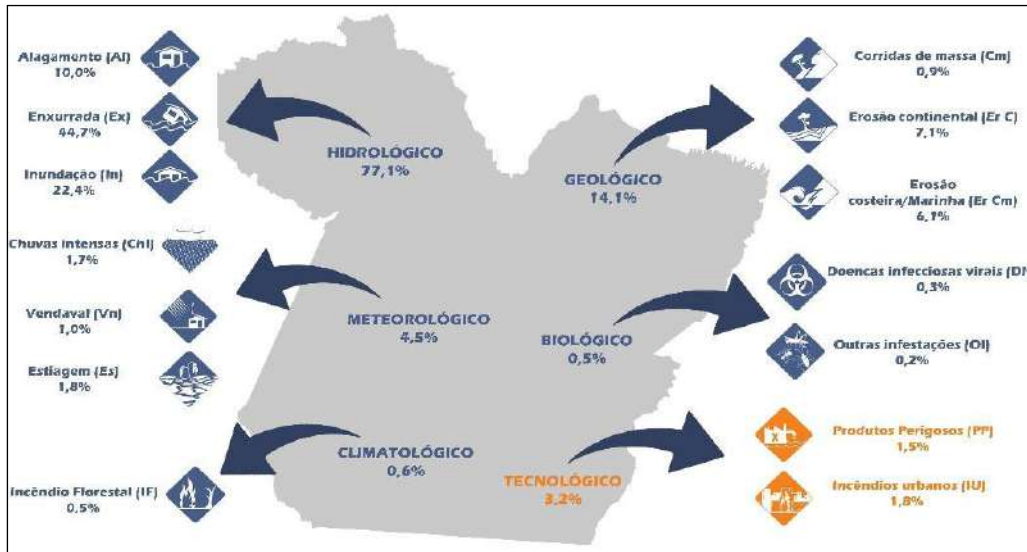
### 3 Situações de Emergências no Estado do Pará

Dos vinte e oito tipos de desastres definidos pela Codificação de Brasileira de Desastres (COBRADE), metade já ocorreram no Estado do Pará e com frequência têm atingido fortemente as comunidades mais vulneráveis. Santos (2012) declara que na Amazônia Legal os Eventos Extremos (EE) têm despertado a atenção da comunidade científica internacional, e na maioria das vezes divulgado como um espetáculo midiático.

Os eventos do grupo hidrológicos proveniente das fortes chuvas são os mais recorrentes no Estado do Pará, correspondendo a 77,1% das Situações de Emergências Recorrentes (SER) na região norte, em especial na Amazônia Paraense. As enxurradas representam 44,7% das SER reconhecidos pela Defesa Civil Nacional. As inundações são segundo EE que mais ocorre no Pará (22,4%). As SER dos grupos geológicos e meteorológicos corresponde a 15% das emergências extremas no Pará, representando a terceira maior ameaça recorrente neste território Amazônico.

A média de SER entre 2013 a 2018 no Pará foi de 9 casos de EE, capazes de produzir danos e prejuízos que superaram a capacidade dos municípios atingidos de promover o retorno à normalidade com recurso próprios, sendo necessário a intervenção do Ministério da Integração (MI) através da Defesa Civil Nacional (DCN), principalmente com o envio de água potável, colchões, cestas básicas, dentre outras ajudas humanitárias.

Na Figura 2, observa-se a porcentagem dos EE reconhecidos e recorrentes que foram capazes de interromper o funcionamento de comércios, indústrias, agricultura, pecuária, turismo, serviços de saúde, dentre outros sistemas municipais no Estado do Pará. Ainda na Figura 2, sublinha que o regime pluviométrico intenso são os responsáveis por produzir as maiores taxas de SE, em especial do subgrupo Enxurrada (Ex-44,7%), Inundações (In - 22,4%) e Alagamentos (Al - 10%), respectivamente. O escoamento das águas produzem EE do Grupo Geológico, com destaque para os Subgrupos das Erosões.



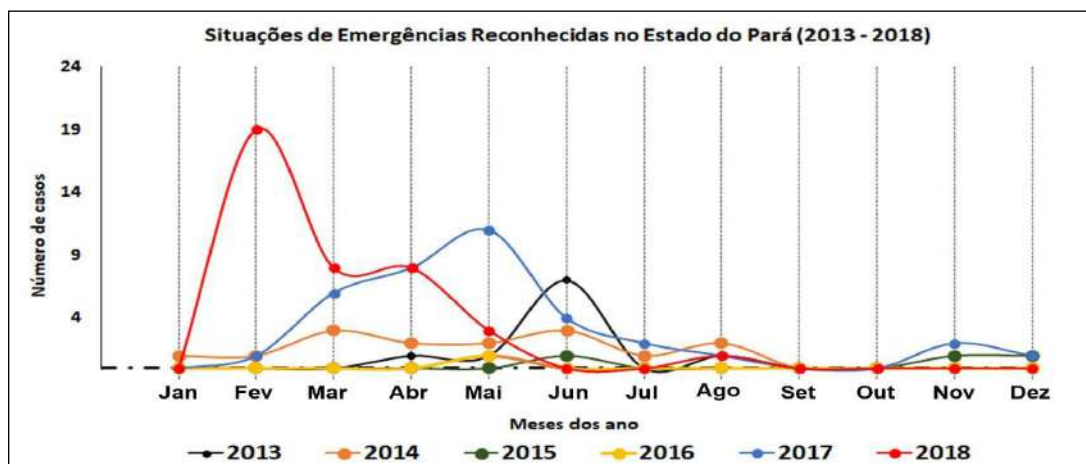
**Figura 2.** Grupos e subgrupos dos eventos extremos homologados no Estado do Pará (2013- 2018).

No Gráfico 1, visualiza-se as curvas das SER do ano de 2013 (cor azul) e 2018 (cor vermelha) que correspondem 25,1% e 55,2% dos desastres reconhecidos pelo MI no território paraense em cinco anos, respectivamente. O montante das ocorrências de SE de 2013 a 2015 representavam apenas 19,7%.

A diferença na amplitude das curvas das SER para anos analisados é decorrente das vantagens da plataforma do S2ID que possibilita, de forma simples o preenchimento dos formulários eletrônicos de registros desastres ocorridos no município/estado e, por conseguinte maior brevidade no reconhecimento dos desastres pelo DCN/MI. Antes da plataforma os Formulários de Informações do Desastre (FIDE) eram preenchidos e enviados pelos correios ou via fax o que produzia uma demora na análise das Situações de Emergências (SE) e, por conseguinte provoca atraso no reconhecimento pelo DCN/MI.

Outro fator que explica o aumento das curvas de SER, a cada ano analisado, é a mudança de cultura na gestão dos riscos pelos municípios por meio do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINPDEC), por meio da criação de Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) tendo em vista sua realidade local (BRASIL, 2012). Por fim, no gráfico 1 reconhece-se sazonalidade das SER entre fevereiro a junho, mas com o ciclo iniciado a partir de novembro de cada ano.

**Gráfico 1.** Situações de Emergências Reconhecidas no Pará (2013 - 2018).

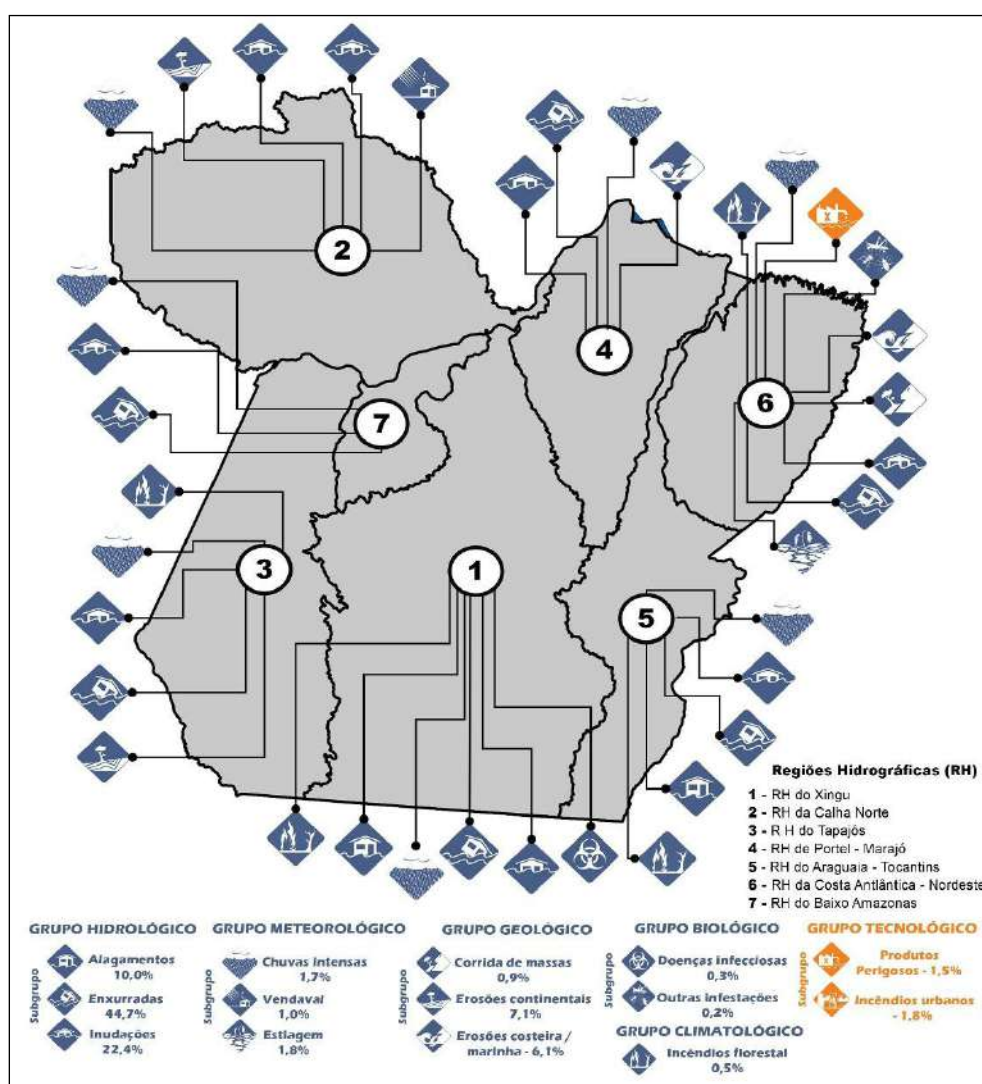


## 4 Situações de emergências por região hidrográfica

De acordo Sistema Integrado de Informações sobre de Desastres (S2ID), disponíveis na página de internet do MI, na Região Hidrográfica (RH) do Xingu foram reconhecidos 9 tipos de desastres em 15 anos, sendo alguns destes recorrentes ao longo deste período. As regiões hidrográficas da Costa Atlântica – Nordeste e do Xingu, que juntas ocupam, 36,4% da área do estado, tiveram as maiores ocorrências de eventos extremos. Às RH da Calha Norte, do Araguaia – Tocantins, do Tapajós, que somadas correspondem a mais de 53% dos eventos extremos recorrentes e reconhecidos pelo MI no território paraense em 15 anos.

Dos cento e quarenta e quatro municípios do Pará oitenta sofreram as chuvas prolongadas, o que provocou inundações graduais, enchentes ou episódios de enxurrada, com destaque para os municípios de Monte Alegre, Óbidos, Alenquer e Paragominas. Na Figura 3, identifica-se a distribuição dos desastres reconhecidos e recorrentes no Pará, onde as chuvas intensas do inverno amazônico provocaram alagamentos, inundações e as enxurradas por todas as regiões hidrográficas do Estado do Pará.

Na Figura 3, ilustra-se um dos principais requisitos para preparação de uma comunidade para uma situação de emergência, conforme Damacena (2017), que é a identificação dos desastres naturais ou humanos recorrentes e reconhecidos em sua região através do mapeamento.



**Figura 3.** Desastres reconhecidos por regiões hidrográficas no Pará (2003 - 2018)

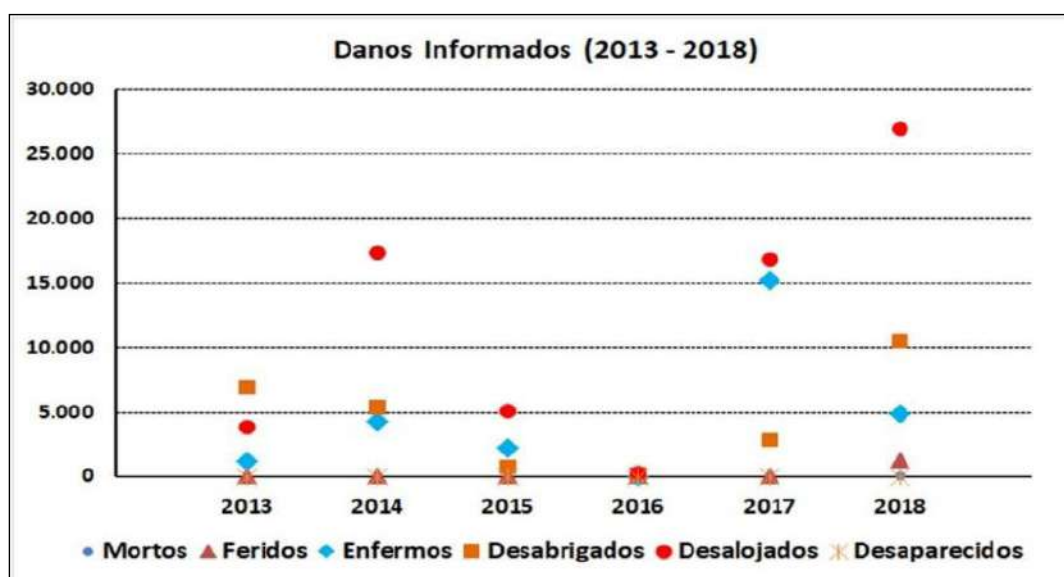
## 5 Impactos dos fenômenos naturais extremos

De acordo com Formulário de Informações do Desastre (FIDE), preenchidos após os desastres pelas Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC), entre 2013 e 2018, o Pará contabilizou que 41 pessoas que perderam suas vidas em decorrência direta dos efeitos do desastre. Na enxurrada em Paragominas duas crianças morreram após serem arrastadas pelas águas do rio Paragominas no bairro no Laércio Cabeline, em decorrência das fortes chuvas na região que provocou o rompimento de barragem rural de irrigações ao longo do rio Paragominas.

Os feridos, enfermos, desabrigado, desalojados e desaparecidos representam as outras categorias de danos humanos dos desastres no Estado do Pará, totalizam mais de 1.660 feridos, seguido 27.555 enfermos. Os desabrigados totalizaram 26.479 pessoas e desalojados 70.253 pessoas. Ainda segundo os FIDES do S2ID os prejuízos econômicos privados nos setores da agricultura, pecuária, indústria, comércio e serviços em decorrência direta dos efeitos do desastre totalizaram em média mais de 600 mil reais.

A pecuária registrou um prejuízo de médio de um milhão de duzentos mil reais em 2018. Já a agricultura tem um prejuízo econômico de 350 mil reais, o comércio e a indústria, dos 41 municípios do Pará atingidos por desastres em 2018, representaram 647 mil e 735 mil respectivamente, conforme Gráfico 2. Também no Gráfico 2 ilustra-se que os desalojados, enfermos e desabrigados são as maiores categorias de danos decorrentes das SER no Pará, o que vai demandar um conjunto de ações humanitárias, como distribuição de água, comida, roupas, colchões, camas, dentre outros.

**Gráfico 2.** Danos e prejuízos informados (2013 a 2018).



Nas ações de respostas as maiores solicitações de ajuda humanitárias são também os kits limpeza e de higiene pessoal, totalizando 15.084 e 14.349 unidades nesta ordem distribuídos só nos anos de 2018. Colchão e kit dormitório-acessório também representaram valores superiores a 10.000 unidades. Em média distribuíram-se mais de 126.641 garrafas de água mineral para 86 municípios afetados por eventos extremos decorrente do inverno amazônico. As cestas básicas são outros itens entregues a população atingida por Situação de Emergência ou de Calamidade Pública. Em Marabá foram entregues mais 1.500 unidades de cestas básicas para a população atingida devido às cheias dos rios Itacaiúnas e Tocantins, sudeste do Pará.

A distribuição de água também é outra demanda nas ações de respostas durante as fortes chuvas no território paraense, onde veículos tanques especiais realizam a distribuição de água potável e água mineral, que correspondeu a 254 mil reais em média de prejuízos econômicos públicos relacionados com esse serviço essencial prejudicado.

Na Figura 4, ilustra-se a distribuição espacial dos danos e prejuízos decorrentes de desastres desenvolveu-se a partir dos Formulários de Informações do Desastre (FIDE) entre 2013 a 2018, preenchidos após os eventos pelas Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC), requisito inicial para decretação de Situação de Emergência (SE) ou de Calamidade Pública (CP).

Ainda na Figura 4, destaca-se o caso do desastre de Paragominas em 2018, em razão do transbordo e rompimento das barragens durante fortes chuvas do inverno amazônico. O aumento súbito do volume de rios e igarapés da região, devido ao rompimento de barragens na zona rural sobre o rio Uraim e Igarapé de Paragominas, que cruza o município no sentido sudoeste – nordeste danificou mais de 105 moradias e destruiu 35 casas na zona urbana, além de comprometer e inutilizar 14 pontes na área urbana e rural.

A violência das águas, principalmente do igarapé de Paragominas, atinge 20 bairros, provocando uma mancha de alagamento de mais de 3,50 km<sup>2</sup>. De acordo com a COMPDEC de Paragominas mais de 2.290 pessoas foram atingidas diretamente e 8.457 indiretamente. Também foi em Paragominas o maior número de pessoas sofreram com lesões em decorrência direta dos efeitos do desastre e que necessitam de intervenção médico-hospitalar, materiais e insumos de saúde (medicamentos, médicos, etc.).

Outro destaque da Figura 4, foi o desastre no município de Barcarena (2018), onde ocorreram o segundo maior número de pessoas que desenvolveram processos patológicos (2.240 enfermos) em decorrência direta dos efeitos das fortes chuvas. Sublinha-se também a SE de Marabá, onde 4.196 pessoas ficaram desabrigadas, necessitam de abrigo público após alagamento e por fim em Parauapebas que registrou 2.192 desalojados em decorrência dos efeitos diretos do desastre de inundação em 2018. Em Barcarena, nas ações de resposta do desastre de Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial e marinho, o poder público municipal e estadual em conjunto com a empresa Hydro Alunorte forneceram mais de 350 caixas d'água e a distribuição de mais de 774 litros de água nos bairros afetadas além de 25.462 garrafas de água de 25 litros a 1.284 famílias dos bairros Bom Futuro, Vila Nova e Bujaruba, conforme Figura 4.

Ainda na Figura 4 identifica-se os municípios que decretaram situação de emergência e após análise danos e prejuízos foram reconhecidos em estado de emergência em 2018, com destaque para Uruará, Barcarena, Paragominas, Marabá, Parauapebas. A figura 4 também ilustra o que preceitua a Lei 12.608, Brasil (2012), sobre a necessidade de identificar e mapear as mortes, feridos, enfermos, danos à propriedade, destruição, perda de serviços, ruptura social e econômica e degradação ambiental (PAMPLONA; BAPTISTA NETO, 2016).



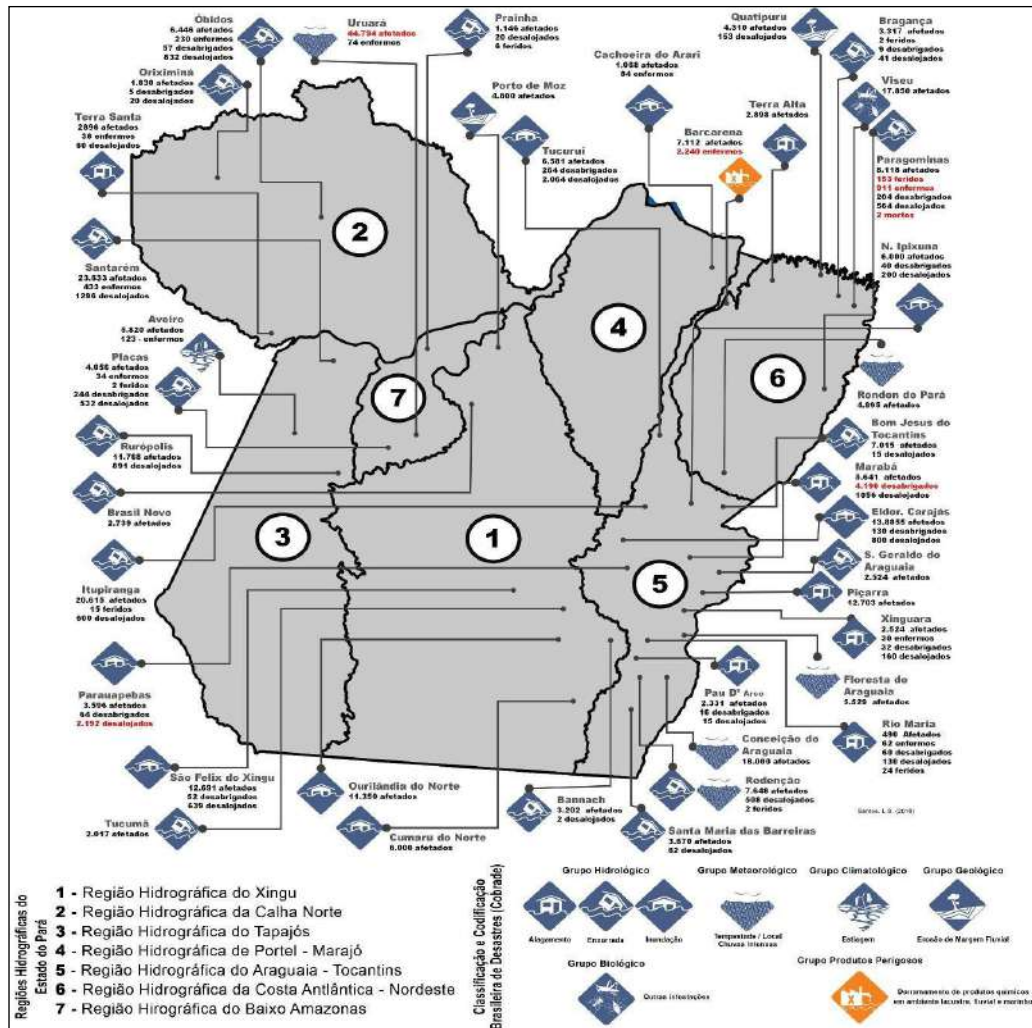


Figura 4. Desastres e danos humanos no Estado do Pará (2018).

As chuvas fortes danificam e/ou destroem pontes, vicinais, estradas e bueiros comprometendo e dificultando o escoamento da produção, principalmente da agricultura familiar. Na área o comércio os alagamentos e inundações causam a perda de estoque e mercadorias (PERETTI, 2013). No ano de 2018 mais cento e noventa e cinco infraestruturas, dentre pontes, vicinais, estradas e bueiros foram afetadas direta ou indiretamente pelas chuvas intensas.

O acúmulo de água em ruas, calçadas, barragem chega a ser tão grande que em muitos municípios ocorrem à abertura de crateras e o fenômeno de erosões, que provocam o rompimento de bueiros, destruição de pontes e ruas, estradas e vicinais, bem como de rodovias, ocasionam o isolamento de aldeias, comunidades e até cidades inteiras, conforme Figura 4.

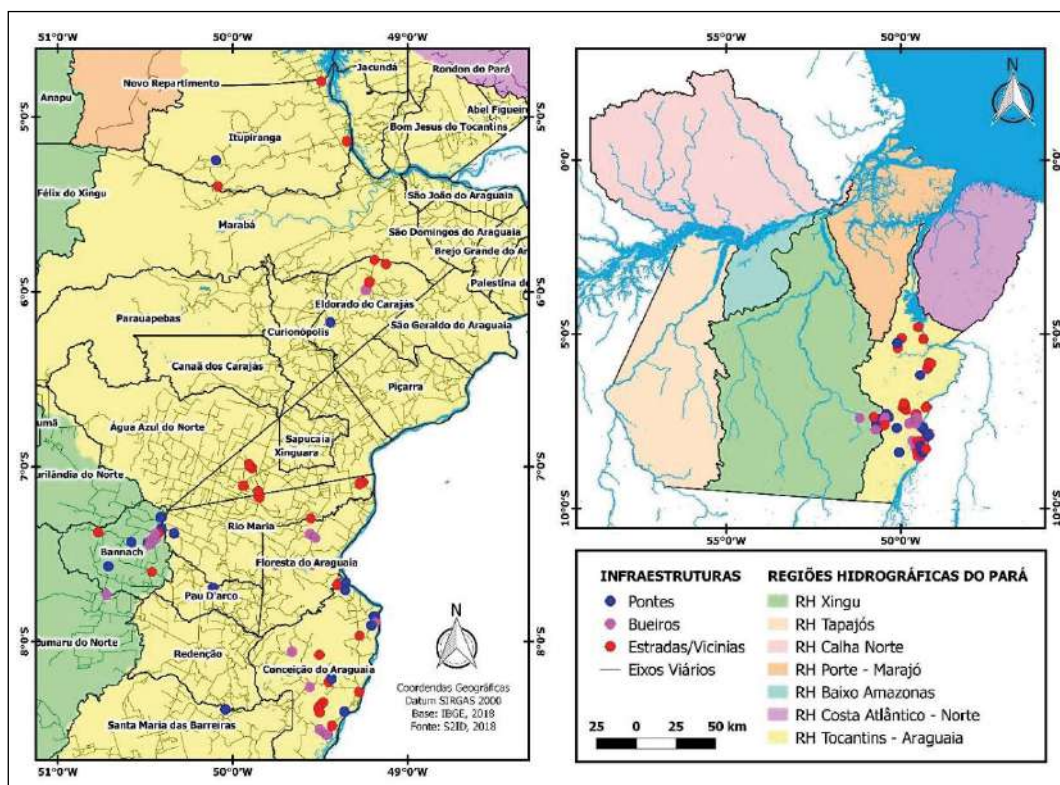
Nos primeiros seis meses de 2018 os prejuízos em infraestruturas de pontes totalizaram mais um prejuízo de dois milhões quatrocentos e cinquenta três mil reais, a exemplo de mais de 195 pontes afetadas e mais de 59.150 km de arruamentos que foram danificadas e/ou destruídas direta ou indiretamente pelas chuvas durante o “inverno Amazônico”.



Fotos: Relatório geral CEDEC (2018/2019).

**Figura 4.** Município isolado por enchurrada nas RH do Pará (2018- 2019).

Na Figura 5, visualiza-se a distribuição espacial das pontes, bueiros, estradas e vicinais danificadas ou destruídas na Região Hidrográfica Tocantins – Araguaia, onde os desastres naturais estão em maior número associados ao incremento das precipitações hídricas. Em 2010 ocorreram 33 enchurradas e 8 alagamentos, 2005 reconheceu-se 8 desastres e por fim em 2010, dez desastres que foram reconhecimento como eventos extremos.



**Figura 5.** RH do Tocantins – Araguaia com infraestruturas fortemente avariadas ou destruídas.

Contudo, nos períodos de *El Niño* as Regiões Hidrográficas do norte do Brasil sofrem com a diminuição das precipitações e secas, além do aumento do risco de incêndios florestais (SERRÃO et al., 2015; ARANTES, 2020). Com relação à intensa redução das precipitações, quase todos os municípios da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia e Hidrográfica do Xingu são afetados com fenômeno da estiagem, a exemplo das regiões do Araguaia, Itacaiúnas, Tocantins, provocando focos de queimadas, com potencial de virarem incêndios florestais, como de áreas de pastos e florestas.

Os Incêndios Florestais e incêndios urbanos pouco são cadastrados como Situação de Emergência (SE) no Estado do Pará, sendo no período analisado encontrado apenas 35 casos, mas que não foram declarados com SE. O município de Parauapebas foi o que mais cadastrou esse fenômeno na plataforma do S2ID. De Souza Neves et al. (2018), enfatizam a necessidade do entendimento das ocorrências do fogo em vegetação nativa e que dentre seus danos, podem ser destacados a influência na fertilidade do solo, destruição da biodiversidade, fragilização de ecossistemas, produção de gases nocivos à saúde humana, diminuição de visibilidade atmosférica, entre outros.

## 6 Mapa de múltiplas ameaças do Pará (M2A – Pará)

O termo ameaça se refere ao risco ou ao possível perigo que uma situação, objeto ou determinada circunstância pode levar para sua própria vida ou de terceiros (CASTIEL et al., 2010). Isto é, a ameaça pode ser entendida como um perigo latente, uma situação é uma ameaça para sua vida. Neste contexto, com a frequência os desastres que vêm ocorrendo nas regiões hidrográficas do território paraense têm atingindo várias pessoas em especialmente as comunidades mais vulneráveis. Santos (2012) declara que os desastres na Amazônia Legal despertam a atenção da comunidade científica nacional e internacional, mas habitualmente as situações são vistas como um espetáculo midiático (ZENATTI; SOUSA, 2010).

As ameaças neste trabalho são entendidas como um perigo latente, tipificado pelo COBRADE, subdivididos sobre as Regiões Hidrográficas que afetaram este território a ponto de reduzir ao extremo a capacidade de resposta dos gestores públicos locais para retorno à normalidade.

Com a tabulação, classificação e análises das frequências dos eventos extremos, dos processos de desastres e situações de emergências reconhecidas pela Defesa Civil Nacional, Estadual e Municipal do Estado Pará entre 2003 a 2018, bem como as reuniões com os técnicos em defesa civil da CEPDEC – Pará, em especial da Divisão de Apoio a Comunidade (DAC) e Divisão de Operações (DivOp), foi possível reconhecer setes Regiões de Múltiplas Ameaças (RMAs), com potencial de gerar impactos sociais, econômicos e ambientais, elaborando-se assim um Mapa de Múltiplas Ameaças do Pará (M2A-Pa), tendo como parâmetro a Classificação e Codificação Brasileira de Desastre (COBRADE) (VIEIRA; PEIXOTO; KAISER, 2016), conforme apresentado na Figura 6.

No período de estudo reconheceu-se os eventos extremos hidrológicos estão presentes em todas as RMAs, fato esse decorrente das características climática da região Amazônica (quente-úmida) que desencadeia uma precipitação sazonal média de mais de 2300 mm.ano<sup>-1</sup> (CEPED UFSC, 2012, p. 110). As chuvas intensas e abundantes provocam os fenômenos naturais de alagamentos, inundações e enxurradas causavam danos à população nos seis primeiros meses do ano no Estado do Pará (SILVA, 2013, grifo nosso).

Na 1ª RMAs (RH – Xingu), com uma área de 335.316,04 km<sup>2</sup>, ocorreram 31 casos de situação de emergências decretadas e homologadas pelo MI. As chuvas intensas, alagamentos e enxurradas são os mais recorrentes nesta RH, principalmente em razão do “inverno Amazônico” o que representa 23% das SER do Estado do Pará.

A segunda RMA (2ª RMA) (RH - Calha Norte), com uma área que perfaz 21,8% do Estado, sendo constituído pelas das bacias dos rios Nhamundá, Trombetas, Cuminapanema, Maecurú, Parú e Jarí, avolumou-se 36 situações de emergências em 14 anos, representando 18,8% dos eventos extremos paraense. Destaca-se nesta RH as ocorrências de desastres de transporte marítimo - aquaviário, que produzem grande número de vítimas fatais em razão dos naufrágios provocados pelos vendavais durante fortes precipitações.

A terceira RMA (3ª RMA) (RH – Tapajós) é constituída pela bacia do rio Tapajós, possuindo como principais drenagens os rios Tapajós, Teles Pires, Jamanxim, São Benedito e o rio Arapiuns, onde ocorreram 15,42% dos eventos reconhecidos com SE, também decorrente das chuvas em abundância e os efeitos da acumulação da água sobre rios e igarapés da região, resultando alagamentos, enxurradas e erosões continentais.

Na 4ª RMA (RH – Portel – Marajó), constituída pelos municípios de Santarém, Placas, Uruará, Rurópolis, Prainha, Medicilândia, Porto de Moz, ocorreram 8 situações de emergência sobre a bacia hidrográfica do rio Tocantins até a sua foz no Oceano Atlântico, representando 4,9% das SER do Pará. Nesta RH os naufrágios também são muito recorrentes, além dos eventos de erosões costeiras.

A 5ª RMA (RH – Araguaia – Tocantins) concentrou-se danos e prejuízos decorrentes das inundações e enxurradas que foram capazes de destruir ou danificar estradas e vicinais, além de pontes que são outras estruturas bastante afetadas nesta RH, a exemplo do rompimento de barragens de irrigação no município de Paragominas que desencadeou na criação de Grupo de Trabalho de Estudos e Segurança de Barragens no Estado do Pará.

A 6ª Região de Múltiplas Ameaças (6ª RMA) (RH – Costa Atlântico – Norte) corresponde a 24,2% das SER do Pará, sendo reconhecido neste território 60 casos de situações de emergências reconhecido pela Defesa Civil Nacional e Coordenadorias Estaduais de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC), no período analisado. Numericamente a RH Costa Atlântico – Norte tem maior diversidade de SER, conforme o COBRADE, com destaque para eventos de e incêndio urbano e produtos perigosos que são cadastrados pelas COMPDEC mais atuantes nessa região, a exemplo da defesa civil do município de Belém e Marituba totalizar 1,8% e 1,5%, respectivamente. Ocorrências recorrentes de infestações que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias são também contabilizado nesta RH, como caso do novo Coronavírus - COVID-19, com Codificação COBRADE nº 1.5.1.1.0.

As outras ameaças destacadas na 6ª RMA do M2A Pará, é do Grupo Tecnológico, onde se localiza eventos com produtos perigosos, incêndios urbanos, rompimento de barragem, transportes marítimos e aquaviário e por fim queda de estrutura civil, a exemplo da queda da ponte sobre o rio Moju a ponte (Figura 6) liga a capital às regiões nordeste, sul e sudeste do Pará, dever trouxe diversos prejuízos para a região, pois dezenas de veículos devem ter dificuldades de tráfego e os prejuízos, segundo o governo, giram em torno de R\$100 milhões.



**Figura 6.** Desabamento de estrutura civil no nordeste do Pará.  
Fotos: Relatório geral CEDEC (2019).

Por fim, a 7ª RMA (RH – Baixo Amazonas), composta pelas bacias dos rios Anapu, Pacajá, pelas bacias da região ocidental do Marajó e oriental do Marajó, teve 8 SE homologadas e recorrentes para mesmo período, representando apenas 4% das situações emergência recorrentes, principalmente das chuvas fortes.

Contudo, o fato de um determinado evento não ter ainda ocorrido em algumas RH, não significa que não ocorrerá, como por exemplo, os desastres de doenças infecciosas virais e outras infecções legitimado com SE na 6ª RMA, decorrente de contaminação do meio ambiente, água, solo e vegetação, a falta de manejo dos resíduos no aterro e hoje em razão do COVID-19.

Como a Lei nº 12.608, 2012, art. 4. prevê a “adoção da Regiões ou bacias Hidrográfica como unidade de análise, neste sentido elaborou-se um Mapa de Múltiplas Ameaças do Regiões Hidrográficas, onde se pode discutir sobre os riscos ou ao possível perigo cíclicos no Pará conforme preconiza de Vaz (2015) (Figura 7). O M2A – Pará (Figura 7) deve orientar as coordenadorias estadual e municipal de proteção e defesa civil na definição de estratégias para redução dos riscos de sua região hidrográfica. Sabe-se que a percepção das ameaças se constitui num processo longo, porém urgente, por isso, a disseminação da percepção desta cultural precisa ter como aliado a um meio de comunicação, em razão do seu grande alcance e capacidade de persuasão.

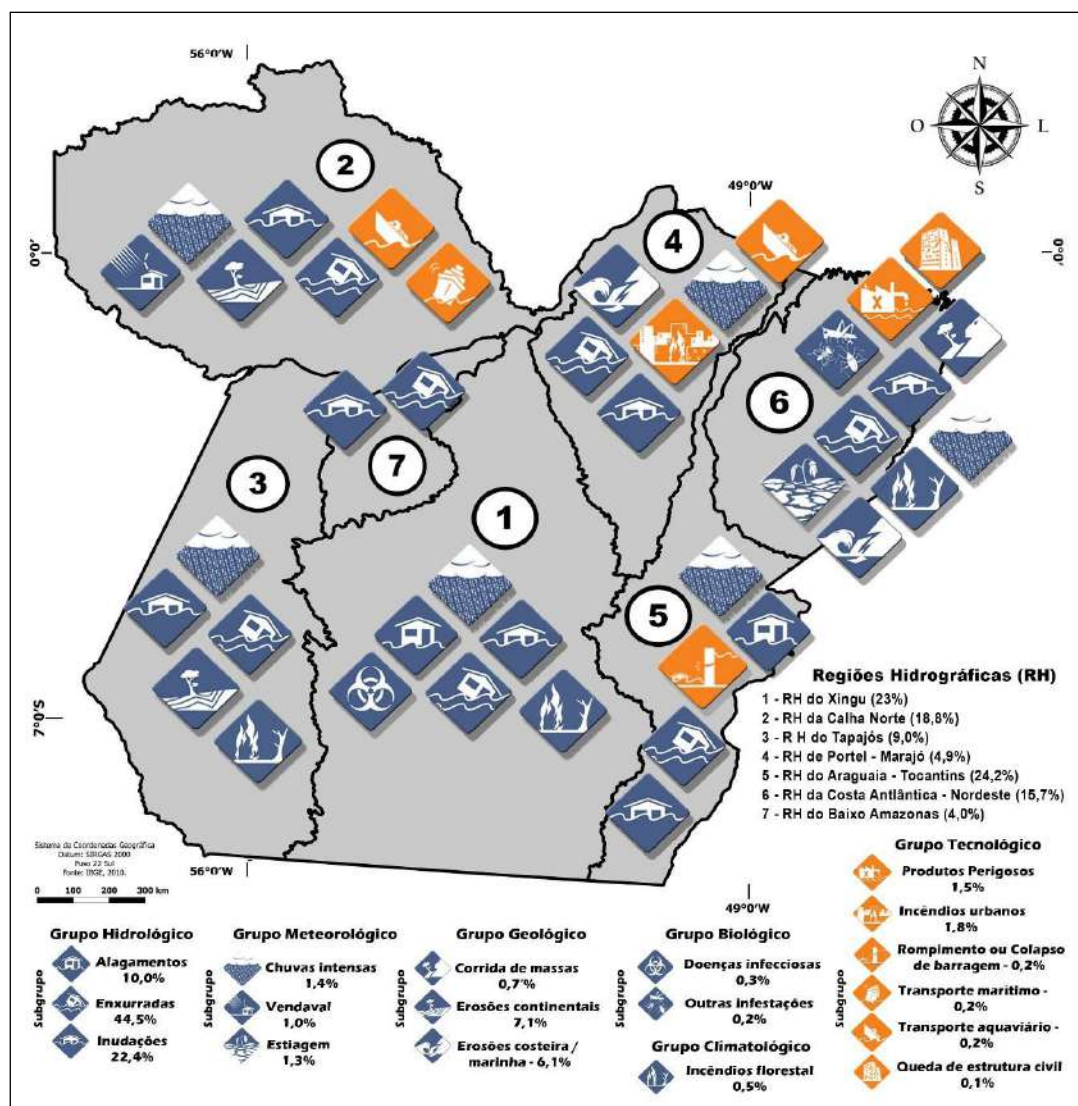


Figura 7. Mapa de Múltiplas Ameaças do Estado do Pará (M2A-Pará).

Através da compilação de informações da Divisão de Apoio a Comunidade (DAC) e Lista de usuários Municipais da Defesa Civil Federal, identificou-se que Estado do Pará possui 118 Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC). A RH Costa do Atlântico – Norte (6ª RMAs) é a região que mais criou COMPDEC, totalizando-se 29, seguida da 5ª RMAs (RH Tocantins-Araguaia) com 25 COMPDEC, sendo estas as que mais conseguiram reconhecer mais de 50 (24%) dos desastres do estado do Pará. A RH Portel-Marajó (4ª RMAs) e RH Xingu (1ª RMAs) criaram com 11 COMPDEC cada, e RH Calha Norte (2ª RMAs) com 9 COMPDEC, RH (3ª RMAs) com 8 COMPDEC e RH do Baixo Amazonas (7ª RMAs) com apenas 3 COMPDEC.

Todavia, das 118 COMPDEC criadas no Pará, 29 não possuem cadastros no Sistema Integrado de Informações de Desastres (S2ID), o que os impossibilitam de preencherem os relatórios registros de desastres nesta plataforma, significando que essas apesar de existirem não atuam efetivamente nos seus municípios. A maior preocupação é com os 26 municípios que ainda não criaram seus órgãos regionais de proteção e defesa civil, e nem possuem estrutura mínima para essa atividade, de maneira que estes possam ter autonomia para definir e organizar suas áreas de proteção e defesa civil.

Ainda quanto às COMPDEC, 48 municípios estão deixando de atuar em defesa civil, pois criadas não têm cadastros no S2ID não registram os eventos extremos no seu território, enfraquecendo o sistema nacional de proteção de defesa civil (SINPDEC). A falta da organização municipal de defesa civil representa igualmente a ausência de diálogo entre o poder público estadual e federal e sociedade civil organizada, que de forma colaborativa, poderiam debater assuntos relacionados à proteção e defesa civil local (LONDE; SORIANO; COUTINHO, 2015).

## Conclusões e recomendações

Na Amazônia paraense o inverno amazônico constitui motivo de grande preocupação, em razão da sua capacidade de gerar danos e prejuízos às populações vulneráveis, sendo possível a ocorrência de situações de emergência ou de calamidade pública com potencial de se tornar uma verdadeira catástrofe.

As múltiplas ameaças identificadas ao longo de mais de uma década por região hidrográfica e a quantificação de danos e prejuízos forma elementos fundamentais para elaboração do Mapa de Múltiplas Ameaças do Estado do Pará (M2A – Pará), que traz à luz uma discussão acerca do planejamento e gestão de riscos de desastres na Amazônia paraense.

A abordagem holística dos desastres cíclicos do Pará por meio do M2A - Pará deve possibilitar uma mudança na cultura de gestão de risco dos municípios, representando um sobreaviso para população amazônica e gestores públicos municipais e estaduais, constituindo-se um avanço considerável na maneira do olhar para passado para lidar com as questões dos desastres que mais ocorrem no Pará.

O mapeamento das múltiplas ameaças deve ser trabalhado visando evitar que estas se transformem numa crise rompendo o funcionamento da sociedade, causando grandes perdas materiais, humanas ou do meio ambiente. Neste caso, sugere-se aos gestores públicos que utilizem o M2A – Pará como um recurso feito para salvar vidas e prevenir perdas trágicas, conforme preconiza a Lei nº 12.608, 2012, art. 4. sendo também um instrumento importante na elaboração das políticas de governo consideram a gestão de risco uma prioridade.

As alterações climáticas globais devem ser consideradas para as análises e previsão dos eventos climáticos extremos na Amazônia, sendo as Regiões Hidrográficas os principais receptáculos dos desastres naturais, cabendo aos órgão de defesa civil atuarem de forma proativa no planejamento dos planos de contingências estadual, estabelecendo suas ações mitigadoras com base nos seu eventos extremos pretéritos, possibilitando aos gestores públicos compreenderem as ocorrências destes eventos na atualidade, representando uma espécie de sobreaviso as comunidades, com a finalidade de reduzir as perdas humanas e/ou materiais, econômicas ou ambientais.

Neste caso, múltiplas ameaças devem ser cuidadosas analisadas e, muitas vezes, baseada nas estatísticas histórica em cada região hidrográfica, fazendo-se com que a séries históricas dos eventos extremos representem um sobreaviso as comunidades ou sociedade no espaço amazônico.

## Referências

- ARANTES, L. S. Variabilidade espacial da precipitação pluvial e temperatura do ar em Minas Gerais associada a eventos de El Niño. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <<http://clyde.dr.ufu.br/handle/123456789/28358>>. Acesso em: 03 jan. 2020.
- ASSUMPÇÃO, R. S. F. **Petrópolis: um histórico de desastres sem solução? Do Plano Koeler ao Programa Cidades Resilientes.** 2015. Tese (Doutorado). Disponível em:

- <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40233>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Revista Eletrônica Disciplinarum Scientia: Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1303>>. Acesso em: 4 ago. 2019.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)**. Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2012. Disponível em: [http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V++Cobrade\\_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0](http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V++Cobrade_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0). Acesso em: 15 nov. 2017.
- BRASIL. Lei 12.608, de 10 de abril de 2012. **Dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC, autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres e dá outras providências**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 18 nov. 2017.
- CASTIEL, L. D.; GUILAM, M. C. R.; FERREIRA, M. S. **Correndo o risco: uma introdução aos riscos em saúde**. SciELO-Editora FIOCRUZ, 2010.
- CEPED UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil**. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2012. 94p.
- DAMACENA, F. D. L. Limites e possibilidades da prestação jurisdicional na redução da vulnerabilidade. In: FARBER, D. A.; CARVALHO, D. W. de (Orgs.). **Estudos aprofundados em direito dos desastres: interfaces comparadas**. Curitiba: Editora Prismas, 2017.
- DEFESA CIVIL. **Sistema Nacional de Defesa Civil**. Ministério da Integração Nacional, 2010.
- DE SOUZA NEVES, L. F.; MARIMON, B. S.; ANDERSON, L. O.; DA SILVA NEVES, S. M. A. DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, p. 85-103, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/47926>>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- ESPÍRITO-SANTO, C. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Gestão de risco de desastres em planos diretores de três municípios da zona costeira do estado do Pará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 16, n. 2, p. 223-229, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?pid=S1646-88722016000200009&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?pid=S1646-88722016000200009&script=sci_arttext&tlng=es). Acesso em: 20 jul. 2019.
- FRANCA, R. R. **Eventos pluviais extremos na Amazônia meridional: riscos e impactos em Rondônia**. 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/37677>. Acesso em: 19 abr. 2018.
- FRANCO, G. H. B. **O desafio brasileiro: ensaios sobre desenvolvimento, globalização e moeda**. São Paulo: Editora 34, 1999.
- LIMA, A. M. M. de, CRUZ, F. M., CAVALCANTE, L. M., DE LEÃO, L. M., CHAVES, M. I. J.; SANTOS, V. J. C. A gestão da oferta hídrica no Estado do Pará e seus aspectos condicionantes. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, v. 15, n. 3, p. 69-83, jul./set. 2010.
- LONDE, L. de R.; SORIANO, E.; COUTINHO, M. P. Capacidades das instituições municipais de proteção e defesa civil no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista do Departamento de Geografia, USP**, v. 30, p. 77-95, 2015.
- PAMPLONA, F. T.; BAPTISTA NETO, A. A participação da imprensa na gestão de risco de desastres. **Revista Ordem Pública**, v. 9, n. 1, p. 133-146, 2016. Disponível em: <https://rop.emnuvens.com.br/rop/article/view/115>. Acesso em: 12 maio 2018.
- PARÁ (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Política de recursos hídricos do Estado do Pará**. Belém: SEMA, 2012. Disponível em: [https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsites/upload/41/POLITICA\\_DE\\_RECURSOS\\_HIDRICOS\\_DO\\_ESTADO\\_DO\\_PARA.pdf](https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsites/upload/41/POLITICA_DE_RECURSOS_HIDRICOS_DO_ESTADO_DO_PARA.pdf). Acesso em: 12 jan. 2019.



- PEREIRA, D. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Ameaças e desastres naturais na Amazônia Sul Ocidental: análise da bacia do rio Purus. **Raega: o Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, p. 68-94, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/38820>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- PEREIRA, D. M.; SZLAFSZTEIN, C. F.; ARAÚJO, F. A. Avaliação de risco de desastres na Bacia Hidrográfica do Rio Purus (Brasil) com base em índices compostos. **Revista da ANPEGE**, v. 12, n. 17, p. 167-190, 2016. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6418>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- PERETTI, V. A. **Space-time analysis of natural disasters in the municipality of Erechim-RS, from 1986 to 2011**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9385?show=full>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- SANTOS, L. S.; FREITAS, B. P.; MORAES, M. T.; MESQUITA, C.S.; BENJÓ, J. A.; SILVA JUNIOR, O. M. Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) em missões de defesa civil. **Anais do III Congresso Brasileiro de Redução de Risco e Desastre – CBRRD**, 2019. Disponível em: <http://www.ig.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias/145-iii-congresso-brasileiro-de-reducao-de-riscos-e-desastres>. Acesso em: 20 maio 2020.
- SANTOS, R. **Gestão de desastres e política de assistência social: estudo de caso de Blumenau/SC**. 2012. Tese (Doutorado). - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/99485>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- SEDEC. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres –S2ID**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2014. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 10 mar. 2014.
- SERRÃO, E. A. de O.; SANTOS, C. A. dos; WANZELER, R. T. S.; LIMA, A. M. M. de. Avaliação da seca de 2005 e 2010 na Amazônia: análise da bacia hidrográfica do rio Solimões. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 5-20, 2015.
- SILVA, E. M. **A cidade e o clima: impactos das precipitações concentradas e as tendências climáticas em Uberlândia-MG**. 2013. 349 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas). - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15971>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- SZLAFSZTEIN, C., THALES, M., SERRUYA, N., & VENTURIERI, A. Vulnerabilidade natural à erosão. **Embrapa Amazônia Oriental: capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/880869/1/Vulnerabilidade.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- VAZ, P. R. M. Mapa das ameaças climáticas do Estado do Rio de Janeiro: conhecendo os perigos, tomando medidas. **Revistaea.org**. Disponível em: <http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2761>. Acesso em: 18 nov. 2017.
- VIEIRA, G. S.; PEIXOTO, A. S. P.; KAISER, I. M. Análise da estrutura dos bancos de dados de desastres no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA. 18., 2016, Belo Horizonte/MG. **Anais [...]**. Belo Horizonte/MG, 2016. Disponível em: [https://www.academia.edu/31802768/An%C3%A1lise\\_da\\_Estrutura\\_dos\\_Bancos\\_de\\_Dados\\_de\\_Desastres\\_no\\_Estado\\_de\\_S%C3%A3o\\_Paulo](https://www.academia.edu/31802768/An%C3%A1lise_da_Estrutura_dos_Bancos_de_Dados_de_Desastres_no_Estado_de_S%C3%A3o_Paulo). Acesso em: 12 set. 2019.
- ZENATTI, A. P.; SOUSA, S. Y. U. **Comunicação em desastres: a atuação da imprensa e o papel da assessoria governamental**. Florianópolis: Governo do Estado de SC SJC/DEDC, 2010. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2010/01/PR-745-LivroComunica%C3%A7%C3%A3o-em-Desastre-pagina-espelhada-100908.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

# ANÁLISE DIALÉTICO-MATERIALISTA DE EVENTO EXTREMO DE PRECIPITAÇÃO

Lucivânio Jatobá<sup>1</sup>

## Introdução

A utilização da Dialética Materialista vem sendo, há muitas décadas, aplicada em estudos históricos, sociais e econômicos para representar o estabelecimento da verdade mediante contradições e discussões. Contudo, o emprego desse método tem sido concentrado, no Brasil, em análises relativas à realidade social e econômica. A análise dialético-materialista da dinâmica da natureza, especialmente os estudos sobre a baixa atmosfera, ainda permanece muito ausente nas pesquisas acadêmicas.

Buscou-se, neste texto, apresentar a ligação, bastante estreita e necessária, entre o conhecimento filosófico dialético e o conhecimento científico sobre a dinâmica atmosférica da Região Nordeste do Brasil, que é de natureza extremamente complexa. Procurou-se, ainda, mostrar que as conexões dialéticas, as transformações entre os fatos naturais e com a concomitância das ações antrópicas, além das contradições entre as temperaturas da superfície marinha e o ar atmosférico que sobre ela se instala produzem mudanças qualitativas significativas na pluviometria regional e na vazão dos principais rios, sobretudo na RD Mata Sul.

A ligação entre o conhecimento filosófico dialético e o conhecimento científico-natural é bastante nítida. Há uma necessidade de aprofundamento do diálogo do Materialismo Dialético com as ciências da natureza, em especial. O método concernente a essa corrente da Filosofia demanda, portanto, uma ampla interdisciplinaridade e uma significativa participação das ciências geográficas.

Existem fenômenos excepcionais que se verificam na superfície terrestre e apresentam dimensões econômicas, sociais, ambientais e até mesmo politico-institucionais. São os desastres naturais. Um exemplo desses fenômenos são os eventos extremos de chuvas, como os que estão ocorrendo, com certa frequência, na parte oriental do Estado de Pernambuco.

Desastres naturais podem ser entendidos como resultado do impacto de um fenômeno natural extremo ou intenso sobre um sistema social, e que causa sérios danos e prejuízos que excedam a capacidade dos afetados em conviver com o impacto (SAITO, s/d).

Neste capítulo, examinou-se, sob o prisma do Materialismo Dialético, um desses eventos acontecido em julho de 2019 e que atingiu, fortemente, as Regiões

---

<sup>1</sup> Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPE. Professor do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Ambientais do Centro de Biociências da UFPE. E-mail: lucivaniojatoba@uol.com.br.

de Desenvolvimento (RD) Metropolitana do Recife e Mata Sul. O evento em pauta verificou-se entre os dias 13 e 25 daquele mês, acarretando inundações alagamentos, deslizamentos em encostas e morros, sobretudo na RD Metropolitana do Recife.

As questões tratadas no capítulo referem-se basicamente aos seguintes temas: Caracterização geral do Método Dialético Materialista, as leis e as categorias filosóficas do Materialismo Dialético e por último uma exemplificação de uma análise e uma interpretação simples do Método Dialético-Materialista ao evento extremo de chuvas mencionado.

## 1 O método de Análise Dialético-Materialista<sup>2</sup>

### 1.1 Generalidades

Dialética é uma palavra de origem grega (*dialektiké tekne*) que era muito empregada por vários filósofos da Antiguidade Clássica com o intuito de designar a arte ou a habilidade de estabelecer a verdade mediante as discussões e contradições. Dialética, segundo essa ótica, nada mais seria que o diálogo entre opostos. Ela concebe o mundo em movimento e em permanente transformação e contradição, apoiando-se no desenvolvimento das ciências naturais e sociais.

A Dialética tem uma história antiga e passou por diversas etapas de desenvolvimento. A primeira fase corresponde à Dialética dos Filósofos Jônicos. A segunda fase está relacionada à Dialética de Platão e Aristóteles. A terceira fase materializa-se na Dialética Hegeliana. A última fase é a da Dialética Materialista, de Karl Marx e F. Engels (THALHEIMER, 1979).

Foi no final do século XVIII e início do século XIX que filósofos alemães passaram a compreender a Dialética como sendo o desenvolvimento do pensamento através de contradições que se mostravam no próprio pensamento. Coube a Hegel<sup>3</sup> descrever de modo minucioso as formas essenciais do pensamento dialético. Marx e Engels, discípulos de Hegel, fizeram diversas críticas ao pensamento hegeliano, apesar de terem se apoiado nele para a criação do Materialismo Dialético. A principal crítica que foi feita por esses dois filósofos alemães à Dialética hegeliana é que, para aqueles autores, Hegel elaborou o seu método partindo de um ponto de vista idealista, pois considerava que o desenvolvimento dialético é próprio apenas do pensamento, da ideia e não da natureza. É célebre a crítica frase de Karl Marx: “A Dialética de Hegel estava de cabeça para baixo”. Para Swingewood (1978):

Nos primeiros escritos de Karl Marx, a Filosofia Dialética de Hegel é sumariamente rejeitada. A Ciência da Lógica é veemente atacada por suas “abstrações metafísicas.” Mas, em 1858, Marx chegou a uma conclusão diferente, e, numa carta a Friedrich Engels, escreveu sobre o grande valor, para a metodologia científica, da Lógica de Hegel e a importância de transmitir, de acessível, aquilo que é racional no método que Hegel descobriu, mas envolveu no “misticismo”. Essa é a distinção que Engels faz, posteriormente, entre o método de Hegel e seu sistema, a necessidade de extrair o caroço racional de dentro da casca mística e desenvolver uma dialética materialista (SWINGEWOOD, 1978, p. 44).

A ligação entre o conhecimento filosófico dialético e o conhecimento científico–natural é bastante estreita. A propósito, Burlatski (1987) sintetizou, com propriedade, essa relação:

A ligação é bilateral. Por um lado, a Filosofia utiliza as conquistas das ciências concretas na elaboração das leis mais gerais, apoia-se nelas e sintetiza os resultados das pesquisas teóricas. (...) Por outro lado, a Filosofia, como a ciência sobre as leis mais gerais, constitui a

base da cognição científica na esfera da metodologia e da visão do mundo, determina as posições iniciais de cognição dos processos concretos e desempenha o papel de guia no estudo dos objetos desconhecidos. (BURLATSKI, 1987, p.19).

## 1.2 As Leis da Dialética

Inicialmente, é preciso lembrar que, como afirmaram Rosenthal e Straks (1960), o Materialismo Dialético não se reduz a leis fundamentais do desenvolvimento das coisas, mas à conjugação destas com as categorias filosóficas. O método dialético é, portanto, enriquecido com essa junção e consegue analisar a essência dos fenômenos naturais, como por exemplo um Desastre Natural verificado numa vertente no sopé de uma elevação vulcânica, um evento extremo climático, uma enchente catastrófica numa área de planície etc.

As leis da Dialética assumem uma particular importância para a explicação dos fenômenos que se verificam nas paisagens naturais e culturais, particularmente os fenômenos climáticos. Foram esboçadas por Engels (1979) e, segundo ele, extraídas da história da natureza e da história da sociedade humana. Engels (1979) reduziu-as principalmente a três, reconhecendo, contudo, que as mesmas foram estabelecidas por Hegel, mas a partir de um prisma idealista.

As relações e dependências entre os objetos e fenômenos naturais ou sociais são investigadas pelas diversas ciências; essas relações são denominadas de leis (KOVALHOV, 1974). As leis objetivas da natureza são as formas gerais das relações existentes entre os fenômenos naturais presentes, por exemplo, nas paisagens. As leis das ciências refletem, portanto, as leis objetivas. O Materialismo Dialético define lei como a conexão interna e necessária entre duas coisas. Uma lei se caracteriza como uma conexão de causa e efeito.

A análise dialética significa que o pesquisador elabora o conhecimento sobre a dinâmica dos fatos geográficos, por exemplo, mas sempre procurando um entendimento nos fatos naturais, nas suas conexões dialéticas, nas suas transformações e contradições. Assim, a Dialética passa a ser um método de pensamento, uma Lógica (KOPNIN, 1972).

Essas Leis da Dialética Materialista, aplicadas ao estudo da natureza, podem ser enunciadas sinteticamente assim:

### **a) Todos os fenômenos da natureza, inclusive os climáticos, encontram-se em permanente relacionamento ou conexão dialética**

Os fenômenos naturais, por mais distante, às vezes, que se encontrem, acham-se relacionados. O senso comum nem sempre assim percebe esse aspecto da Natureza. Para o senso comum, os fatos naturais são aquilo que salta aos olhos e em geral se apresentam independentemente dos demais. Exemplos: a chuva é uma chuva; um evento climático extremo é apenas algo que se caracterizou por excesso de chuvas num curto espaço temporal, a escarpa é uma escarpa; a rocha é apenas uma rocha, um desastre natural é um desastre natural que aconteceu “por causa de um determinado fator”, etc.

Essa questão foi analisada filosoficamente por Engels (1953) no célebre ensaio “Ludwig Feuerbach e o fim da filosofia clássica alemã”, publicado no século XIX, e nos manuscritos de A Dialética da Natureza (ENGELS, 1979).

A conexão dos fenômenos naturais foi também examinada, à luz do Materialismo Dialético, por Shajnazarov (*apud* SODRÉ, 1968), para quem o movimento e o desenvolvimento dos fatos naturais são impossíveis sem a ação mútua dos lados e fenômenos contrapostos, em interconexão com as condições de vida circundantes. O Materialismo Dialética analisa um sistema não como um simples agregado ou simples soma de parte componentes, e sim como um tipo de totalidade complexa e integral (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2007).

A Dialética Materialista induz à interdisciplinaridade, à visão holística dos fatos e fenômenos da natureza, opondo-se, na prática, ao Positivismo e suas manifestações mais recentes. É a lógica da totalidade.

### **b) Todos os fenômenos verificados na Terra apresentam-se em estado de frequente transformação**

A Dialética analisa os fenômenos físico-geográficos, que compõem as paisagens naturais, como algo que não se encontra em repouso, nem numa fase de estagnação, onde tudo é apenas o que é ou o que a aparência mostra. A Dialética percebe a natureza como uma coisa que se encontra em permanente desenvolvimento.

Os aspectos quantitativos de um fenômeno natural acarretam, inevitavelmente, mudanças qualitativas deste. Os fenômenos passam de um estado a outro a partir de mudanças quantitativas que evoluem para mudanças qualitativas. Esse fato é particularmente observado na análise climática.

Todos os fenômenos que compõem as paisagens naturais atravessam um processo nítido de desenvolvimento, mas não se trata de um mero crescimento. O desenvolvimento dos fenômenos climáticos pressupõe que mudanças quantitativas resultem em mudanças qualitativas. Em geral, as mudanças de qualidade desses fenômenos são súbitas e podem se dar através de saltos qualitativos. As mudanças quantitativas são por vezes graduais, mas implicam sempre em mudanças radicais.

### **c) Todos os fenômenos terrestres apresentam um estado frequente de contradição, de luta de contrários.**

Os objetos que estão materializados nas diversas paisagens encontradas na epigeoesfera, quando são comparados nota-se que apresentam propriedades opostas, características diferentes. Um exclui o outro, dialeticamente. Neste caso, diz-se que são contrários e que se excluem mutuamente. A contradição é, portanto, uma relação dialética entre contrários.

Onde quer que se choquem os contrários, onde quer que se estabeleçam entre eles umas e outras relações, aparecem sempre contradições, uma vez que se chocam correntes e forças opostas. Os contrários fazem parte, portanto, da contradição.

Yajot (*apud* SODRÉ, 1968) assim se refere à luta de contrários:

A luta entre os distintos contraditórios é devida a que se acham vinculados entre si, formam um todo único e, ao mesmo tempo, repelem-se, excluem-se mutuamente. Nesse caso, as colisões, a luta, são inevitáveis. Onde existe unidade dos contrários, por conseguinte, existe também luta entre eles. Deve entender-se por luta dos contrários “a aspiração” de cada um de ter uma significação preponderante, dominante, no processo, no fenômeno. Mas não é a unidade, senão a luta dos contrários que desempenha o papel principal (*apud* SODRÉ, 1968, p. 131).

O Materialismo Dialético considera que a exclusão mútua dos contrários fornece o impulso necessário para o desenvolvimento dos objetos e fenômenos naturais. Os contrários são precisamente os aspectos, tendências ou forças internas do objeto que se excluem mutuamente, mas, ao mesmo tempo, se pressupõem um ao outro; é a unidade dos contrários, conforme lembra Afanasiev (1968).

Existem contradições específicas em cada esfera da realidade, como por exemplo, as contradições observadas: nas partículas ínfimas da matéria, entre blocos rochosos adjacentes,

nas massas de ar qualitativamente diferentes quando em contato, nos processos erosivos e deposicionais, no desenvolvimento do conhecimento humano, etc. As contradições dialéticas são a fonte de variações de todos os objetos e fenômenos do mundo real (KOVALHOV, 1974).

#### d) Os objetos e fenômenos verificados na Terra passam por três etapas, ou seja, a primeira é a tese, depois esta dá lugar à sua negação (antítese) e esta conduz à negação da antítese

Esta lei foi denominada de “A Negação da Negação”. No conflito dos contrários, um nega o outro, que depois é negado em um nível superior de desenvolvimento, mas que preserva aspectos dos contrários negados - tese, antítese e síntese (SANTOS *et. al.*, 2018)

Num determinado estágio do desenvolvimento da contradição, os contrários mudam-se, seja um pelo outro, seja pelas formas superiores, condicionando a resolução da contradição e ao mesmo tempo, a eliminação do antigo estado qualitativo e o aparecimento de um estado novo. O aparecimento deste resulta, portanto, da negação do antigo estado qualitativo que já está anulado. O resultado disso é que a negação é um momento necessário do desenvolvimento. (...) A passagem da coisa em seu contrário é característica da negação dialética, mas nem toda negação dialética significa passagem de um fenômeno negado em seu contrário; pode acontecer que, no curso da negação dialética, o fenômeno transforme-se ou não em seu contrário, ou em qualquer outra coisa, superior em relação ao estado qualitativo anterior (CHEPTULIN, 1982, p. 313-315).

O desenvolvimento dos fenômenos naturais tem certo caráter gradual, manifesta uma ciclicidade e pode ser compreendido a partir da aplicação da lei da Negação da Negação. A ciclicidade de uma onda de leste, fenômeno climático que na parte oriental do Estado de Pernambuco origina desastres naturais, demonstra essa assertiva.

### 1.3 As categorias filosóficas da Materialismo Dialético

As categorias filosóficas são as noções lógicas fundamentais que refletem as propriedades essenciais, os aspectos e as relações mais gerais entre os fenômenos reais (KHILYABICH, 1967). O Materialismo Dialético analisa as leis e categorias gerais da natureza, da sociedade e do pensamento como se estruturou esquematicamente na Figura 1.



Fonte: Jatobá, 2017.

**Figura 1.** Esquema das relações entre leis gerais, categorias filosóficas, teoria do conhecimento e a elaboração de princípios, segundo o Materialismo Dialético.

Novos paradigmas científicos despontam com uma rapidez que causa espanto e admiração, e revolucionam o conhecimento científico. Essa avalanche de conhecimentos age como elemento de propulsão para o Materialismo Dialético e vem endossar bastante a questão das categorias filosóficas do método dialético-materialista. O desafio maior é a aplicação de metodologias técnicas e de informática (geoprocessamento), inclusive, à análise dialético-materialista e à interpretação da natureza. Novas categorias filosóficas precisam ser estabelecidas, desvendadas.

As principais categorias filosóficas do Materialismo Dialético, cuja compreensão auxilia consideravelmente a análise dialética de eventos extremos climáticos, são: a matéria, o tempo, o espaço, a causa e o efeito, o fenômeno e a essência, o particular, o singular e o geral, a possibilidade e a realidade. Cada uma dessas e de outras categorias reflete aspectos do mundo objetivo.

A ampla variedade de fenômenos que são observados na natureza corresponde às diversas formas da matéria. A Física define matéria como tudo aquilo que possui massa e que ocupa um lugar no espaço. O Materialismo Dialético entende como matéria tudo que constitui o mundo objetivo que existe nas diversas formas de manifestação e em movimento, que é uma de suas principais propriedades.

O Materialismo Dialético considera que o movimento não é apenas a simples mudança de lugar, como defendia o Materialismo Mecanicista. O movimento possui um aspecto mais simples que é o deslocamento mecânico de um determinado corpo no espaço, e uma característica mais complexa, a exemplo do movimento desordenado das moléculas de um gás sendo aquecido ou os processos térmicos de moléculas que compõem uma rocha. As radiações eletromagnéticas podem ser tidas como um estado particular do movimento da matéria.

É preciso ressaltar que os conceitos físico e filosófico não se opõem, nem se excluem. Eles se interligam plenamente.

O Materialismo Dialético defende, ainda, que a matéria é a fonte única de todos os processos que se operam nas paisagens naturais, nas camadas Atmosfera, Litosfera, Hidrosfera e Biosfera. As formas fundamentais da matéria são vistas, por essa corrente filosófica, como os sistemas inorgânicos, os sistemas biológicos e os sistemas socialmente organizados, ou seja, o sistema social e econômico.

A matéria existe no espaço e no tempo que são as formas objetivas de sua existência. O Materialismo Dialético entende que o espaço e o tempo são absolutos. Nada pode existir fora deles. São categorias filosóficas objetivas.

O espaço e o tempo possuem dimensões variadas, conforme acentua Frolov (1984):

El espacio es tridimensional; el tiempo una dimensión y sólo una; el primero expresa el orden en que están dispuestos simultáneamente objetos que coexisten; el segundo, en cambio, expresa la sucesión en que van existiendo los fenómenos que se sustituyen unos a otros. El tiempo es irreversible, o sea, todo proceso material se desarrolla en una dirección, del pasado al futuro (FROLOV, 1984, p. 462).

Afanasiev (1968) defende que a propriedade universal dos processos materiais de transcorrer um após o outro, sem descontinuidade, ter duração e desenvolver-se por etapas e fases, reflete o conceito filosófico de tempo.

Cheptulin (1982), ao analisar as categorias Espaço e Tempo, afirma que:

A matéria, que possui um movimento absoluto e um repouso relativo, existe não sob a forma de massa totalmente homogênea, mas divide-se em um conjunto de formações materiais particulares. Cada formação material

particular, enquanto parte do mundo material, possui uma certa extensão e está em correlação, de uma maneira ou de outra, com outros objetos e formações materiais particulares que a rodeiam. A extensão das formações materiais particulares e a relação entre cada uma delas com as outras formações materiais que a rodeiam é o espaço. (...) A duração da existência das formações anteriores e posteriores é o tempo (CHEPTULIN, 1982, p. 181).

As categorias filosóficas causa e efeito são a forma mais conhecida da conexão entre fenômenos e fatos encontrados na paisagem natural. O fenômeno que faz surgir outro fenômeno desempenha em relação a este último o papel de causa. O resultado da ação da causa é o que se denomina efeito (BUZÚIEV; GORODNOV, 1987). Elas permitem compreender, no estudo da natureza, a partir da visão dialético-materialista, a universal interdependência e os condicionantes dos diversos fenômenos e sua concatenação. Os fenômenos naturais estabelecem entre si uma unidade indissolúvel, ou seja, na superfície terrestre a natureza orgânica, os biomas, vinculam-se à natureza inorgânica (solos, clima, litomassa). Uma precipitação abundante, por exemplo, numa dada região, pode estar vinculada a anomalias de temperatura da superfície de mar adjacente, etc.

As paisagens naturais das áreas emersas da epigeoesfera, a exemplo da Zona da Mata Sul de Pernambuco, palco de desastres naturais correlacionados a fortes chuvas concentradas num curto tempo, apresentam um quadro onde se verifica a existência de fenômenos bastante variados, mas que possuem conexões determinadas.

A causa compreende tudo o que acarreta a formação de um fenômeno, enquanto efeito é o fenômeno produzido por uma dada causa. Um fenômeno que provoca a existência de outro fenômeno age como causa deste, portanto, a causalidade é o nexo entre dois fenômenos. O Materialismo Dialético considera, ainda, que o nexo causal entre os fenômenos da natureza têm um caráter universal.

Qualquer objeto material que há na superfície terrestre apresenta uma unidade do fenômeno e essência. Estes expressam a interação dos aspectos externos e internos dos elementos naturais e processos que compõem a realidade objetiva.

O Materialismo Dialético considera que essência e fenômeno são dois aspectos indissolúvelmente vinculados. A essência corresponde às características fundamentais do objeto e a sua natureza interna, enquanto o fenômeno é a manifestação externa da essência. Pode-se dizer que o fenômeno é forma com a qual os diversos processos afloram.

A essência dos objetos encontra-se latente, sendo, por conseguinte, inacessível à simples observação. O fenômeno, no entanto, é percebido pelos órgãos sensoriais. Define-se essência como o aspecto interno, relativamente estável e determinante, oculto nos fenômenos e inacessível à percepção direta. A essência dos fenômenos é acessível pelo pensamento abstrato, como defende o Materialismo Dialético.

O particular é uma formação material relativamente isolada, uma coisa, um objeto, um fenômeno ou acontecimento. O particular é o fenômeno ou objeto que apresenta qualidades específicas que os distinguem do geral. Quando se diz relativamente isolada, não se nega que o particular mantenha interação com o geral. No particular define-se o singular, a partir de propriedades e traços individuais que são inerentes ao particular. O geral configura-se como propriedades e traços afins, quase iguais, que se repetem e pertencem a todos os fenômenos de um determinado grupo.

O Materialismo Dialético preconiza que a realidade é aquilo que existe realmente, ao passo que a possibilidade é o que pode ser produzido quando as condições são próprias. Considera também que a possibilidade tem uma existência real, mas apenas como propriedade, ou seja a capacidade da matéria de transformar-se de um estado qualitativamente em outro (CHEPTULIN, 1982).



O Materialismo Dialético defende que o fato novo, o fenômeno novo, não desponta subitamente e que as premissas que a ele darão origem são designadas como possibilidade.

Possibilidade é, portanto, uma formação material, uma propriedade, estados que não existem na realidade, mas que podem manifestar-se em face da capacidade da matéria passar de um estágio para outro. Dito de uma outra maneira, a realidade é uma possibilidade que já se consumou, enquanto a possibilidade é uma realidade em estado potencial.

De uma maneira bastante sintética, foram apresentados os principais traços do Materialismo Dialético, no tocante às Leis e Categorias Filosóficas que poderão ser empregadas na interpretação de eventos extremos climáticos. É o que será esquadrihado a seguir.

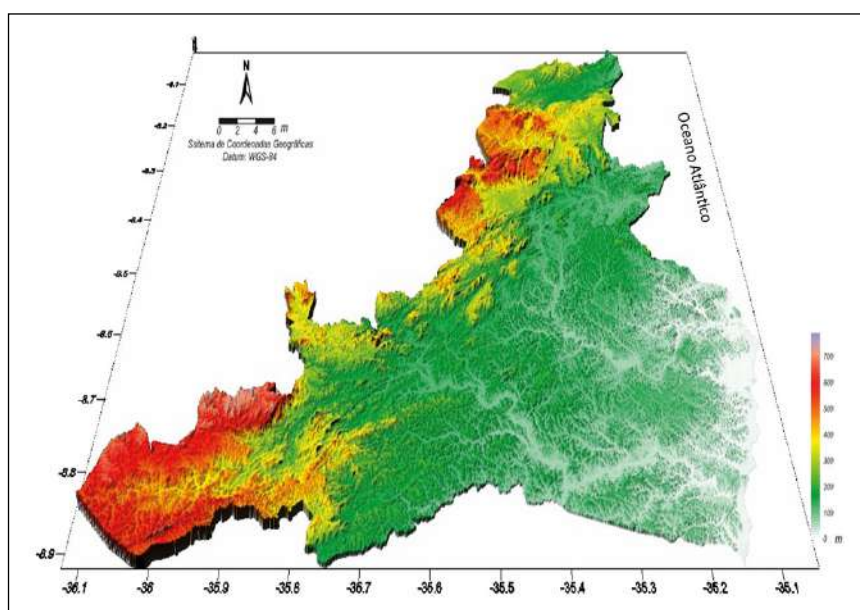
## 2 A Análise Dialético-Materialista de um evento extremo de chuvas no Estado de Pernambuco

### 2.1 A caracterização geoambiental da área estudada

No inverno de 2019, as Regiões de Desenvolvimento (RD) Mata Sul (Figura 2) e Região Metropolitana do Recife (CONDEPE, 2011), situadas na parte oriental do Estado de Pernambuco, foram palco de um evento extremo de chuvas, que implicou em desmoronamentos e deslizamentos em encostas desenvolvidas em terrenos sedimentares plio-pleistocênicos, além de enchentes no baixo curso de rios meridionais, com expressivos prejuízos de vidas humanas perdidas e econômicos.

As duas RDs mencionadas são porções do Estado de Pernambuco que historicamente apresentam maiores índices pluviométricos anuais (1800 a 2200 mm/ano). Esse espaço geográfico, segundo a classificação de Köppen, possui um clima definido como As' (clima quente e úmido com chuvas de inverno antecipadas para o outono).

É um espaço geográfico sobre o qual agem sistemas atmosféricos tropicais e um sistema extratropical. Os sistemas atmosféricos tropicais estão representados pelas Ondas de Leste (Distúrbios Ondulatórios de Leste), pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). A Frente Polar Atlântica, bastante modificada qualitativamente, é o único sistema extratropical que age na costa oriental de Pernambuco.



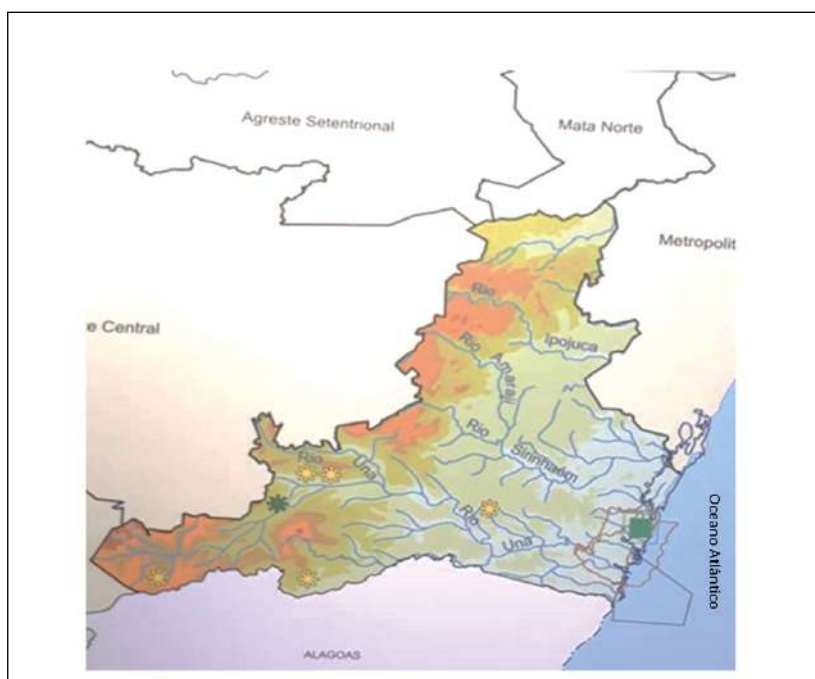
Fonte- Baseada em imagens SRTM disponibilizadas pela EMBRAPA.

**Figura 2.** A Região de Desenvolvimento Mata Sul (PE).

Refletindo as condições de umidade e pluviometria anual dominantes, instalaram-se formações florestais latifoliadas e subperenifólias (Mata Atlântica e mata de restingas) que revestiam, quando os portugueses deram início ao processo de colonização, fundo de vales, encostas, topo de colinas e áreas costeiras, gerando certo equilíbrio na dinâmica do relevo e das correntes fluviais.

Esse equilíbrio na área foi sendo, no início da colonização, gradativamente rompido, com a retirada da madeira proveniente das matas e exportadas para a Metrópole portuguesa e, posteriormente, com a introdução do sistema canavieiro que substituiu a cobertura vegetal original pela cana de açúcar. Os processos erosivos das encostas foram propiciando assoreamento dos cursos fluviais e tornando, assim, mais frequentes as enchentes nas planícies de inundação, promovidas pelos rios meridionais.

As principais bacias hidrográficas contidas nessa RD, outrora revestidas pela formação vegetal mencionada, são: bacia do Ipojuca, bacia do Una e bacia do Sirinhaém (Figura 3). São rios perenes com regime fluvial pseudo-tropical, ou seja, que apresentam vazão máxima no outono-inverno e vazão mínima na primavera e início do verão.



Fonte: CONDEPE/FIDEM, 2011

**Figura 3.** Bacias hidrográficas da Região de Desenvolvimento Mata Sul (PE).

A localização de muitas cidades na Zona da Mata Sul foi consumada, em geral, nos baixos terraços fluviais e em planícies de inundação, o que passou a determinar os efeitos mais adversos durante as enchentes, que assumiram um caráter mais catastrófico, no final do século XX e no atual (Figura 4).



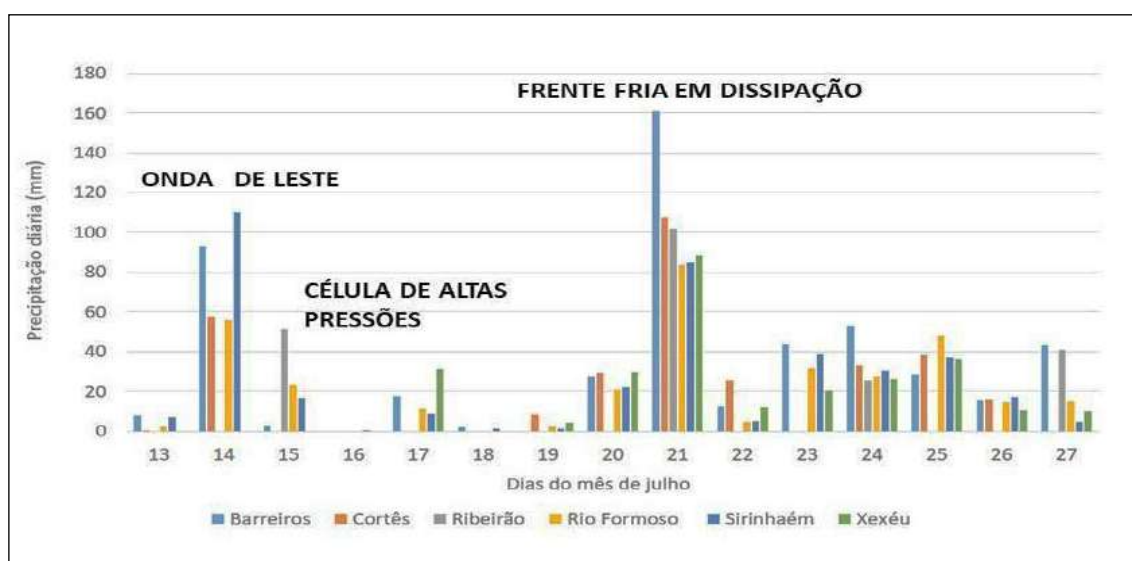
Fonte: <http://cmeioambiente.blogspot.com/2012/12/enchentes-em-barreiros-pe.html>.

**Figura 4.** Imagem da enchente no município de Barreiros (PE) em 2012

## 2.2 A análise dialético-materialista

Um primeiro aspecto a ser considerado na análise dialético-materialista do evento extremo em pauta é a questão das conexões, uma aplicação da primeira lei da Dialética, e o exame de algumas categorias filosóficas que serão consideradas a seguir.

As chuvas na primeira quinzena do mês de julho foram fracas e isoladas nas regiões do Agreste, Zona da Mata e na Região Metropolitana do Recife (Figura 5). Na segunda quinzena, as chuvas foram bem distribuídas tanto espacial quanto temporalmente com maiores acumulados entre os dias 20 e 25 de julho que contribuíram significativamente para os altos acumulados mensais na Zona da Mata e na Região Metropolitana do Recife (APAC, 2019)<sup>4</sup>.



Fonte dos dados: APAC

**Figura 5.** Precipitação no mês de julho de 2019 em municípios da Região de Desenvolvimento Mata Sul de Pernambuco.

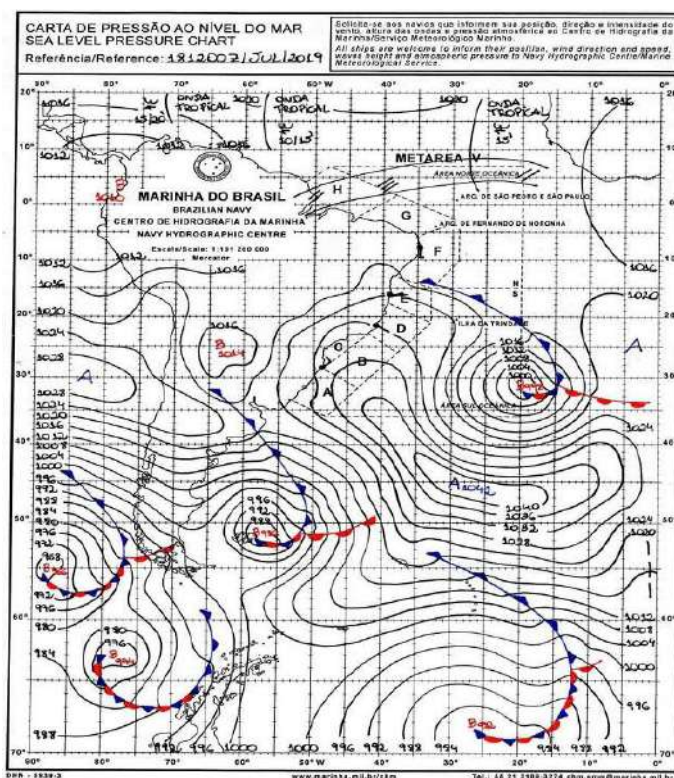
O evento extremo de precipitação, verificado entre os dias 20 e 25 de julho de 2019 nas RDs Mata Sul e Região Metropolitana do Recife, materializou uma conexão dialética com um fato remoto, que tem origem na faixa de médias latitudes, portanto bem distante da parte oriental de Pernambuco. Esse fato é uma zona de descontinuidade, resultante da luta de contrários entre o ar tropical e o ar polar. É nessa zona de descontinuidade que se origina uma superfície frontal, a Frente Polar Atlântica (FPA), que é impelida para a faixa de baixas latitudes.

As descargas da Frente Polar Atlântica são, na verdade, gotas de ar frio que avançam com particular energia no outono-inverno pela costa do Brasil, frequentemente alcançando o Nordeste (ANDRADE; LINS, 1984).

O avanço dessa superfície frontal, a partir de mudanças quantitativas na energia do sistema atmosférico polar, produz sensíveis mudanças qualitativas do tempo meteorológico das áreas por ela atravessada. Uma primeira mudança qualitativa se verifica no quadro térmico local, que exibe uma diminuição da temperatura do ar, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Esse ar extratropical, contudo, atinge a Zona da Mata Sul de Pernambuco já numa situação de frontólise, que pode ser entendido esse fato como a negação da negação, A Frente Polar Atlântica (FPA) nega a presença do ar tropical, sendo nele introduzido como uma cunha de ar frio, porém, à medida que se desloca para faixas de latitudes mais baixas, vai se “tropicalizando”, passando a ser aquilo que negava, anteriormente.

No dia 19 de julho de 2019, a Frente Polar Atlântica atingiu a latitude de 10° sul, entrando em frontólise sobre o Atlântico, entre o Brasil e a África (Figura 6).

No início do mês de julho do ano em tela, a quantidade de chuvas ocorridas na Zona da Mata Sul de Pernambuco não foi expressiva. A partir do dia 19, com o avanço do sistema atmosférico extratropical, aconteceu um aumento quantitativo significativo da nebulosidade e das precipitações pluviais. Esse aumento foi responsável por mudanças qualitativas nos sistemas fluviais da região e no processo de infiltração de águas no manto de intemperismo existente nas rochas observadas nas principais bacias hidrográficas anteriormente referidas.



Fonte: Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil

**Figura 6.** Carta de pressão ao nível do mar do dia 19 de julho de 2019

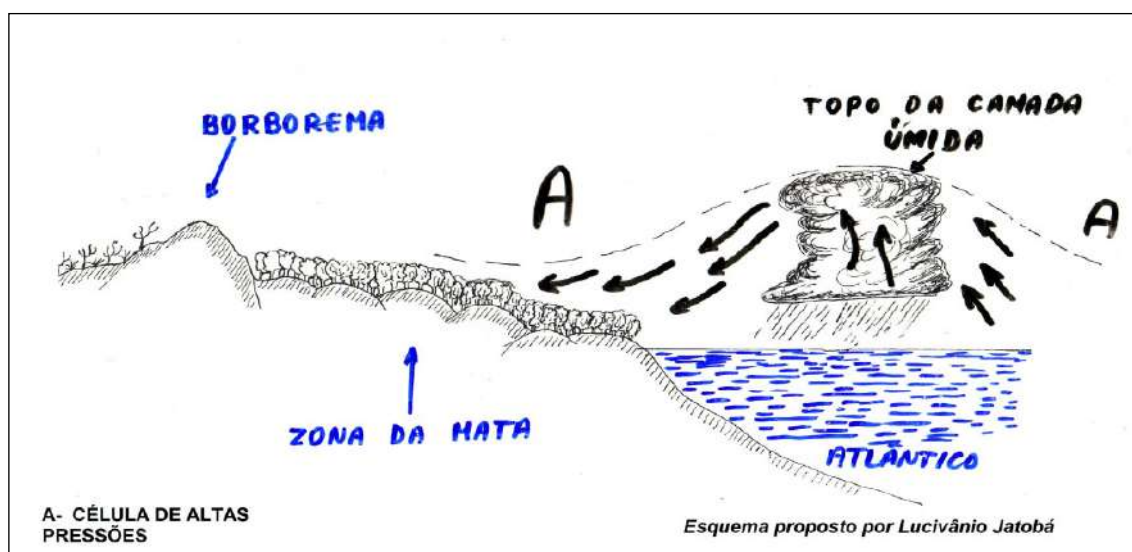
O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, com mais energia no inverno, intensificou os fluxos dos alísios de sudeste-este, à retaguarda do sistema frontal. Esse fato mostra, também, a conexão dialética entre centros atmosféricos de ação e fluxos de ar. Quanto maior a diferença barométrica entre esses centros (mudanças quantitativas), mais intensos esses fluxos de ar (mudanças qualitativas). No dia 19 de julho de 2019, esse centro de altas pressões (anticiclone) atingiu o elevado valor de 1036 mb, enquanto no interior do Nordeste e partes da Amazônia, a pressão atmosfera acusava o valor de 1016mb, portanto o gradiente de pressão foi considerável (20mb ou mais).

Mudanças quantitativas de calor também foram verificadas na superfície marinha, ao larga da costa oriental nordestina. Do litoral oriental do Nordeste até a proximidade da costa ocidental africana, aconteceram durante o mês de julho de 2019 anomalias térmicas positivas na superfície marinha. A conexão dialética entre a Frente Polar Atlântica, a maior expansão do centro de altas pressões referido e a anomalia térmica da superfície marinha foi determinante para a ocorrência do evento extremo de precipitações entre os dias 20 e 25 de julho de 2019.

De acordo com os dados fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2019), nesse período as chuvas atingiram mais de 150mm de chuvas. Na Zona da Mata Sul e na Região Metropolitana do Recife, houve acumulados de precipitações que excederam em até 100% a média histórica para a região.

Um sistema atmosférico eminentemente tropical também contribuiu para a ocorrência desse evento extremo. Esse sistema são as Ondas de Leste.

As Ondas de Leste são perturbações que se verificam sobre o Atlântico, nas áreas de baixas latitudes e migram de Leste para Oeste, chegando a atingir, em Pernambuco, preferencialmente a Zona da Mata e a periferia oriental da RD Agreste Central. Esse sistema atmosférico age, grosso modo, desde o Rio Grande do Norte (atinge, em momentos excepcionais, partes do Ceará) até o Estado da Bahia, de abril a agosto. As ondas de leste são muito frequentes em alguns anos, e a intensidade e frequência dessas ondas dependem da temperatura da superfície marinha, do cisalhamento meridional do vento e da circulação troposférica sobre o Atlântico tropical (ARAGÃO, 2004). As ondas de leste possuem um desenvolvimento muito rápido e agem com muita intensidade na Zona da Mata pernambucana (Figura 7), acarretando, em geral, pesados aguaceiros, e deixando um rastro, às vezes, de destruição, prejuízos sociais e econômicos.



**Figura 7.** Representação esquemática de uma onda de leste na porção oriental de Pernambuco

A causa da formação de uma onda de leste reside na ruptura de um centro de altas pressões que proporciona a formação de uma depressão (cavado) para onde convergem fluxos de ar úmido e ascendem para elevados níveis, levando consigo, para uma camada superior de ar, a zona de inversão dos alísios.

Na Figura 7 observam-se, também, elementos desse sistema atmosférico que permitem uma rápida análise dialético-materialista. As temperaturas mais elevadas da superfície oceânica provocam a ascensão do ar atmosférico e o aumento quantitativo do vapor d'água determinado pela evaporação. Esse movimento ascendente da matéria, numa faixa de baixa pressão, empurra para níveis mais elevados o topo da camada de inversão dos alísios. Quando há um aumento quantitativo da altitude dessa zona de inversão, ocorre como consequência uma mudança qualitativa no tempo atmosférico, as vezes em questão de horas.

Uma luta de contrários se configura antes e ao longo do estabelecimento do sistema ondulatório de leste, ou seja, uma contradição entre as forças de ascensão do ar na depressão barométrica e as forças de subsidência do ar advindas da mecânica do anticiclone. O salto qualitativo se dá exatamente quando as forças de ascensão superam quantitativamente as de subsidência. Uma porção de ar úmido, então, se resolve em nuvens cúmulos, cúmulo-nimbos e nimbos, em complexa mistura que torna propícias chuvas intensas e até eventos extremos de pluviosidade. O motor dessa cinemática da matéria é alimentado pela energia que vem da transmissão de calor da superfície marinha para o ar atmosférico.

Os aguaceiros consequentes à instalação desse sistema ondulatório são pesados e, muitas vezes, o responsável principal pelas enchentes e deslizamentos nas encostas, sobretudo na Região Metropolitana do Recife (Figura 8).



Fonte: <https://g1.globo.com/pe/peernambuco/noticia/2019/07/24/chuva-causa-deslizamento-de-barreiras-e-alagamento-no-grande-recife.ghtml>

**Figura 8.** Deslizamento verificado numa encosta na Zona Norte do Recife.

Natureza e Sociedade estão em conexão dialética e também em luta de contrários. A destruição maciça da cobertura vegetal primitiva para o cultivo da cana de açúcar colabora sobremaneira para que, durante eventos extremos de chuvas, uma grande quantidade de água chegue rapidamente à calha dos principais rios ( rio Una, por

exemplo) e seus afluentes (Figura 9) ou se infiltre em terrenos areno-argilosos do Grupo Barreiras, na Região Metropolitana do Recife. O ser humano destrói a cobertura vegetal que equilibrava as encostas e os rios. A vazão destes, de forma contraditória, arrasa bairros e cidades, na busca incessante de um equilíbrio desfeito. Os rios reivindicam seu leito maior negado pelo processo de urbanização. Aqui ficam evidentes as duas leis da Dialética, antes examinadas (a Lei da Luta dos Contrários e a Lei da Negação da Negação).



Fonte: Google Earth. Acesso em < 05/06/2020 >

**Figura 9.** Trecho da bacia do rio Uma, em Pernambuco. Observam-se na imagem de satélite a ampla destruição da Mata Atlântica.

As oscilações positivas do débito fluvial na Região da Zona da Mata Sul, e que respondem por enchentes que cada vez mais assumem um caráter em catastrófico, enquanto efeito, têm como causas um tempo meteorológico singular ( eventos extremos), a destruição da cobertura vegetal original da área e uso irregular do solo no processo de urbanização. Advoga-se, ainda, como causa uma possível alteração climática global, representada por uma fase de aquecimento atmosférico planetário.

Um evento extremo de precipitação é algo que remete à categoria filosófica da Singularidade, mas que faz parte do universal. O singular deve ser entendido como parte do todo, concluindo-se, portanto, que o singular e o universal encontram-se em interdependência, daí a necessidade da análise dialética da totalidade.

Salienta-se ainda a conexão dialética entre o processo de infiltração hídrica com a estrutura das formações superficiais e, portanto, da matéria (terrenos sedimentares plio-pleistoceno do Grupo Barreiras) que irá predispor a ocorrência de movimentos de massa rápidos, em particular no Recife e municípios adjacentes.

Os efeitos mais intensos do evento extremo abordado foram as enchentes na RD Mata Sul e deslizamentos em encostas na RD Metropolitana do Recife. Enchente, como acentua Pinheiro (2007), é a elevação dos níveis de um curso de água, seja este de pequena (córrego, riacho, arroio, ribeirão) ou de grande (rio) dimensão, podendo causar inundações, ou seja, o transbordamento de água do canal principal. As mudanças quantitativas de alterações produzidas pelos seres humanos nas encostas pela retirada da cobertura vegetal, uso

incorreto do solo com práticas agrícolas inadequadas propiciam mudanças qualitativas nas enchentes. Estas sempre existiram desde que a atual rede de drenagem, por exemplo, se estruturou na Mata Sul de Pernambuco, durante o final do Terciário e ao longo do Quaternário. Contudo, quando essas mudanças quantitativas ultrapassam certo limite para a manutenção do equilíbrio local do escoamento superficial, as enchentes se transformam qualitativamente num problema de natureza social, econômica e, inclusive, ambiental.

As categorias filosóficas causa e efeito podem ser examinadas quando se aborda o evento pluviométrico extremo ou qualquer outro evento. Nos dias 13 e 14 de julho de 2019, uma onda de leste avançou pela RD Mata Sul, adquirindo energia nas proximidades da costa (causa), acarretando nos municípios de Sirinhaém e Barreiros deslizamentos em encostas e alagamentos (efeitos). Nos dias 20 e 21 seguintes, no mesmo mês analisado, um sistema atmosférico extratropical (frente fria em dissipação) chegou às proximidades da costa pernambucana, gerando extensas áreas de instabilidade na Região Mata Sul e Região Metropolitana do Recife. A massa de nuvens nimbos, cúmulos e cúmulo-nimbos resultante propiciou eventos pluviométricos extremos, em poucas horas (causa), que causaram alagamentos, deslizamentos de encostas e enchentes dos rios meridionais da Região (consequências).

### Considerações finais

Neste artigo foi feita uma breve exposição sobre a análise dialético-materialista da atmosfera terrestre relativa à questão da consumação de eventos extremos pluviométricos que vêm ocorrendo na parte oriental do Estado de Pernambuco. Esses eventos deixam, em geral, como saldo adverso: enchentes em cidades e meios rurais, sérios prejuízos econômicos e sociais, deslizamentos de encostas e mortes de seres humanos que residem em áreas de risco.

O método dialético-materialista já vem sendo empregado há muitos anos no Brasil, mas em geral direcionado ao Materialismo Histórico, ou seja, para interpretar fatos e fenômenos de ordem socioeconômica. Os fatos e fenômenos relacionados à própria dinâmica da natureza pouco têm sido vistos pelo método dialético-materialista, o que pode representar certa lacuna no processo de formação da concepção científica de mundo entre estudantes dos diversos níveis de ensino.

O emprego do materialismo dialético na análise ambiental, em particular, permite fornecer ao ambientalista a compreensão ampla de que o desenvolvimento dos fatos naturais é um processo objetivo que se verifica mediante conexões diversas, transformações, contradições e negações.

Como exemplo da utilização do método referido, analisou-se um evento extremo pluviométrico significativo ocorrido na parte oriental do Estado de Pernambuco, no ano de 2019, que deixou um rastro de prejuízos sociais e econômicos ao Estado. Esse evento singular, para ser entendido em sua plenitude, necessita de uma interpretação em que o singular seja visto como parte do universal e, ainda, a interpretação das transformações quantitativas e qualitativas que decorrem, muitas vezes, das contradições e combinações solidárias que são identificadas quando da análise da massa oceânica, da degradação da vegetação primitiva e da ação de sistemas atmosféricos diversos.

Espera-se que a descrição e a análise apresentadas neste texto contribuam para o exame de eventos extremos de chuvas e desastres naturais sob uma ótica mais filosófica, com a utilização do Materialismo Dialético, sem prejuízos para a análise mais técnica, *stricto sensu*.



## Notas

2 Boa parte das colocações sobre a Análise Dialético-Materialista, em suas linhas gerais, apoiou-se em estudo anterior disponível em JATOBÁ, 2017.

3 Georg Wilhelm Friedrich Hegel nasceu em Stuttgart, em 27 de agosto de 1770 e faleceu em Berlim em 14 de novembro de 1831. É considerado um dos mais representativos filósofos alemães.

4 APAC. Boletim do Clima. Síntese climática. Recife v.7 n.7, Julho de 2019

## Referências

- AFANASIEV, V. **Fundamentos de filosofia**. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, 1968.
- ANDRADE, G.O.; LINS, R.C. **Pirapama: um estudo geográfico e histórico**. Recife: Editora Massangana, 1984. 224 p.
- APAC. Síntese climática. **Boletim do Clima**, Recife, v. 7, n. 7, jul. 2019.
- ARAGÃO, J. O. R. de. Influências dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima no Nordeste do Brasil. In: ESKINAZI-LESSA, E. et al. **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. 761 p
- BURLATSKI, F. **Fundamentos da filosofia Marxista-Leninista**. Moscou: Edições Progresso, 1987.
- BUZÚIEV, V.; GORODNOV, V. **Que é o Marxismo-Leninismo**. Moscou: Edições Progresso, 1987.
- CHEPTULIN, A. **A dialética materialista: categorias e leis da dialética**. São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1982.
- CONDEPE/FIDEM. **Pernambuco em mapas**. Recife, 2011, 159p. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/web/condepe-fidem/pernambuco-em-mapas>. Acesso em:
- ENGELS, F. **Anti-Duhring**. Lisboa: Dinalivro, 1976
- ENGELS, F. **A dialética da natureza**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 240p.
- ENGELS, F. **Ludwig Feuerbach e o fim da filosofia clássica alemã**. Obras Escolhidas: tomo III. Lisboa-Moscovo: Edições "Avante!" - Edições Progresso, 1982.
- FROLOV, I. T. **Dicionário filosófico**. Moscou: Editorial Progreso, 1984
- JATOBÁ, L. **Análise dialético-materialista da estruturação natural das paisagens contidas na porção Centro-oriental de Pernambuco**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Curso de Doutorado PRODEMA, UFPE, 2017.
- JATOBÁ, L. (org.). **O Sistema Climático**. Recife: Libertas, 2012, 114p.
- KHILYABICH, I. **História da filosofia e dicionário dos principais termos filosóficos**. São Paulo: Argumentos, 1967.
- KOPNIN, P.V. **Fundamentos lógicos da ciência**. Rio de Janeiro: Ed. Civilização Brasileira, 1972.
- KOVALHOV, S. M. **Materialismo dialético e histórico**. Venda Nova-Amadora: Novo Curso Editores, 1974.
- PINHEIRO, A. Enchente e inundação. In: SANTOS, R. F. dos (org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. 192 p
- RODRIGUES, Ana Lúcia Aquilas. **Impacto de um programa de exercícios no local de trabalho sobre o nível de atividade física e o estágio de prontidão para a mudança de comportamento**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fisiopatologia Experimental) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V. da; CAVALCANTI, A.P. B. **Geocologia das paisagens**. Fortaleza: UFC Edições, 2007. 222 p.
- ROSENTAL, M.; STRAKS, G. M. **Categorías del materialismo dialéctico**, México: Grijalbo, 1960.
- SAITO, S. M. **Desastres naturais: conceitos básicos**. Palestra proferida na 1ª Escuela

de Primavera sobre Soluciones Espaciales para el Manejo de Desastres Naturales y Respuestas de Emergencias inundaciones. INPE, S/D.

SANTOS, T. A. dos *et al.* O materialismo dialético e a análise de dados quantitativos. **Texto Contexto Enferm.**, v. 27, n. 4, p. 1-8, 2018.

SODRE, N. W. **Fundamentos do materialismo dialético.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. 1968.

SWINGWOOD, Alan. **Marx e a teoria social moderna.** São Paulo: Civilização Brasileira, 1978.

THALHEIMER, A. **Introdução ao materialismo dialético.** São Paulo: Ciências Humanas, 1979.



# CONTRIBUIÇÃO DO CONHECIMENTO GEOGRÁFICO PARA A REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES (RRD): CONHECIMENTOS, EXPERIÊNCIAS E AÇÕES

Carla Juscélia de Oliveira Souza<sup>1</sup>

## Contextualizando o lugar da fala...

Resultados de pesquisas com professores de Geografia e estudantes do ensino fundamental II e ensino médio, de diversas cidades mineiras mostraram que a maioria dos professores de Geografia, participantes da pesquisa, reconhecem o termo risco e associam o conceito de risco ambiental ao conceito de degradação ambiental, em alguns casos como similares (SOUZA; SILVA, 2018; FERREIRA; TARÔCO; SOUZA, 2016; SILVA; PEREIRA; SOUZA, 2016).

Apresentando concepção semelhante, participantes de dois minicursos sobre concepção e percepção de riscos, ofertados em duas universidades federais em Minas Gerais, não expressaram a noção de risco ambiental como esperado, sendo que 76,8% dos participantes adotaram os termos impacto, degradação, desastre como correspondentes a risco ambiental (SILVA; PEREIRA; SOUZA, 2016). Nessa mesma linha de concepção, a maioria dos estudantes que participaram das pesquisas de Ferreira, Tarôco e Souza (2016), também entendem o risco ambiental como degradação dos componentes físico-naturais como rios, solos, atmosfera, vegetação e relevo.

Tais resultados revelaram a falta de clareza do significado do termo risco ambiental, que se liga conceitualmente a risco, perigo, vulnerabilidade. Apesar de não existir consenso na definição desses conceitos, a distinção entre risco ambiental e degradação ambiental é evidente na literatura. Ambos os conceitos estão presentes na abordagem das questões ambientais, mas constituem objetos distintos.

Além desse aspecto conceitual, presente na concepção de professores e de alunos, verificou-se, em contexto de ensino, a pouca clareza sobre o funcionamento de processos como precipitação, escoamento superficial, escoamento fluvial e inundação em interação em sistema de bacia hidrográfica e de vertente, entre estudantes do ensino fundamental II.

---

<sup>1</sup> Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeog) e do Departamento de Geociências da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Minas Gerais, Brasil. Coordenadora do Grupo de Estudos e Pesquisas em Geografia, Educação e Riscos (GEPEGER). Membro do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Geografia (NEPEG). Graduada, Mestre e Doutora em Geografia pela UFMG. E-mail: carlaju@ufs.edu.br.

### Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Extensão (PROEX), à Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPE) da Universidade Federal de São João del-Rei, ao CNPq pelas bolsas de Iniciação científica e pelos recursos para pesquisa Edital Universal de 2014; aos professores e estudantes da Escola Estadual Governador Milton Campos; aos bolsistas e voluntários dos projetos e programas de extensão e aos membros do GEPEGER pela parceria, apoio e confiança.

Os estudantes, ao não conceberem a interação e as dinâmicas dos processos naturais, combinados com a ocupação do relevo, em uma determinada base territorial, acabam por naturalizar muitos acidentes e desastres, com perdas de vidas e de bens materiais, como evento decorrente de chuvas excessivas, ou de estiagem prolongada, quando for o caso.

Na discussão dos riscos, na abordagem social e humanista do tema, entende-se que os desastres, ainda que relacionados aos fenômenos naturais, “são territorializados e têm relação com a forma de ocupação do espaço e com o desenvolvimento socioeconômico da região de forma desigual” (AVILA; MATTEDI, 2017, p. 187). Nessa concepção, não existem desastres naturais.

O ensino de Geografia, a educação geográfica e a questão dos riscos podem ampliar os diálogos entre universidade, comunidade e sociedade, por meio de pesquisas, ensino, programas e projetos de extensão, firmados com escolas e professores parceiros, de modo que se reconheçam a importância e o lugar de cada um desses conhecimentos na sociedade.

Parte das questões apresentadas neste capítulo fundamenta-se nas discussões e nos resultados alcançados em pesquisa, ensino e extensão desenvolvidos pelos membros do Grupo de Estudos e Pesquisas em Geografia, Educação e Riscos (GEPEGER<sup>2</sup>), formado em 2014, e na trajetória acadêmica da autora com as Unidades Curriculares: Geomorfologia, desde 2002, e Tópico Especial: Cidade, ensino de Geografia e riscos ambientais. Os estudos e as ações, realizados no nível da educação básica, da graduação e da pós-graduação, abordam a questão dos riscos no âmbito do ensino de Geografia, relacionados aos aspectos natural, social, tecnológico e ambiental, referentes à origem do fenômeno e, recentemente, biológico, em decorrência da Pandemia da Covid-19.

A abordagem teórico-metodológica adotada pelo grupo fundamenta-se na concepção da trílogia risco/perigo/vulnerabilidade, corroborando com os pensamentos de Veyret (2013 *apud* SILVA; PEREIRA; SOUZA, 2016), Almeida (2011a, 2011b), Júnior e Hogan (2004), dentre outros pesquisadores.

Dentre as discussões realizadas pelo Grupo destacam-se a importância e a contribuição da educação geográfica<sup>3</sup> como processo e conhecimento favorável à redução dos riscos de desastres; uma possibilidade no contexto da educação básica. Uma educação geográfica que possibilite às pessoas reconhecerem as interações entre as sociedades e a dinâmica da natureza em diferentes escalas espacial e temporal, assim como reconhecerem a ação social e cultural de diferentes lugares. Nessa perspectiva, a leitura do mundo, da realidade, decorre da análise e da interpretação da dinâmica da sociedade e da natureza, expressa na forma e organização do espaço, nas paisagens e nos diversos territórios. A educação geográfica possibilita, então, conhecer e entender, de maneira crítica e social, as espacialidades dos diversos fenômenos social e natural que compõem o espaço geográfico.

Portanto, os estudos e as ações, que buscam consolidar medidas de prevenção e de segurança a riscos de desastres, consideram fundamental:

- i) a compreensão do risco como uma construção social, que envolve aspectos de ordem natural e social (cultural, político e econômico) na produção do risco e na formação de áreas/lugares/territórios de riscos;
- ii) a compreensão de processos que podem vir a se tornar perigosos para as pessoas, para a população e para a sociedade, em interação com ações antrópicas, como os processos naturais (enchente, inundação, precipitação, movimentos de massa, etc.) dentre outros;
- iii) o entendimento de aspectos (infraestrutura, localização, faixa etária, educação, saneamento, dentre outros) que possam contribuir para o aumento ou a redução da vulnerabilidade das pessoas, da população e da sociedade em situação de risco;
- iv) a mobilização para questionar e investigar, sempre que necessário, a configuração do espaço e as práticas socioespaciais do lugar e do território de vivência, por intermédio

da produção de documentos (carta, manifesto, informativos, etc.) destinados a gestores públicos, à comunidade, dentre outros.

v) ações individuais no presente para a autoproteção e para a proteção do outro, uma forma de cuidar (BOFF, 2009) e, no futuro, ações que não contribuam com os condicionantes e processos que compõem áreas e territórios em riscos<sup>4</sup>.

Acredita-se que esses conteúdos de natureza “conceitual, procedimental e atitudinal” (ZABALA, 1998), que constituem uma forma de “conhecimento poderoso” ao alcance dos estudantes, poderão auxiliá-los nas ações de medidas de prevenção e de segurança, em curto prazo, quando da ocorrência de um evento danoso e, em longo prazo, para evitar apropriação e criação de espaços inadequados à ocupação humana. Conseqüentemente, redução de perdas por causa de processos de inundação e, ou de movimentos de massa, por exemplo.

Compreende-se, assim, o conhecimento como um direito de todos e, na escola, a “educação deve ser um direito ao conhecimento” (YOUNG, 2016, p. 20).

Verifica-se que, na escola, há a necessidade de se trabalhar a dimensão do cuidado, do “conhecimento poderoso” e dos saberes locais em práticas educativas. Essas abordagens integradas permitirão caminhar em direção à construção de uma rede de segurança e de prevenção com pessoas críticas e ativas, conhecedoras de seus direitos e deveres, capazes de fazerem o que lhes compete e de cobrar de seus gestores, representantes públicos. Nessa perspectiva, abre-se uma chance de ocorrer uma mudança social e política de baixo para cima.

Na trajetória de buscar e de transformar encontra-se a ciência geográfica, com seu objeto, conceitos e metodologias, uma forma de pensar a realidade e que interroga o espaço geográfico, com questões como “Onde? Por que aí? Quem? Quando? Como?” capazes de auxiliar o trabalho na educação básica para a uma formação cidadã e política. Dessa maneira, o conteúdo escolar não constitui ponto de chegada em si mesmo, mas meio para que se alcance um conhecimento poderoso, a compreensão do espaço geográfico.

Algumas questões, a seguir, levantadas ajudam a construir uma linha de raciocínio sobre a importância e as possibilidades do conhecimento geográfico na redução dos riscos de desastres. Dentre elas destacam-se: o lugar da escola na construção de conhecimentos socialmente significativos; a importância dos conhecimentos geográficos no processo de construção de um conhecimento poderoso; os fundamentos teórico-metodológicos que devem subsidiar práticas educativas, na escola, relacionadas ao risco ambiental e à redução dos riscos de desastres (ERRD), por meio da abordagem geográfica.

Esses questionamentos, permitem pensar respostas sem a intenção de defini-las, porém fundamentadas nas reflexões presentes nos campos considerados: Geografia, Educação e Riscos. Primeiro, será brevemente discutida a importância da escola como espaço social de múltiplos sujeitos, lugar de conhecimento e de conteúdos importantes socialmente, dentre eles o conhecimento geográfico. Em seguida, será tratada a ideia de conhecimento sobre riscos na construção de prevenção e de redução dos riscos de desastres (RRD), por meio dos conhecimentos geográficos, tendo em vista o *Boletim Geográfico Escolar*.

### **Conhecimento construído na escola e a importância do conhecimento geográfico no entendimento dos riscos**

A escola, quando concebida sob a ótica da esperança e das possibilidades para a construção do conhecimento, para a aprendizagem e para o pensamento crítico sobre a realidade, é percebida em sua riqueza humana e como espaço privilegiado de relações sociais, culturais, de saberes científico e cotidiano, de diálogos possíveis e de troca de saberes e experiências; um “espaço relacional” (AMADO, 2000), ainda que existam problemas e dificuldades diversas enquanto instituição. Gadotti (2007), citado

por Silva (2012), defende a escola como lugar bonito e cheio de vida, cheio de gente, essencial para práticas democráticas, diálogos e escutas. E, corroborando com essa ideia, Cavalcanti (2002, p. 33) acrescenta que, “a Geografia escolar é uma das mediações por meio das quais o encontro e o confronto entre culturas se dão”, possibilitando, então, outros conhecimentos na interface conhecimentos cotidiano e científico.

Nessa linha de pensamento, a escola é concebida a partir de sua importância como espaço de conhecimentos diversos, de seu papel e de sua função na sociedade, principalmente a ocidental, com suas realidades diversas, complexa, marcada por contradições e por uma “avalanche de informações que são despejadas através das tecnologias mais diversas e que as tornam viver-se numa sociedade da informação e do conhecimento” (SILVA, 2012, p. 85). O autor problematiza a quantidade de informações e os tipos de conhecimentos disponíveis para a sociedade, produzidos e disseminados nas redes sociais e nos meios de comunicação, em velocidade impossível de se acompanhar de forma crítica e criteriosa. Por esse motivo, informações precisam ser diferenciadas de conhecimento e, nesse caso, a escola deve contribuir, discutindo cientificamente fatos e dados, apresentados como informações presentes na vida das pessoas, em específico dos estudantes.

O conhecimento escolar, muitas vezes considerado desinteressante, por estudantes e, desconexo da realidade, por professores, é discutido a partir da concepção de “conhecimento poderoso”, expressão cunhada pelo sociólogo britânico Michael Young, que defende a importância científica e histórica dos conteúdos<sup>5</sup>. Segundo o autor, trata-se de um conhecimento sistematizado e acumulado cultural e socialmente, que possibilita aos alunos compreenderem de forma coerente e articulada o mundo no qual vivem. Ao discutir a ideia de “conhecimento poderoso” como um princípio curricular, Young (2013, p. 24) apresenta algumas questões que considera chave:

[...] um direito ao conhecimento para quem? Para poucos ou para todos? As políticas atuais do governo levam em consideração as condições para qualquer extensão significativa do direito ao conhecimento? Ou contam amplamente com a escolha dos pais e as pressões do mercado? Apesar do seu apoio a um Currículo Nacional baseado no conhecimento, são as políticas econômicas do governo que influenciarão na forma como o direito ao conhecimento é distribuído.

Com esses questionamentos, Young (2016) busca contextualizar a questão do currículo e dos conhecimentos propostos, segundo os contextos político e econômico, com conteúdo e avaliação ora para as habilidades, ora para aprovação em exames e para a empregabilidade, consideradas pelo autor um direito para poucos e não, para todos.

Para o autor, a concepção de “conhecimento poderoso” vem “repensar” os conteúdos curriculares estabelecidos pelo Estado e concebidos como “conhecimento dos poderosos”, entendendo, então, que “há um ‘melhor conhecimento’ em todas as áreas e a base de todas as decisões sobre conhecimento no currículo é a ideia de diferenciação, de que existem diferentes tipos de conhecimento” (YOUNG, 2016, p. 33), ou seja, do conhecimento científico e do conhecimento das experiências. Nessa perspectiva, espera-se que “os alunos se envolvam com o currículo e avancem para além da sua experiência”, (YOUNG, 2016, p. 33).

Malanchen (2018, p. 127), à luz de Young, escreve que,

Entenda-se poderoso como conhecimento não cotidiano, não pragmático, não relativista, é um conhecimento distinto da experiência pessoal dos alunos, é um conhecimento, capaz de promover o desenvolvimento mais amplo dos sujeitos, com vistas à sua emancipação e uma visão organizada e coerente sobre o que acontece em nossa sociedade.

Nessa concepção, o conhecimento constitui uma transformação pessoal, uma forma de pensamento e de entendimento do mundo que vai além da aparência empírica que se tem do mundo pela experiência. Uma construção realizada por intermédio de conceitos e teorias pois, conforme Young (2016, p. 29), “os estudantes podem ‘conhecer’ muito sobre a sua própria cidade, por terem crescido nela; porém, a disciplina Geografia lhes ensina um tipo muito diferente de conhecimento sobre ‘cidades’ – um conhecimento que podem usar para fins de generalização”. Nessa perspectiva, considera-se a relevância da abordagem pedagógica histórico-crítica do conteúdo para fazer a mediação dos diálogos e das práticas educativas a serem desenvolvidos com os conteúdos, sem desconsiderar os “conceitos espontâneos” (VYGOTSKY, 2000) e a realidade dos estudantes, observada, problematizada e generalizada.

Na história da sociedade, a escola e os conteúdos constituem uma construção sociocultural, marcada por currículos e conteúdos historicamente construídos e, por isso mesmo, dinâmico e em transformação. No contexto contemporâneo da sociedade marcada por orientações de política neoliberal<sup>6</sup> e pela ampliação do abismo socioeconômico entre populações e pessoas<sup>7</sup>, urge pensar a importância social da escola, dos conhecimentos e do conteúdo a serem construídos, ensinados e aprendidos, na concepção do “conhecimento poderoso” (YOUNG, 2016).

Nessa abordagem, os conhecimentos especializados, dentre eles o da Geografia, constituem forma de pensamento e de interpretação da realidade com fundamentos, conceitos e metodologia que dão identidade a um tipo de pensamento e de leitura do mundo, no caso em questão, o geográfico, diferente do olhar cotidiano. Isso significa considerar a importância do conhecimento científico recontextualizado<sup>8</sup> no ensino escolar e em interação com as realidades diversas dos estudantes.

De acordo com Cavalcanti (2002, p. 35),

No mundo contemporâneo, há uma complexificação do espaço que se tornou global. O espaço vivenciado hoje é fluido, é formado por redes com limites indefinidos e ou dinâmicos e extrapola o lugar de convívio imediato. É, também, um espaço extremamente segregado e segregador, onde cresce a cada dia o número de excluídos, de violentados, de desempregados, de sem-terra, de sem-teto. Um espaço assim produzido [...] é de difícil compreensão para o cidadão. O conhecimento mais integrado do espaço de vivência requer hoje, mais que antes, instrumentais conceituais que tornem possível apreender o máximo dessa espacialidade; daí a preocupação com a organização dos conteúdos buscando a formação de conceitos geográficos.

Discute-se, então, a construção de um conhecimento escolar significativo e não o mero rol de assuntos promovidos por uma aprendizagem mnemônica, ainda comum entre as diversas disciplinas.

A discussão do “conhecimento poderoso” tem sido realizada em diversas áreas do conhecimento, em especial no ensino de Geografia. Um ensino dialógico no qual o “melhor” das áreas possibilitem um conhecimento capaz de levar os estudantes a entenderem o mundo em que vivem, preferencialmente, de maneira crítica, intencional, reflexiva, e não como uma ação cognitiva mecânica e reprodutiva de conteúdo, verdadeiramente, pouco significativo.

Conforme Gomes (2017, p. 13), trata-se a forma de olhar da Geografia “uma forma de pensar, de maneira original e potente, de organizar o pensamento”. A ideia da Geografia na escola para ensinar o aluno a pensar, a desenvolver um pensamento geográfico (SOUZA; KATUTA, 2001) não é um reconhecimento novo e ocorre por meio

dos conteúdos (CAVALCANTI, 2002, 2019). Apesar disso, ainda se observa o desinteresse entre os estudantes, ou mesmo a falta de entendimento, sobre esse conhecimento em decorrência dos conteúdos curriculares e da forma como são abordados.

A relevância do conhecimento geográfico precisa alcançar, efetivamente, a sociedade contemporânea, de modo que os conteúdos trabalhados possam contribuir com uma forma de pensar a realidade de maneira “aplicada”. Isso significa dizer, aplicar o pensamento e o raciocínio geográfico<sup>9</sup> na apreensão e na problematização de determinado fato ou acontecimento, por pessoas comuns que tiveram acesso à educação geográfica, a partir da escola básica.

Nessa forma de pensamento cabe, principalmente, conceber o fenômeno como expressão material e dinâmica da interação dos aspectos da sociedade e da natureza, em recorte temporal, espacial e histórico de uma sociedade local/global. Portanto, trata-se de um raciocínio que considera qual o fenômeno que se interroga, quais são seus atributos perceptíveis no tempo e no espaço (identificação), como ele se constitui e funciona, na dimensão natural, social, ou na interação de ambas as dimensões (análise).

Para Moreira (2007), o olhar se dá a partir da paisagem em busca da invisibilidade das máscaras sociais. Ainda de acordo com o autor,

Tudo na geografia começa então com os **princípios lógicos**. Primeiro é preciso **localizar** o fenômeno na paisagem. O conjunto de localizações dá o quadro da **distribuição**. Vem, então, a **distância** entre as localizações dentro da distribuição. E com a rede e **conexão** das distâncias vem a **extensão**, que já é o princípio da **unidade** do espaço (ou do espaço como princípio da unidade). A seguir, vem a delimitação desses recortes dentro da extensão, surgindo o **território**. E por fim, do entrecruzamento desses recortes surge a **escala** e temos o espaço constituído em toda sua complexidade (MOREIRA, 2007, p. 117, grifo nosso).

Esses pensamento e raciocínio buscam construir uma maneira de interrogar a realidade sob os mais diversos aspectos, seja por suas especificidades política, econômica, cultural e, ou natural, seja por abordagens a partir da paisagem, do território, do lugar, dentre outras, considerando a multiescalaridade dos fenômenos.

No campo do ensino da Geografia, a apreensão do espaço ocorre por abordagens diversas, como a formação de áreas e, ou de territórios de riscos, por exemplo, considerando os aspectos como “estrutura, forma, processos e função” (SANTOS, 1988), à luz da Geografia e, ainda, a relação entre as pessoas, a população e sua vulnerabilidade em contexto de espaços urbano e rural, à luz dos riscos.

Dentre os fenômenos espaciais, a existência e a manifestação dos riscos identificados tecnicamente e percebidos socialmente, devem ser questionados quanto ao “por que isso está onde está?” (GOMES, 2017, p. 145). Ao buscar responder essa pergunta, vários aspectos são mobilizados em uma análise, como a espacialidade, a dinâmica, os processos, os condicionantes e as interações social e natural envolvidas direta, ou indiretamente, no fenômeno. Essa perspectiva teórico-metodológica conduz a uma maneira de se pensar o espaço geográfico à luz de diversos fenômenos e questões, apreendidos por conceitos e categorias no campo da Geografia.

Veyret (2007, 2013 *apud* SILVA; PEREIRA; SOUZA, 2016), geógrafa francesa, considera o risco a partir da perspectiva da vulnerabilidade, das condições objetivas e subjetivas de fatores que aumentam a situação de uma pessoa, ou de uma comunidade ser afetada por um fenômeno, ou processo perigoso, e a partir da percepção do risco pela própria população e pelo indivíduo. Segundo a pesquisadora, “o risco interroga necessariamente a geografia que se interessa pelas relações sociais e por suas traduções espaciais” (VEYRET, 2007, p. 11).

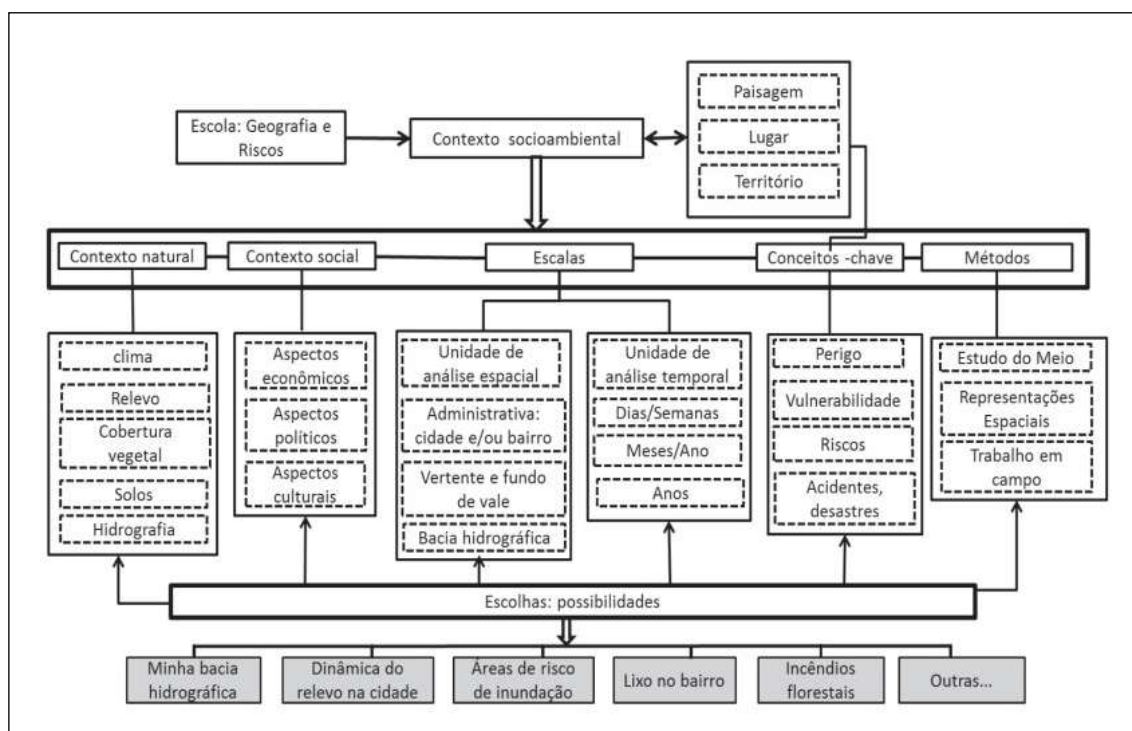


Essa concepção é verificada também entre autores brasileiros como Almeida (2011a, 2011b), Marandola Júnior e Hogan (2004), Souza e Zanella (2009), dentre outros, que consideram o risco, um objeto social, não podendo ser tratado sem levar em consideração a percepção da comunidade, o contexto histórico, as relações com o espaço geográfico, os modos de ocupação e as relações sociais estabelecidas.

Nessa linha de pensamento, Souza (2013a) apresenta uma discussão sobre a abordagem da questão dos riscos no âmbito da Geografia e da Educação, e traz elementos desses campos de conhecimento, que fortalecem a discussão dos riscos no contexto da Geografia escolar, especificamente, na educação geográfica pois,

[...] sobre Riscos, é possível problematizar a espacialidade das ocorrências de áreas de riscos socioambientais, os motivos da maior ou menor vulnerabilidade das pessoas a esses riscos, o como se origina o risco e, ainda, é possível questionar a situação do próprio espaço de vivência, quanto à infraestrutura, saneamento, transporte, saúde, emprego, lazer e tantos outros aspectos (SOUZA, 2013a, p. 135).

Ainda, para Souza (2013a), o trabalho do professor com o tema risco ambiental compreende discuti-lo por meio das categorias de análise socioespacial (lugar, paisagem e território), de conceitos-chave da ciência Cindínica (risco, perigo, vulnerabilidade, acidentes, desastres), utilizando-se de métodos e instrumentos de análise (estudo do meio, representações espaciais, trabalho de campo), em escalas (espacial e temporal) e contextos (social e natural) diversos, como sintetizado na Figura 1.



Fonte: Souza (2013a, p. 138).

**Figura 1.** Concepção teórico-metodológica: prática educativa com o tema Riscos e Geografia

Com essa proposta teórico-metodológica, para o ensino do tema risco ambiental, busca-se desenvolver, com os estudantes, uma forma de leitura do espaço, conduzida pelo pensamento e pelo raciocínio geográfico por meio de conteúdos diversos. Utilizando uma abordagem fenomenológica, inicia-se a leitura, indicando-se o estudo

do risco ambiental, tendo como objeto a bacia hidrográfica de vivência dos estudantes, “Minha bacia hidrográfica” (SOUZA, 2013a), micro bacia referida pelo estudante, como um lugar de pertencimento e, ou de entendimento e percepção.

A proposta adveio da experiência durante atividade de extensão universitária realizada entre 2003 e 2004, com jovens entre 12 e 15 anos, ao discutirem a respeito das águas superficiais e da bacia hidrográfica do córrego do Cercadinho, em um bairro de Belo Horizonte. Para isso, Souza *et al.* (2004, p. 10) apresentaram problematizações sobre o assunto, acompanhado de desenhos, representação cartográfica (croqui e maquete) e várias questões:

[...] por onde passam as águas depois das chuvas? Só há água quando chove? Onde nasce o córrego Cercadinho? Para onde vão as águas do córrego Cercadinho? O que representam essas linhas no croqui? [...] existe vegetação em toda a bacia do Cercadinho? O curso d’água é estreito ou largo? Os morros estão cobertos? Onde ficam as casas dentro da bacia do córrego Cercadinho?

Segundo Souza *et al.* (2004), na época, a proposta era representar, em maquete, e problematizar a questão da apropriação humana do espaço, considerando a bacia hidrográfica do espaço onde as crianças e jovens viviam. Como objetivos específicos, a atividade visava a sondar o conhecimento prévio que cada um tinha sobre as águas superficiais, a partir do uso de desenho; representar a bacia do córrego Cercadinho, em maquete, considerando os elementos sociais e naturais que existem nela e problematizar os tipos de ocupação e os possíveis riscos existentes; desafiar as crianças e os jovens a pensarem na melhor localização e na alternativa para o problema proposto para o grupo: qual o melhor local para a instalação de uma indústria de tecido? Qual o melhor local para o cultivo de grãos alimentícios e o plantio de árvores? Por que alguns locais devem ser evitados?

A proposta valoriza o espaço de vivência, o olhar do estudante sobre a “Sua bacia hidrográfica”, por meio de uma abordagem na escala local, com referencial geográfico para o estudo do fenômeno. Esse aspecto remete à geografia do aluno “como referência do conhecimento geográfico construído na sala de aula” (CAVALCANTI, 2002, p. 30), uma das dimensões das “Ideias Motrizes”<sup>10</sup>, que se despontam no ensino de Geografia, desde o final dos anos de 1990 e se fortalecem nas duas décadas do século XXI. Nessa proposta, são valorizadas práticas pedagógicas interativas, que possibilitam aos estudantes expressarem suas concepções e entendimento do assunto, a partir de recorte espacial. Sobre esse recorte, são discutidos os processos natural e social que ocorrem no local, os quais podem vir a constituir perigos decorrentes de sua dinâmica, combinada com a forma de apropriação do espaço.

Em outra situação de ensino, para a discussão do relevo e de seus processos no urbano, Souza (2010) e Souza e Oliveira (2011) adotaram práticas educativas com jovens universitários, no contexto do estudo dos processos geomorfológicos em vertentes. A partir de abordagem sistêmica, as autoras consideraram a questão do conhecimento desses processos na interação com a ocupação da vertente e a formação de áreas de riscos de movimento de massa acelerado e motivado por intervenção antrópica.

Conforme Souza (2013),

Perceber e entender o perigo, os fenômenos, a área de risco e, principalmente, os aspectos que fazem a área existir são fundamentais para que o sujeito aluno possa ter instrumental teórico e conceitual que lhe possibilite agir sempre que possível. Sua tomada de atitude pode ser entendida como forma de prevenção individual e coletiva e constitui participação ativa em prol da qualidade de vida e da justiça social, portanto, uma atitude cidadã (SOUZA, 2013a, p. 137).

Nessa abordagem, Souza e Oliveira (2011) apostaram no entendimento dos processos e na dinâmica da natureza como conhecimento e informação concebidos como medidas auxiliares à prevenção e à segurança, entre jovens e futuros professores de Geografia. Essa abordagem teórico-metodológica se repete em cursos de formação de professores de Geografia, desde então (Figuras 2, 3 e 4).



Fonte: acervo da autora (2018)

**Figura 2.** representação do leito maior.



Fonte: acervo da autora (2018)

**Figura 3.** representação do leito menor.



Fonte: acervo da autora (2018)

**Figura 4.** representação do leito vazante.

Embora a discussão a respeito dos riscos e da redução dos riscos de desastres aconteça nas esferas internacional e nacional, o tema é ainda pouco considerado no campo do ensino escolar, especificamente, no de Geografia. Algumas pesquisas começam a aparecer a partir de 2010, como descrevem Souza (2016) e Ferreira (2019), em alguns trabalhos escolares, e são citados em anais de eventos científicos.

Em 2019, Ferreira investigou no banco de teses e dissertações da Capes pesquisas realizadas no Brasil, no período de 2012 a 2017, referente à temática risco ambiental, discutida à luz da Geografia e da Educação. Foram identificadas sete pesquisas que relacionam educação geográfica e riscos, sendo cinco pesquisas no âmbito da educação formal e duas no da não formal, sendo elas:

- 1- Educação geográfica: práticas e reflexões em unidades escolares sobre a construção conceitual de espaço geográfico a partir bacias hidrográficas e área de risco em Aquidauana-MS.
- 2 - A análise da percepção de risco e vulnerabilidade a partir da vivência dos alunos do Ensino Médio de Nova Friburgo-RJ.
- 3 - Riscos ambientais e contextos escolares: desvelando limites e potencialidades do programa de educação ambiental do estado de Minas Gerais.
- 4 - Concepção de risco ambiental entre professores de Geografia em Minas Gerais: conhecimentos e práticas em sala.
- 5 - O teatro como abordagem educativa na prevenção de risco ambiental: peça teatral "Heróis somos todos nós" em escolas de Jaraguá do Sul-SC.
- 6 - Percepção de risco na paisagem pelos moradores do entorno da barragem do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), na cidade de Santa Maria-RS.
- 7 - Construção social de prevenção, mitigação e proteção frente a eventos climáticos extremos com atores locais: uma experiência no município de Araranguá/SC (FERREIRA, 2019, p. 79).

Corroborando com as ideias sobre a importância e a contribuição do conhecimento geográfico para a questão do entendimento dos riscos e da prevenção, Ferreira (2019) destaca que,

A partir do caminho percorrido, considerando as pesquisas encontradas e os conteúdos analisados, fica evidente no campo do **ensino de geografia** a necessidade de se considerar e trabalhar com a temática 'Riscos', em específico os ambientais, com o objetivo de se alcançar uma **educação geográfica**

**favorável à prevenção dos riscos**, por meio de práticas educativas fundamentadas em conceitos de ambas as ciências: Geográfica e Cindínica. Por meio da educação, os estudantes tornam-se cidadãos informados sobre o que é o risco, quais são os tipos que existem, como é o processo que originam os perigos, sejam de ordem natural e social e, principalmente, como se proteger, seja diante do perigo ou das condições estruturais presentes no espaço de vivência, podendo, dessa forma, cobrar das autoridades locais **medidas de prevenção e ações necessárias**, no âmbito da gestão e do planejamento territorial. (FERREIRA, 2019, p. 107, grifo nosso).

Pode-se dizer que a abordagem dos conteúdos presentes nas práticas educativas apresentadas, anteriormente, com interesse no conhecimento sobre riscos e medidas de prevenção atendem, em parte, o que é discutido no Relatório de Selby e Kagawa (2012), que trata o conhecimento de conceitos, noções sobre riscos e o estudo da natureza como um dos assuntos constante nas propostas de vários países sobre redução de riscos de desastres. Essa discussão aparece, também, no documento do *Conselho Nacional de Educação* (CNE) de Portugal referente à “Educação para o risco” (PORTUGAL, 2011), como medida para segurança e prevenção, discutida na seção seguinte.

Apesar de existir a contribuição desses conhecimentos, dessas propostas e desses componentes para a formação cidadã, apresentam-se vários desafios na sua efetivação. Um deles refere-se à dificuldade escolar em superar a tradição dos conteúdos curriculares e concebê-los na perspectiva do “conhecimento poderoso”. Como consequência, ocorre o desafio de serem mantidas as ações e as práticas educativas participativas no trabalho com medidas para a RRD, no âmbito da organização do tempo escolar, que privilegia o cumprimento de seus conteúdos em função das cobranças superiores e da avaliação. Esse fato, reforça a manutenção do conhecimento focado no conteúdo em si e, não no conhecimento que se alcança por meio dos conteúdos.

Em alguns casos, a efetivação dessas práticas dá-se por meio de projeto escolar interdisciplinar, conduzido por professores e direção, em parceria com outras instituições como Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, o que ainda não foi alcançado nas escolas públicas da cidade de São João del-Rei, onde o GEPEGER vem atuando.

### **Redução dos riscos de desastres (RRD): prevenção e conhecimentos geográficos**

Para o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e das Nações Unidas para a Organização da Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), a educação pode ser um instrumento de construção do conhecimento e desempenha papel importante na redução da vulnerabilidade e na formação da resiliência. Apesar disso, a partir do documento intitulado *Redução do Risco de Desastres nos currículos escolares: Estudos de Casos de trinta países*<sup>11</sup>, que trata das principais experiências nacionais referentes à integração da redução do risco de desastres (RRD), no currículo de dezenas de países, constatou-se que o aprendizado e o ensino utilizados para tratar o currículo da RRD tendem a ser, em geral, limitados na sua aplicação e não ocorrem em grandes proporções, apesar de se verificarem neles, boas práticas educativas (SELBY; KAGAWA, 2012).

Segundo o documento, a abordagem “acontece por meio de temas relacionados a desastre e tópicos que são inseridos em algumas matérias escolares” (SELBY; KAGAWA, 2012, p. 8), quando deveria ocorrer ligações entre a competência com o assunto, o envolvimento da comunidade e a busca da cidadania pró-ativa da RRD, de maneira sistemática e contínua. Nessa perspectiva, a educação para a redução dos riscos de desastres (ERRD) ocorre como conhecimento que antecede a ocorrência de um desastre, evitando-o ou mitigando seus efeitos e impactos sociais.

Nessa linha de pensamento, o *Marco de Ação de Hyogo (2005-2015): Construindo a Resiliência das Nações e Comunidades a Desastres* considerou a adoção do conhecimento, da inovação e da educação como pilar para se criar uma cultura de segurança. Esse pilar compreende ações educativas, disseminação do conhecimento e informações sobre riscos e vulnerabilidade, por meio da atuação de atores sociais como sujeitos ativos conforme as proposições da *Estratégia Internacional para a Redução de Desastres, 2007* (EIRD/ONU). Portanto, em 2005-2006, a campanha *Redução do Risco de Desastres começa na escola* foi implantada em escala global e teve como objetivo implementar o *Marco de Ação de Hyogo*, apoiada pela Secretaria de Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD).

O *Marco de Sendai (2015-2030)*, adotado na *Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres*, realizada entre 14 e 18 de março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão, além de discutir os aprendizados, os avanços e as lacunas nas metas de Hyogo, apresenta o objetivo geral para os próximos 15 anos (2015-2030), a saber: “redução substancial nos riscos de desastres e nas perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como de ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países” (MARCO DE SENDAI, 2015, p. 6).

Para alcançar esse objetivo, o documento descreve sete metas e quatro prioridades de ação para prevenir novos e reduzir os riscos de desastres existentes. Aqui, são destacadas as quatro prioridades: 1. Compreensão do risco de desastres. 2. Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres; 3. Investimento na redução do risco de desastres para a resiliência; 4. Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de “Reconstruir Melhor” em recuperação, reabilitação e reconstrução (MARCO DE SENDAI, 2015, p. 9).

Sobre a questão da redução de riscos de desastres, Sulaiman e Jacobi (2018, p. 6) acrescentam, “precisamos nos antecipar e agir no sentido de evitar que os desastres aconteçam, ou reduzir ao máximo suas consequências. Para isso, é preciso ampliar a participação da sociedade na gestão de risco”, sendo o objetivo da gestão, evitar que os desastres aconteçam ou que os impactos sejam os menores possíveis para as pessoas e para a população.

Ainda, Sulaiman e Jacobi (2018, p. 10):

Para reduzir o risco de desastre, é preciso diminuir as chances de ser atingido ou aumentar a capacidade de resistência. Isso pode significar, por exemplo, não se estabelecer em uma área de risco de deslizamento ou então melhorar a drenagem do local. No entanto, essa ainda é uma visão simplista, que não considera aspectos imateriais, como a capacidade das pessoas de lidarem com os riscos.

Esses autores fazem referência aos aspectos cultural, emocional, à crença, aos valores, percepção, atitudes, dentre outros, que influenciam a forma de perceber e lidar com os riscos. Essa dimensão sociocultural deve ser considerada durante o trabalho educativo com a comunidade, por meio de metodologias interativas e participativas como história oral, mapa mental, percurso pelo bairro (trabalho em campo), dentre outras, atentando-se para a concepção e a percepção que a comunidade tem sobre riscos. Conforme Sulaiman e Jacobi (2018, p. 23),

Aumentar a resiliência demanda reflexão e ação. Compreender os processos que causam vulnerabilidades – como a segregação socioespacial que configura situações de risco – é o primeiro passo para elaborar medidas preventivas. Nesse sentido, a educação tem um papel primordial, pois ela pode contribuir tanto para um melhor entendimento dos processos e problemas quanto para uma melhor mobilização das pessoas para lidar com os riscos.

No Brasil, a *Lei 12.608/2012*, referente à Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, recomenda que o tema de Redução de Riscos de Desastres (RRD) “seja tratado de forma transversal (incluído em todas as disciplinas curriculares), em todos os níveis da educação (ou seja, no ensino fundamental, ensino médio e ensino superior), bem como no dia a dia das pessoas” (MARCHEZINI *et. al.*, 2019, p.103). Ao verificarem outras leis, como a *Lei de Diretrizes Básicas de Educação* (LDB) e documentos oficiais referentes aos currículos escolares, como *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN) e *Componente Básico Curricular* (CBC) de Minas Gerais, Silva e Souza (2016) constataram que estão ausentes a abordagem referente à “Educação para os riscos” e o conceito de risco.

Apesar disso, a questão dos riscos e da prevenção pode ser trabalhada a partir de conteúdos relacionados à proteção, defesa e educação ambiental previstos nos referidos documentos, assim como a partir dos conteúdos da Geografia, considerando a relação sociedade e natureza, os processos, formas e produções espaciais. Segundo as autoras,

Ao analisar os documentos internacionais e nacionais permite-se concluir que a geografia exerce papel fundamental na “Educação para o Risco”, pois possibilita criar nos alunos o senso crítico para o risco, a busca da prevenção, mitigação e auxilia na cultura da prevenção do risco (SILVA; SOUZA, 2016, p. 644).

Deve-se pensar a Geografia não somente como uma disciplina que aborda os fenômenos físico-naturais e sociais, mas como conhecimento que articula esses fenômenos ao conjunto de condicionantes que contribuem para a produção social do risco de desastre.

No documento da *Direção geral de Educação de Portugal* (SAÚDE *et al.*, 2015), a “educação para o risco” é reconhecida como uma componente da formação da criança e do jovem a ser desenvolvida desde os primeiros anos de vida. Nesse processo, a escola tem um papel fundamental,

[...] assumindo-se como interveniente privilegiado na mobilização da sociedade, proporcionando e promovendo dinâmicas e práticas educativas que visam, no espectro mais amplo da educação para a cidadania, a adoção de comportamentos de segurança, de prevenção e gestão adequada do risco (SAÚDE *et al.*, 2015, p. 5).

No caso de Portugal, o Ministério da Educação e Ciência reconhece a questão da “educação para o risco” como componente a ser considerada no âmbito escolar, ao longo da educação básica, e prerrogativa para a cidadania.

### **Boletim geográfico escolar: produção e ações como contribuição para a ERRD**

A partir da concepção de “conhecimento poderoso”, do conhecimento geográfico e das possibilidades no âmbito da Educação para a redução dos riscos de desastres (ERRD), apresentadas nas seções anteriores, é possível certificar que o conhecimento geográfico pode contribuir com a ERRD. O pensamento geográfico na interpretação de fenômenos e de territórios de riscos, na construção da cultura da prevenção, a partir da sensibilização e percepção da interação dos processos físico-naturais e sociais, constitui contribuição teórico-metodológica a ser considerada nas ações objetivas e aplicadas, em contextos diversos e, principalmente, no escolar.

Fundamentados nessas ideias, os trabalhos realizados pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Geografia, Educação e Risco (GEPEGER) tem valorizado a construção do conhecimento junto aos estudantes, ouvindo-os e incentivando-os a pensarem no tema por meio de situações problemas e atividades criativas (Figuras 5 e 6), de maneira sistêmica e contínua. Nessa perspectiva pedagógica, o conhecimento em construção, subsidiado por conceitos científicos (Figuras 7 e 8), não desconsidera a percepção e o conhecimento prévio dos estudantes.



Fonte: Acervo GEPEGER, 2016

**Figura 5.** Análise sobre a ocupação do relevo.



Fonte: Acervo GEPEGER, 2016

**Figura 6.** Representação sobre Risco ambiental.

As ações ocorrem na escola, por se acreditar que “a transformação interna começa a partir de criações inicialmente locais e quase microscópicas, efetua-se em meio inicialmente restrito a alguns indivíduos e surge como desvios em relação à normalidade” (MORIN, 2000, p. 81).



Fonte: Acervo GEPEGER, 2016.

**Figura 7.** Equipe aprendendo sobre o Pluviômetro.



Fonte: Acervo GEPEGER, 2016.

**Figura 8.** Estudantes conhecendo o Pluviômetro instalado na escola.

As ações e produções realizadas pelo Grupo, por meio de programas de extensão<sup>12</sup> articulados com pesquisas, são publicadas, em parte, pelo *Boletim Geográfico Escolar*<sup>13</sup>, editado desde 2017, duas vezes ao ano. Destaquem-se aquelas voltadas para a questão dos Riscos e da Prevenção, já apresentadas.

Ao longo de três anos, foram produzidas seis edições do *Boletim*, a maioria elaborada em parceria com a Escola Estadual Governador Milton Campos, e distribuídas para mais de mil jovens estudantes, em formato impresso. Em meio digital, o *Boletim Geográfico Escolar* é distribuído para professores de diferentes estados brasileiros cadastrados, por *e-mail*, ou por acesso ao site do grupo.

Entre a primeira e a última edições, algumas alterações foram realizadas no *layout*, no conteúdo e na organização em papel tamanho A4, frente e verso, disponível no formato impresso e digital. Ao longo da produção das edições, buscou-se aprimorar o diálogo entre os conhecimentos científicos e os saberes dos estudantes, de maneira que o material possibilitasse discussões em situações de ensino na sala de aula e de diálogos em outros espaços de educação, formal e não formal.

Atualmente, o *Boletim* é composto por três blocos de conteúdos principais: um conteúdo “informativo” de natureza científica, identificado no tópico “Conhecendo...”; um conteúdo construído no ambiente escolar, ou que provoque uma produção na escola encontra-se no tópico “A voz da escola” e, um terceiro conteúdo, referente à medida de prevenção, “Atenção à Prevenção”. Com esses blocos, interagem imagens (charge, desenhos, fotos, Caça palavras), acompanhadas de problematizações, que ajudam a explorar e a ampliar os conteúdos e as discussões, por meio de reflexões, representações e, ou novas pesquisas sobre o assunto trabalhado no *Boletim*. A construção coletiva do material tem ocorrido por meio de ações conjuntas entre professores da educação básica, estudantes, graduandos e professor da academia.

Impossível esgotar os assuntos tratados, o *Boletim* tem o objetivo de trazer o tema riscos e prevenção para o espaço escolar e sua comunidade, de maneira que conceitos, concepções e noções, assim como as questões sociais, naturais e ambientais possam ser discutidos por diversas pessoas, em contexto de reuniões escolares, palestras, oficinas e produção coletiva com a comunidade escolar.

Na elaboração geográfica no *Boletim*, reconhece-se “a amplitude e a pluralidade da Geografia para a produção e organização de dados e para a análise dos resultados que são derivados” (CAVALCANTI, 2019, p. 13). Entretanto, a abordagem presente no *Boletim Geográfico Escolar* não constitui a única, mas uma das possibilidades, elaborada a partir dos procedimentos descritos nos Quadros 1 e 2.

**Quadro 1.** Procedimentos para construção do *Boletim Geográfico Escolar*.

Procedimentos	Objetivos
<b>Pesquisa sobre o assunto em fontes científicas</b>	Levantar informações, dados, discussão de conceitos sobre o tema e os conteúdos relacionados em referências bibliográficas científicas, auxiliares no item “Conhecendo...”
<b>Atividades/oficinas realizadas na escola</b>	Discutir o tema na escola, seja por meio de palestras, de oficinas e, ou durante as aulas de Geografia, acompanhada de atividades pedagógicas que propiciem pensar e representar o assunto, por meio de redação, desenho, modelagem, jogos, dentre outros, para compor o item “A voz da escola”. Nessas atividade, espera-se que os estudantes expressem seus entendimentos sobre as coisas e sobre os fatos, e como respondem às questões: O quê? Onde? Como? Por quê? Quando? Quem?
<b>Pesquisa em material da Defesa Civil, Secretaria de Segurança e, ou da Saúde, dentre outros</b>	Conhecer a abordagem do tema junto a órgãos de proteção e de segurança diversos. Levantar as propostas e medidas de prevenção sugeridas em portais e material oficial disponibilizados para a sociedade no formato digital e, ou impresso a serem retomados e considerados no tópico “Atenção à prevenção”.
<b>Pesquisa de charges e fotos na mídia, ou entre as produções escolares</b>	Levantar charges e fotos a serem utilizadas no corpo do Boletim, que retratem aspectos do tema em discussão, relacionados a questões e a problematizações pensadas para dialogar com o material visual e textual.
<b>Problematizações</b>	A partir do tema e dos conteúdos selecionados para o Boletim, são inseridas questões que auxiliem na interpretação espacial e temporal do tema, de maneira crítica e social.
<b>Lazer</b>	Promover a interação do leitor com o conteúdo trabalhado no Boletim, considerando o jogo de Caça-Palavras

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.



**Quadro 2.** Seções no *Boletim*.

Seção	Aspectos considerados	Abordagem Geográfica
<b>Conhecendo...</b>	Introdução ao assunto por meio de fato, dados, conceito, definição, etc.	O conteúdo científico varia de acordo com o assunto do Boletim, podendo ser um fato, conceito, definições, processos e, ou representações espaciais
<b>A Voz da Escola</b>	Contribuições dos estudantes e, ou questões para serem pensadas, discutidas e, ou debatidas pelos sujeitos escolares.	Geralmente, traz a concepção e o entendimento do assunto, a partir do olhar dos estudantes.
<b>Atenção à Prevenção</b>	Medidas de prevenção, de acordo com orientações da Secretaria de Segurança, Saúde, Defesa Civil e outros.	Não apresenta, necessariamente, um aspecto geográfico.

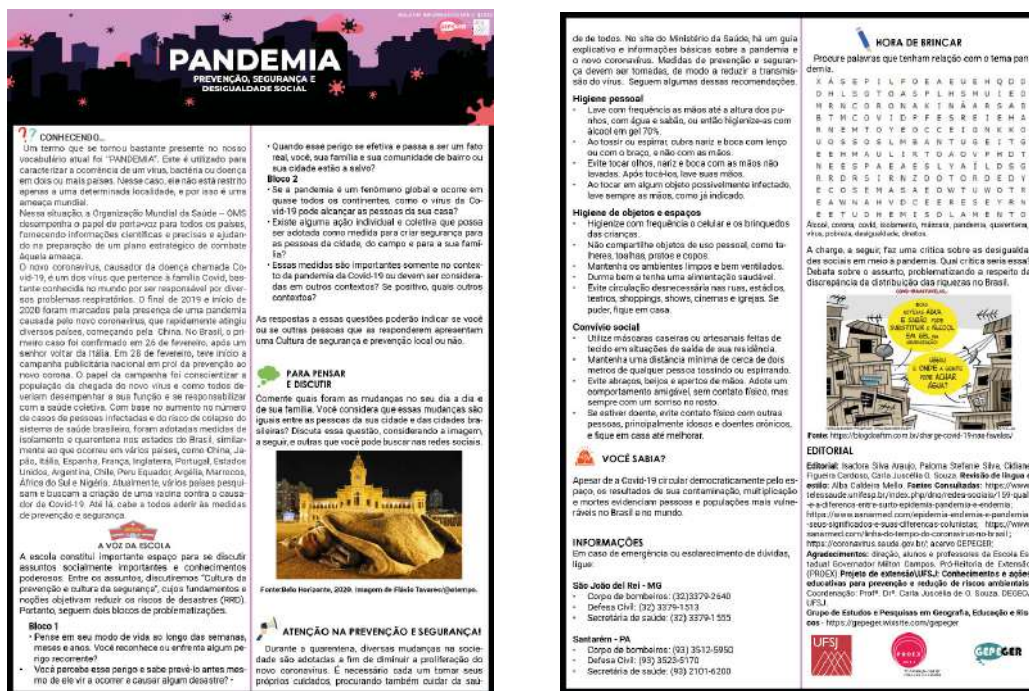
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

No Quadro 3, são apresentados e comentados os conteúdos do boletim, referente à questão da Pandemia de Covid-19, edição especial, (Ver Figura 9 a e b).

**Quadro 3.** Discussão do tema a partir do conhecimento geográfico.

Questões comuns ao pensamento geográfico e à abordagem crítico-social do conteúdo	Boletim Pandemia – Prevenção, segurança e desigualdade social
O quê?	Pandemia, uma ameaça mundial. Um perigo iminente.
Quando e onde?	Final de 2019, e início de 2020, começando pela China e expandindo-se para países da Europa, Ásia, Américas e África. Ocorre em vários países, um fenômeno em escala global, atingindo a escala local, portanto global/local.
Por que ocorre dessa maneira?	Distribuição e expansão em função das práticas sociais de deslocamento e contato social, por meio de redes de transportes aéreo, rodoviário e fluvial, favorecidas pelas práticas socioespaciais (aglomeração, convívio em espaço confinado dentro de meios de transporte, habitação, comunidades, aglomerados, trabalho dentre outros).
Para pensar e discutir: Você considera que essas mudanças são iguais entre as pessoas da sua cidade e das cidades brasileiras?	Permite refletir sobre as diferenças e condições socioeconômicas das pessoas, da população na cidade expostas à Covid-19. Possibilita discutir as condições de outras cidades brasileiras, pois são diferentes suas condições de desenvolvimento local e regional, suas situações políticas, culturais, sociais, que ajudam a explicar a espacialidade da Pandemia.
A charge a seguir faz uma crítica sobre as desigualdades sociais em meio à pandemia. Que crítica seria essa?	Falta de acesso à água. Distribuição não igualitária do acesso à água e das reservas de água brasileiras. Possibilita discutir a relação distribuição das bacias hidrográficas, disponibilidade de água e escassez do recurso hídrico em comunidades de bairros preteridas das políticas públicas de saneamento básico, infraestrutura e mobilidade urbana.
Você sabia? Apesar de a Covid-19 circular democraticamente pelo espaço, os resultados de sua contaminação, multiplicação e mortes evidenciam as pessoas e a população mais vulneráveis no Brasil e no mundo. Discuta com os colegas as causas dessa vulnerabilidade.	Possibilita discutir as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de riscos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.



Fonte: Acervo do GEPEGER, 2020.

Figura 9. a) Organização e conteúdo frontal do Boletim;

b) Verso do Boletim

### Considerações finais

O que se discutiu reafirma a necessidade de fortalecimento da educação e da escola para “transformar a transformação”, segundo Edgar Morin, em *Os sete saberes necessários à educação do futuro*<sup>14</sup>, e repensar o currículo escolar como “conhecimento poderoso”, defendido por Michael Young. Na escola considerar um conhecimento que leve a pensar a vida, o cuidado com o outro, com a natureza, com as relações sociais e ambientais; que leve a questionar a produção e a organização do espaço, com suas desigualdades e injustiças sociais e ambientais.

Apesar disso, e da realidade que se apresentou, acredita-se que aos poucos é possível construir uma rede de conhecimentos de ações institucionais e sociais, que assegure a redução dos riscos de desastres, seja no campo e, ou na cidade. Para isso, é fundamental estabelecer contínuos diálogos com a gestão escolar e sua comunidade, como em uma espiral. Nesse percurso, ampliar os diálogos para os demais setores da sociedade civil, como já vem ocorrendo, desde 2019, pelo Grupo. Porém, com a Pandemia de Covid-19, o isolamento social precisou ser implantado em todo território brasileiro. Essa condição social tem levado a pensar e a buscar caminhos para novas formas de manter contatos, discussões e produções coletivas em contexto de isolamento. Nesse momento, é que os membros e as atividades do GEPEGER têm buscado aprender e fazer para a discussão da RRD em tempos de pandemia.

### Notas

- 1 Acesso ao link da página do grupo: <https://gepeger.wixsite.com/gepeger>.
- 2 “A educação geográfica contribui para que os alunos reconheçam a ação social e cultural de diferentes lugares, as interações entre as sociedades e a dinâmica da natureza que ocorrem em diferentes momentos históricos. Isso porque a vida em sociedade é dinâmica, e o espaço geográfico absorve as contradições em relação aos ritmos estabelecidos pelas inovações no

campo da informação e da técnica, o que implica, de certa maneira, alterações no comportamento e na cultura da população dos diferentes lugares” (CASTELLAR; VILHENA, 2010, p. 9).

4 Conforme Cavalcanti (2019, p. 70), fundamentada em Gomes (2013), “[...] o lugar que alguém ocupa ou mora em uma cidade dá a ele maior ou menor visibilidade, isto é, posição de alguém em uma área qualquer interfere em sua visibilidade, e isso tem consequências importantes”.

5 O autor faz essa discussão no campo do currículo e do conhecimento, considerando aspectos epistemológicos sobre Currículo, Escola e Conhecimento. Para aprofundamento na Teoria do conhecimento do autor, sugerem-se os trabalhos: YOUNG, Michael. F. D. **Por que o conhecimento é importante para as escolas do século XXI?** Trad. Tessa Bueno. Rev. tec. Cláudia Valentina Assunção Galian. **Cadernos de Pesquisa**, v. 46, n. 159. 2016, p. 18-37; YOUNG, Michel. F. D. Para que servem as escolas? **Educação & Sociedade**. Campinas, vol. 28, n. 101, p. 1287-1302, set./dez. 2007. Disponível em < <https://www.cedes.unicamp.br/publicacoes/edicao/112> > Acesso em 20.05.2020.

6 Conforme Cavalcanti (2019, p. 43/44), “no contexto brasileiro atual, nessa última década 2011/2019, acentua-se a orientação neoliberal das políticas para a educação escolar como um todo e para o ensino de Geografia. Isso significa uma vinculação mais intensa a demandas econômicas, nacionais e internacionais, a agências de financiamento, a pautas de resultados na ampliação de vagas, a diminuição do analfabetismo, e não a processos formativos mais amplos. Este contexto afeta diretamente a prática escolar [...] dificultando trabalhos mais voltados ao cumprimento de sua tarefa de contribuir com a formação humana cidadã, crítica e participativa”.

7 Pessoas essas com acesso restrito, ou excluídas do direito à moradia digna, saúde, educação de qualidade, lazer, qualidade ambiental, saneamento básico, infraestrutura, segurança, direitos humanos básicos.

8 De acordo com o sociólogo Basil Bernstein (1996) entende-se “como *recontextualização*: o movimento de tirar o conhecimento especializado do contexto acadêmico para colocá-lo em um novo contexto, o da disciplina escolar” (apud YOUNG, 2016, p. 34).

9 Para Cavalcanti (2019, p. 64), “ensinamos geografia para que o aluno aprenda a pensar geograficamente. Portanto, parto do pressuposto de que o pensamento geográfico é a capacidade geral de realizar a análise geográfica de fatos ou fenômenos. Nessa perspectiva, venho firmando a concepção de que o raciocínio geográfico é um modo de operar com esse pensamento. São raciocínios específicos articulados pelo pensamento geográfico”.

10 No âmbito da Geografia, as “ideias Motrizes”, conforme Cavalcanti (2002, p. 30) são: “O construtivismo como atitude básica do trabalho com a Geografia escolar. A geografia do aluno como referência do conhecimento geográfico construído em sala de aula. A seleção de conteúdos geográficos básicos para estruturar os conteúdos de ensino. A definição de conteúdos procedimentais e valorativos para a orientação das ações, atitudes e comportamentos socioespaciais”.

11 A partir do levantamento e estudo de propostas de currículos escolares, que incluem a “Educação para os riscos” e desastres, foi verificado que as propostas contemplam, pelo menos, os seguintes elementos: conteúdo, tipos de prática educativa (formal ou não formal), ferramentas pedagógicas, tipos de atividades (expositivas, práticas, em campo), transversalidade do tema, carga horária e capacitação dos professores, em escolas de 30 países. Os casos estudados mostram que alguns currículos dão ênfase aos conceitos e, ou à dinâmica dos fenômenos naturais, outros consideram as percepções das pessoas sobre os riscos e, ou às medidas de segurança, como o treinamento para evacuação em situação de crise. Nesses currículos, o assunto é trabalhado em diversas disciplinas, às vezes de maneira interdisciplinar, ou mesmo disciplinar, de maneira pontual ou integrada a outro conteúdo (SELBY; KAGAWA, 2012).

12 Rádio Escola – Hora do Risco - <https://gepeger.wixsite.com/gepeger/radio-escola-hora-do-risco>.

Programas e projetos concluídos - <https://gepeger.wixsite.com/gepeger/extensao>

Oficinas e minicursos - <https://gepeger.wixsite.com/gepeger/minicursos>.

13 Para acessar os Boletins e fazer download, acesse: <https://gepeger.wixsite.com/gepeger/boletim>.

## Referências

ALMEIDA, L. Q. Por que as cidades são vulneráveis? **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Ceará, v. 13; p. 70-82, 2011a. Disponível em: [www.uvanet.br](http://www.uvanet.br). Acesso em: 10 maio 2020.

ALMEIDA, L. Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na Geografia. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23. 2011b. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/559>. Acesso em: 13 jun.2020.

AMADO, J. **A construção da disciplina na escola**: suportes teórico-práticos. Lisboa: Edições ASA, 2000.

AVILA, M. R. R.; MATTEDI, M. A. Desastre e território: a produção da vulnerabilidade a desastres na cidade de Blumenau/SC. **Revista Brasileira de Gestão Urbana** (Brazilian Journal of Urban Management), Curitiba, v. 2, n. 9, p. 187-202, 2017.

BOFF, L. **Saber Cuidar**: ética do humano: compaixão pela terra. 14. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

CANDAU, V. M. Interculturalidade e educação escolar. In: CANDAU, V. M. (Org.). **Reinventar a escola**. 5. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007. p. 47-60.

CAVALCANTI, L. de S. **Geografia e práticas de ensino**. Goiânia: Editora Alternativa, 2002.

CAVALCANTI, L. de S. **Pensar pela Geografia**: ensino e relevância social. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2019.

CASTELLAR, S.; VILHENA, J. Um breve referencial teórico e a educação geográfica. In: CASTELLAR, S.; VILHENA, J. (Orgs.). **Ensino de Geografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010, Cap. 1. p. 1-21.

FERREIRA, A. B. R.; TARÔCO, L. T.; SOUZA, C. J. O. A concepção do risco ambiental e sua abordagem na Educação básica. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte: PUC/MG, v. 26, n. 47, p. 615-628, 2016.

FERREIRA, P. O. **Riscos ambientais e educação nos programas de pós-graduação em geografia e educação**: estudo das abordagens presentes nas pesquisas brasileiras. 2019. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2019.

GADOTTI, M. **A escola e o professor**: Paulo Freire e a paixão de ensinar. São Paulo: Publisher Brasil, 2007.

GOMES, P. C. da C. **Quadros geográficos**: uma forma de ver, uma forma de pensar. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

MALANCHEM, J. O realismo social de Michael Young e a pedagogia histórico-crítica: perspectivas e aproximações na definição do conhecimento escolar. **Nuances**: Estudos sobre Educação, Presidente Prudente, v. 29, n. 3, p. 95-134, set./dez., 2018.

MARANDOLA JÚNIOR, E. M.; HOGAN, D. J. Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 95-110, jul./dez, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n2/24689.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

MARCO DE AÇÃO DE HYOGO (2005-2015). **Aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres**. Disponível em: <http://www.defesacivil.sc.gov.br/gestao-risco/documentos/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MARCO DE SENDAI. **Marco de Sendai para a redução do risco de desastres** (2015-

2030). Disponível em:

[http://www1.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/1398/traduzido\\_unisdr\\_novo\\_sendai\\_framework\\_for\\_disaster\\_risk\\_reduction\\_2015\\_2030\\_portugues\\_versao\\_31mai2015.pdf](http://www1.udesc.br/arquivos/id_submenu/1398/traduzido_unisdr_novo_sendai_framework_for_disaster_risk_reduction_2015_2030_portugues_versao_31mai2015.pdf). Acesso em: 09 jun. 2020.

MARCHEZINI, V. *et al.* Educação para redução de riscos e desastres: experiências formais e não formais no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 42, n. 4, p. 102-117, 2019.

MENEZES JÚNIOR, E. M.; SILVA, O. G. Diferentes percepções para a compreensão do conceito de risco no enfoque ambiental. **Casa da Geografia de Sobral**, Ceará, v.17, n. 2, p.12-22, 2015. Disponível em: <http://uvanet.br/rcgs>. Acesso em: 12 jun. 2020.

MOREIRA, R. **Pensar e ser em geografia**. São Paulo: Editora Contexto, 2007.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Trad. Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya; Rev. téc. de Edgard de Assis Carvalho. 2. ed. São Paulo: Cortez, Brasília, DF: UNESCO, 2000.

PORTUGAL. Conselho Nacional de Educação. **Recomendação nº 5, 20 de out. 2011: Educação para o risco**, 2011. Disponível em: <http://www.cnedu.pt>. Acesso em: 12 jun. 2020.

SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec, 1988.

SAÚDE, A. *et al.* **Referencial de educação para o risco: educação pré-escolar, ensino básico (1.º, 2.º e 3.º ciclos) e ensino secundário**. Portugal: Ministério da Educação e Ciência, 2015. Disponível em:

[https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ECidadania/educacao\\_Risco/documentos/referencial\\_risco.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ECidadania/educacao_Risco/documentos/referencial_risco.pdf). Acesso em: 05 jun. 2020.

SELBY, D.; KAGAWA, F. **Redução do risco de desastres no currículo escolar: estudo de casos de trinta países**. Genebra: UNICEF, 2012. 218 p. Disponível em: <https://www.unesdoc.unesco.org>. Acesso em: 12 jun. 2020.

SILVA, R. P. A escola enquanto espaço de construção do conhecimento. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n. 139, p. 83-91, dez., 2012.

SILVA, V. M.; PEREIRA, M. B.; SOUZA, C. J. O. Educação para o risco: percepção e representação de risco ambiental. **Revista de Geografia**. Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo) da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, v. 6, n. 4, p. 387-399, 2016.

SILVA, V. S.; SOUZA, C. J. O. Educação para o risco: presença em currículos internacionais e possibilidades para os brasileiros. In: FÓRUM NEPEG DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE GEOGRAFIA, 7., 2016, Caldas Novas. **Anais [...]**. Caldas Novas: UFG, 2016. p. 639-645.

SOUZA, C. J. Discussão sobre risco ambiental a partir de pesquisas desenvolvidas na escola básica e em comunidade localizada em área de risco. **Belo Horizonte/Brasil. Territorium**, Coimbra, n. 23, p. 113-124, 2016.

SOUZA, C. J. O. Dinâmica do relevo no estudo geográfico urbano: discussão teórica e prática. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6.; SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2., 2010, Coimbra. **Anais [...]**. Coimbra, 2010. Disponível em: <https://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/carla>. Acesso em: 27 maio 2020.

SOUZA, C. J. O.; FERREIRA, P. P.; NOGUEIRA, M. C. S. de A. Formação educativa pré-evento: situação geográfica e de risco de desastre. In: SIMPÓSIO IBERO-AFRO-AMERICANO DE RISCOS - SOCIEDADE E RISCOS: DA APROPRIAÇÃO DO ESPAÇO À CRIAÇÃO DE TERRITÓRIOS EM RISCOS, 3., 2019, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2019. v. 3, p. 435-439.

SOUZA, C. J. O.; OLIVEIRA, J. R. Representação de áreas de riscos socioambientais: geomorfologia e ensino. **Territorium**, Coimbra, v. 18, p. 175-184, 2011.

SOUZA, C. J. de O. Área de risco socioambiental nas cidades: prática educativa na

formação docente e na geografia escolar. In: CONGRESSO IBÉRICO DE DIDÁTICA DE GEOGRAFIA, 6., 2013b, Porto. **Anais [...]**. Porto, 2013.

SOUZA, C. J. de O. Riscos, geografia e educação. In: LOURENÇO, L. F.; MATEUS, M. A. **Riscos naturais, antrópicos e mistos: homenagem ao professor Dr. Fernando Rebelo**. Coimbra: Universidade de Coimbra. Departamento de Geografia, Faculdade de Letras, 2013a. p. 127–142. Disponível em: <https://www.riscos.pt/publicacoes/outras-publicacoes/outras/riscos-naturais-antronicos-e-mistos-homenagem-ao-professor-doutor-fernando-rebelo/>. Acesso em: 28 maio 2020.

SOUZA, C. J. de O.; FONSECA, G. M. da; BRITO, R. C. M. De; FRANCISCO, C. S. Aprender a aprender, pensar e fazer: representar e problematizar a minha bacia Hidrográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., 2004, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte, 2004, 9 p. Disponível em: <https://www.ufmg.br/congrest/Meio/Meio27.pdf>. Acesso em: 30 maio 2020.

SOUZA, C. J. O.; SILVA, V. M. Educação para o risco: conhecimento e contribuição de professores de geografia pra o tema risco ambiental em escolas de Minas Gerais – Brasil, **Territorium**, Coimbra, v. 25, n. 2, p. 53-68, 2018.

SOUZA, J. G.; KATUTA, A. M. **Geografia e conhecimentos cartográficos: a cartografia na renovação**. São Paulo: Editora Unesp, 2001.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepções de riscos ambientais: teoria e aplicações**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. Disponível em: [www.posgeografia.ufc.br](http://www.posgeografia.ufc.br). Acesso em: 12 jun. 2020.

SULAIMAN, S. N.; JACOBI, P. R. (Orgs.). **Melhor prevenir: olhares e saberes para a redução de risco de desastre**. São Paulo: IEE-USP, 2018. 134 p.

VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução: Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

YOUNG, M. F. D. Por que o conhecimento é importante para as escolas do século XXI? Trad. Tessa Bueno. Rev. Téc. Cláudia Valentina Assumpção Galian. **Cadernos de Pesquisa**. São Paulo: Fundação Carlos Chagas, v. 46, n. 159. p. 18-37, 2016.

ZABALA, A. **Práticas educativas: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.



# MUNICÍPIO + RESILIENTE EM AFOGAMENTO: UMA NOVA ESTRATÉGIA

**Antonio Schinda<sup>1</sup>**

**David Szpilman<sup>2</sup>**

**Jonatas Barrionuevo Theodoro<sup>3</sup>**

**Ricardo Doum Fornalski Tavares<sup>4</sup>**

**Claudenir de Jesus Celestino<sup>5</sup>**

## 1 Introdução

A perda de uma vida que ocorre por afogamento é sempre de forma inesperada e acaba provocando um desequilíbrio emocional familiar sem precedentes.

Dentre todas as possibilidades de trauma, o afogamento é sem dúvida o de maior impacto familiar, social e econômico. Incidente silencioso, cercado de erros passíveis de serem corrigidos que são atribuídos a uma fatalidade inevitável do destino.

A maioria dos afogamentos ocorrem no ambiente extra-hospitalar e, por ter pouca ou nenhuma repercussão, não ganham a notoriedade e a atenção que necessitam. Para a sociedade em geral a palavra “afogamento” remete ao “salvamento” e, pensam que as medidas de primeiros socorros são as mais importantes. No entanto, a ferramenta de maior eficácia na luta contra os afogamentos é a “prevenção”.

Infelizmente os Estados e Municípios não possuem uma política pública de prevenção. Na realidade, a prevenção aquática não é vista como prioridade. O afogamento simplesmente acontece e vira um número esquecido como outros dentro de uma estatística.

Se todo gestor público municipal tiver consciência e interesse em assumir que o afogamento é um problema real com possibilidades de prevenção, será possível elaborar um plano de contingência contra afogamentos e evitar muitas mortes e acidentes aquáticos.

---

1 Mestre em Educação e pesquisador do GEPPES – Grupo de Estudos e Pesquisas em Política Educacional e Social da UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel. Vice-Diretor Administrativo da SOBRASA. Supervisor da Defesa Civil Regional do Paraná e Major do Corpo de Bombeiros do Paraná. E-mail: antonioschinda1@hotmail.com.

2 Médico, especialista em afogamento e terapia intensiva; Sócio Fundador, Ex-Presidente e atual Diretor Médico da Sociedade Brasileira de Salvamento Aquático – SOBRASA; Médico do Município do Rio de Janeiro; Ten Cel Médico RR do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro; Membro do Conselho Médico da Federação Internacional de Salvamento Aquático; Membro da Câmara Técnica de Medicina Desportiva do CREMERJ.

3 Capitão do Corpo de Bombeiros do Paraná, Graduado em Gestão Pública - Universidade Federal do Paraná, especialista em Educação Física e Mergulho Autônomo pelo Corpo de Bombeiros do Paraná. Coordenador da Operação Verão Costa Extremo Oeste 2019/2020. E-mail: jonatas.theodoro@bm.pr.gov.br.

4 1º Tenente do Corpo de Bombeiros do Paraná, Especialista em Gestão Pública pela Universidade Pitágoras do Paraná (UNOPAR) e Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. Licenciado em Informática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Coordenador da Operação Verão Costa Sudoeste do Paraná de 2015-2018. E-mail: ricardodoum@gmail.com.

5 Subtenente do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo; Bacharel em Direito pela Universidade Paulista - UNIP; Tecnólogo de Polícia Ostensiva e Preservação da Ordem Pública - PMESP; Técnico de Segurança do Trabalho pela escola Senac (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial); Membro da Diretoria Consultiva e da Diretoria do Município + Resiliente - SOBRASA (Sociedade Brasileira de Salvamento Aquático). E-mail: claudenircelestino@gmail.com.

## 1.1 Afogamentos no mundo

De acordo com a Organização Mundial da Saúde morrem em média no mundo 372.000 pessoas por ano. São 1.020 mortes todos os dias, ou seja, 40 mortes por hora. O afogamento é uma grave ameaça à saúde pública. A incidência predomina em Países e regiões com pouco poder aquisitivo e baixa renda per capita.

É considerado como um trauma provocado por causas externas. Os números dos casos ainda são muito subestimados até mesmo em países desenvolvidos. Estes são extraídos exclusivamente de atestados de óbitos que nem relatam especificamente estas informações.

Em 2015, dos 192 países membros da OMS 60% deles (116) não relataram nenhum dado sobre afogamento. Afogamentos por enchentes, naufrágios e tsunamis ainda não são contabilizados como afogamento.

Os óbitos por afogamento não chamam a atenção da sociedade como deveriam, pois, ocorrem em locais isolados, e, portanto, a veracidade deste problema crônico fica diluída nas estatísticas de trauma, ocultando a necessidade de ações urgentes.

**Tabela 1.** Os onze países com mais números de óbitos por afogamento e seu índice por 100.000 hab/ano.

Posição	País	Óbitos totais	Óbitos por 100.000 hab/ano	Ano de referência
1º	Rússia	11.981	7.8	2010
2º	Japão	8.999	3.2	2011
<b>3º</b>	<b>Brasil</b>	<b>5.692</b>	<b>2.7</b>	<b>2017</b>
4º	Tailândia	4.684	7.3	2006
5º	Estados Unidos	4.812	1.5	2010
6º	Filipinas	3.930	4.6	2008
7º	Ucrânia	2.713	5.5	2012
8º	México	2.479	2.1	2012
9º	Egito	1.619	1.8	2011
10º	França	1.382	1,6	2011
11º	Colômbia	1.127	2,4	2011

Fonte: SOBRASA, 2019.

A América do Sul representa 6% da população mundial (385 milhões em 2008) e ocupa 12% de toda extensão de terras no planeta, possui um índice de 3.3% de todos os casos de óbitos por afogamento por causas não intencionais.

## 1.2 Afogamentos no Brasil

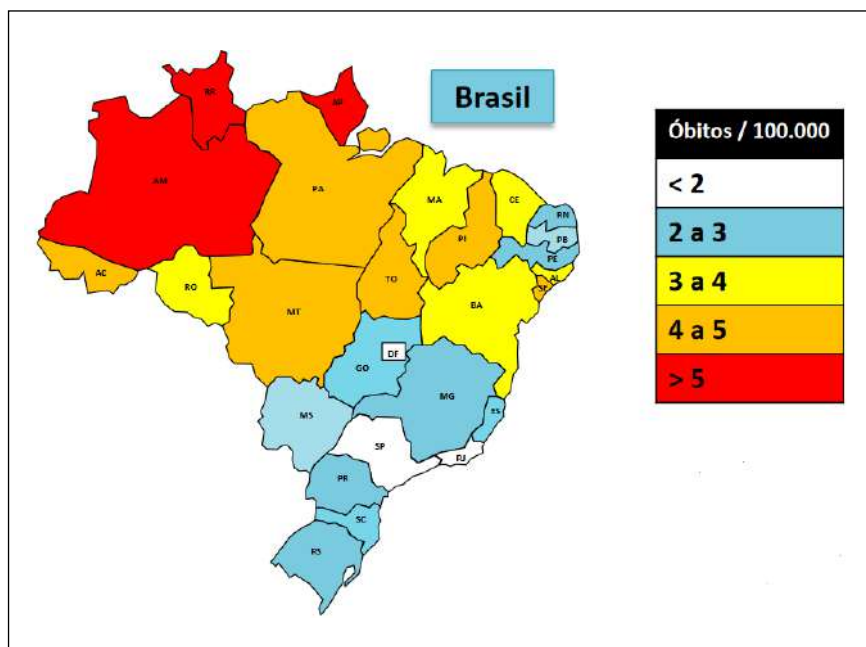
A média brasileira é de 1 milhão de afogamentos por ano, dentre estes, cerca de 5.700 são fatais (óbitos).

Segundo os dados referente aos afogamentos no Brasil analisados pela SOBRASA (Sociedade Brasileira de Salvamento Aquáticos) no ano 2019, foram os seguintes:

- Diariamente 16 brasileiros morrem afogados. A média é de uma morte a cada 91 minutos. Os homens morrem 6,8 vezes mais que as mulheres e entre eles, os adolescentes estão no grupo de maior risco. 75% das mortes ocorrem em rios, lagos e represas.
- A região norte do Brasil apresenta o maior índice de mortalidade. 44% ocorrem no verão. Mais de 80% das mortes ocorrem por ignorar os riscos, não respeitar limites pessoais e desconhecer como agir. Cada óbito custa R\$210.000,00 ao Brasil.



- 47% dos óbitos ocorrem até os 29 anos. 52% das mortes ocorrem com crianças de 1 a 9 anos e se dá dentro de casa, principalmente nas piscinas.
- Afogamentos são responsáveis pela 2ª causa morte de 1 a 4 anos; 4ª causa morte de 5 a 9 anos; 3ª causa morte de 10 a 14 anos e a 4ª causa morte de 15 a 24 anos.



Fonte: SOBRASA, 2019.

Figura 1. Índice de óbitos de afogamento por 100.000/habitante no Brasil por estado.



Fonte: SOBRASA, 2019

Figura 2. Perfil dos afogamentos no Brasil.

### 1.3 Realidade a ser superada

Geralmente os afogamentos ocorrem em locais remotos onde os índices de desenvolvimento humano (IDH) em geral são baixos. A vítima pertence à uma classe de

menor prestígio social, com pequena renda, baixa escolaridade e pouco esclarecimento.

Muitas vezes o corpo fica desaparecido, chamando pouca atenção da mídia e sem divulgação, em muitos casos é atribuído somente à vítima a responsabilidade exclusiva pela própria morte.

Jamais a causa do afogamento é atribuída a outrem, principalmente a quem deveria ter adotado medidas preventivas para evitar tais tragédias. Desta forma, acaba diminuindo a comoção social, a responsabilidade de pais, dos agentes públicos e dos agentes privados na reversão destes alarmantes índices.

A realidade dos dados sobre afogamento aqui apresentados, não destaca um novo problema, mas uma velha e grave endemia, pouco conhecida e divulgada em nossa sociedade.

Então, porque é tão difícil convencer a sociedade, os gestores públicos e os administradores privados a investirem na prevenção de afogamento?

A resposta está no fato de que eles desconhecem o tamanho exato do problema. Desconhecem o número alarmante de pessoas que diariamente se submetem ao risco de incidentes aquáticos. Desconhecem a dor sentimental da perda de um familiar. Desconhecem o custo humano e financeiro destas tragédias (fatal ou não).

Assim, um dos grandes desafios a ser vencido é conseguir impactar a sociedade com informações de gestão dos riscos.

Outro grande desafio é fazer com que os gestores públicos e administradores privados de ambientes de lazer entendam que eles possuem o dever legal de garantir a segurança dos frequentadores destes ambientes.

#### **1.4 Dificuldades encontradas no atendimento**

O atendimento de uma vítima de afogamento é difícil. Necessita de um salvamento realizado por guarda-vidas treinado, que ele esteja no local e no momento certo. Necessita também de uma equipe médica especializada com ambulância e um hospital equipado para dar o suporte básico e avançado de vida. Tudo isso para tentar reverter segundos de aspiração de água. Locais onde não existe esse tipo de serviço o risco de morte é maior.

A maioria destas mortes ocorrem em rios, lagos, represas e praias isoladas, longe da prevenção ativa realizada por guarda-vidas (SCHINDA, 2013).

## **2 Objetivo**

Apresentar o programa “Município + Resiliente em Afogamento” como uma nova estratégia de reduzir os afogamentos no Brasil e no Mundo. Este programa que foi criado pela SOBRASA já vem sendo aplicado em algumas cidades do Paraná, São Paulo, Espírito Santo e Tocantins, as quais estão colhendo excelentes resultados.

## **3 Método**

Em virtude da trágica realidade e do grande número de óbitos por afogamento anualmente é fundamental que seja criado mecanismos de resiliência para os municípios, levando em consideração a especificidade dos riscos de cada local.

O programa “Município + Resiliente em Afogamento” é uma proposta de implantação de diversas formas de prevenção que poderá ser aplicada em toda área geográfica do município.

Deverá ser coordenado por agentes públicos estaduais e/ou municipais com apoio da iniciativa privada e demais órgãos ou pessoas da sociedade comprometidas com a defesa da vida e da saúde pública.

## 4 Amparo Legal

Ao analisar os casos de afogamento, somente a culpa exclusiva da vítima pode configurar como excludentes de responsabilidade do Estado.

Porém, isso só será considerado, se primeiro a Administração Pública cumpriu integralmente seu papel fazendo a gestão da segurança, prevenindo o afogamento, principalmente em local onde há uma prestação de serviço público.

Caso a Administração Pública se omitiu de um dever legal de agir, não estaremos diante da “culpa exclusiva da vítima” e sim, da “culpa concorrente da vítima”. Desta forma, não tem como afastar o alcance do Poder Público, cabendo assim a obrigação em indenizar a vítima ou seus familiares dependendo do desfecho do caso e da gravidade da lesão.

Desta feita, se a Administração Pública Municipal deveria fazer algo previsto em ordenamento geral ou específico e não o fez, responderá por omissão integralmente pelo resultado danoso, tratando-se de responsabilidade objetiva.

Fazer a gestão dos riscos são deveres do município. Encontramos descritos nos seguintes amparos legais:

CF/88 - ART. 182 §1: impõe que as cidades se organizem de forma sustentável, desenvolvendo suas funções sociais, assegurando o bem-estar de seus habitantes, tudo de acordo com a política de desenvolvimento urbano.

Lei federal 12.608/12 – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - Art. 8º, XI - impõe aos Municípios, o dever de dispor de “Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil”, que ao definir as áreas de risco, gerará ao município, que reconheça que praias e piscinas públicas constituem áreas críticas e, precisam ter um tratamento diferenciado quanto às medidas de segurança a serem adotadas.

A falta de uma política pública de prevenção de afogamento padronizada em âmbito nacional é o maior problema encontrado.

Para melhor mitigar os riscos de afogamento há necessidade das seguintes medidas:

- Uma legislação padronizada;
- Placas de orientação em segurança;
- Regulamentação da profissão de guarda-vidas;
- Regulamentação do uso dos equipamentos de proteção individual;
- Regras de segurança para atividades aquáticas;
- Padronização de ações preventiva em locais de águas abertas;
- Cursos de capacitação de vários níveis voltados a prevenção de afogamentos;
- Legislação que atribua ao município e instituições privadas que exploram ambientes aquáticos a segurança nestes ambientes, etc.

## 5 Princípios da prevenção e da resiliência

O princípio da redução do número de incidentes aquáticos é a prevenção. Para que isso ocorra é de extrema necessidade que o município, através de políticas públicas, implemente algumas ações mitigatórias, sendo elas:

- O mapeamento dos riscos;
- A sinalização destes riscos;
- A divulgação dos riscos para as pessoas que frequentam aquele ambiente aquático;
- A educação do público usuário para melhor gestão dos riscos;
- Treinamento das equipes que fazem o atendimento de prevenção e emergência para aquele tipo de risco.

## 6 O programa de prevenção “Município + Resiliente em Afogamento”

O programa “Município + Resiliente em Afogamento” foi criado em 2015 pela SOBRASA. Em 2016 foi lançado como projeto piloto no município de Cruzeiro do Iguaçu/PR. Teve apoio do Corpo de Bombeiros do Paraná, através do 3º Subgrupamento de Bombeiros Independente.

Este programa vem somar com a campanha **“Construindo Cidades Resilientes”**, porém com o foco específico no tema **“prevenção ao afogamento”**.

Reúne um pacote de propostas de mitigação por meio de programas de prevenção. O conteúdo está disponível gratuitamente aos gestores municipais.

Por interesse da administração municipal, o município solicita via ofício à SOBRASA um convênio de cooperação.

O Prefeito através deste documento se compromete a realizar a gestão dos riscos de afogamentos. Após a assinatura do convênio é criada um Conselho Municipal de Prevenção de Afogamento. O conselho elabora um plano de contingência contra afogamento.

O convênio é um protocolo de boas práticas assinado entre 2 instituições (SOBRASA X Município) podendo ter apoio e cooperação dos Governos Estaduais e Federais, do Ministério Público Estadual, por meio do Promotor de Justiça da Comarca em que se encontra aquele município.

O Plano de Contingência contra Afogamento é elaborado utilizando informações dos históricos dos afogamentos que já ocorreram no município e região, através do mapeamento de atividades e áreas de atenção de afogamento, visando dar ênfase aos perigos regionais existentes.

A melhor forma de reduzir esse problema a nível nacional é entender as fases do processo da linha do tempo do afogamento, criar uma política pública de prevenção de afogamento no município integrada em rede, por bacias hidrográficas, por regiões e Estados.

Esse programa está disponível no sítio eletrônico da SOBRASA no link site: programa “Município + Resiliente em Afogamentos”

### 6.1 O que é a SOBRASA

O programa e suas ferramentas são oferecidos pela SOBRASA (Sociedade Brasileira de Salvamento Aquático).

Criada em 1995 por um grupo de profissionais médicos, guarda-vidas, bombeiros e profissionais atuantes na área aquática.

A SOBRASA é uma entidade sem fins lucrativos, que atua como órgão de convergência na prevenção de afogamentos e incidentes, de todas as atividades de esporte, lazer e trabalho na área aquática, agindo em prol de reduzir esta tragédia do afogamento.

Em seu quadro possui os melhores especialistas brasileiros com presença em 26 estados da federação e com atuação internacional, na “International Lifesaving Federation” - ILSF e “International Maritime Rescue Federation” - IMRF. (SOBRASA, 2016).

## 7 Preparação para as emergências

Embora a prevenção seja o caminho mais fácil, seguro e barato, não há como reduzir totalmente as ocorrências de afogamento.

Desta forma as preparações para as ações de respostas também são importantes, principalmente nos desastres de evolução súbita como enchentes e inundações. A implementação de respostas rápidas e articuladas é fundamental para a redução de danos e prejuízos.

A melhor forma para se preparar para as emergências e desastres em meio líquido é:

- Desenvolver ações envolvendo a comunidade e as instituições governamentais;
- A difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos;
- A formação e capacitação de recursos humanos;
- A articulação de órgãos e instituições (empresas e comunidades).

### 7.1 Fase de preparação do plano de contingência

O plano de contingência é um plano previamente elaborado para orientar as ações caso o evento adverso venha a se concretizar. Deverá ser elaborado com antecedência para facilitar as atividades a serem executadas.

A fase de preparação compreende a elaboração de planos prevendo diversas hipóteses de desastres em meio líquido. Prevê também como atuar nas demais fases: de prevenção, de reação, de mitigação e de reconstrução.

O processo de planejamento não é um passo único ou um momento estático. Se não for testado e atualizado periodicamente perderá o seu significado.

As fases dos planos podem ser:

**a) genérica:** abordando a estrutura de prevenção e de resposta à qualquer afogamento em uma área ou,

**b) específica:** focando uma atividade particular à uma área ou à um público sujeito ao afogamento em especial (piscina, rio, crianças, jovens, pescadores).

## 8 Como aderir ao programa “Município + Resiliente em Afogamento”

Para a adesão do programa “Município + Resiliente em Afogamento” é necessário realizar as seguintes fases:

1. O Prefeito assina com a SOBRASA um termo de compromisso de implantação “Município + Resiliente em Afogamento” seguindo as fases e prazos ajustados;
2. A gestão municipal cria o “Conselho Municipal de Prevenção ao Afogamento”, por decreto ou lei;
3. O “Conselho Municipal de Prevenção ao Afogamento” elabora o plano de enfrentamento customizado (Plano de Contingência contra Afogamento) e propõe à administração pública as ações necessárias para mitigar os riscos de afogamento no município.

### 8.1 Pilares das ações

Para facilitar o processo de implantação basta seguir os pilares das ações:

1. Criação de um Conselho Municipal de Prevenção de Afogamentos;
2. Levantamento do perfil epidemiológico de afogamento na região (local de incidentes e qual é o grupo de risco envolvido);
3. Identificação por ordem de importância do problema encontrado e a divulgação para a comunidade;
4. Sensibilizar a comunidade sobre os riscos de afogamento e das medidas mitigadoras a serem implantadas (baseada no programa de prevenção SOBRASA);
5. Incluir o “plano de contingência contra afogamentos” no “plano de contingência do município”, justificando a necessidade de gestão das áreas de atenção e das atividades que provocam riscos de afogamento.

## 9 Atividades a serem realizadas

1. Prevenção ativa - realizada com sinalizações para a redução/impedimento de acesso aos locais de risco ou isolados;
2. Prevenção reativa - realizada com guarda-vidas em áreas turísticas de grande uso ao banho, quando necessário;
3. Implantação de um programa de ambientação aquática – ensinamento de natação para crianças do município, quando possível;
4. Instrução - Capacitação para os integrantes do sistema de atendimento de urgência através de palestras e treinamentos para atualizar e padronizar o atendimento às vítimas de afogamento;
5. Reavaliação – examinar os resultados de sucesso e de falhas. Assim que identificados refazer as estratégias do plano de contingência municipal;
6. Destacar a obrigação do município – divulgar o que está sendo colocado em prática. Buscar formas menos onerosas possíveis. As ações podem ser realizadas de forma gradativa;
7. Suporte – As escolhas para as ações educativas podem ser consultadas no site da SOBRASA - <http://www.sobrasa.org/>.

## Conclusão

Estas ferramentas já mostraram um grande alcance no processo de prevenção de afogamento no Brasil. Estão sendo desenvolvido por voluntários de maneira isolada sem apoio direto da União, Estados e Municípios.

Ao envolvermos os gestores municipais e de defesa civil, responsáveis direto pelo manejo de riscos, a redução de afogamentos passa a ser uma política pública municipal, com grande probabilidade de sucesso.

Desta feita, se a Administração Pública Municipal deveria fazer algo previsto em ordenamento geral ou, específico e, não o fez, responderá por omissão integralmente pelo resultado danoso, tratando-se de responsabilidade objetiva. Com a adesão do programa “Município + Resiliente em Afogamento”, o município tem a oportunidade de dispor e executar o plano de contingência contra afogamento, cumprindo com sua obrigação legal e, eximindo-se dos riscos inerentes às áreas náuticas de lazer evitando muitos óbitos por afogamento.

## Referências

- BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao). Acesso em: 04 jun. 2020
- BRASIL. **Lei Federal 12.606 de 10 de abril de 2012**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 04 jun. 2020.
- PARANÁ (Estado). Governo do Estado do Paraná. **Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil**: plano de contingência. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/>. Acesso em: 07 jan. 2015.
- SCHINDA, Antonio. **Epidemiologia de afogamento**: estado e políticas públicas no Paraná. 2013. 146 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação-PPGE, UNIOESTE, Cascável, PR, 2013.
- SOBRASA. **Programas Institucional de prevenção em afogamentos**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.sobrasa.org>. Acesso em: 19 ago. 2018.
- SOBRASA. **Programa “município mais resiliente em afogamento”**. Disponível em: <http://www.sobrasa.org/programa-municipioresiliente-em-afogamento/>. Acesso em: 19 ago. 2018.

SOBRASA; SZPILMAN, D. Afogamentos: o que está acontecendo? **Boletim Brasil**, 2018. Disponível em: [http://www.sobrasa.org/new\\_sobrasa/arquivos/baixar/AFOGAMENTOS\\_Boletim\\_Brasil\\_2018.pdf](http://www.sobrasa.org/new_sobrasa/arquivos/baixar/AFOGAMENTOS_Boletim_Brasil_2018.pdf). Acesso em: 19 ago. 2019.

SZPILMAN, David *et al.* Drowning timeline: a new systematic model of the drowning process. **The American Journal of Emergency Medicine**, v. 34, n. 11, p. 2224-2226, 2016.



# EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E O BIOMA CAATINGA

Lidiane Costa<sup>1</sup>

Paloma Angelina Simões<sup>2</sup>

Ana Paula Martins do Amaral Cunha<sup>3</sup>

Valesca Fernandes<sup>4</sup>

Javier Tomasella<sup>5</sup>

## 1 Introdução

A problemática referente às mudanças climáticas, as consequências provenientes delas e como elas podem afetar ao longo dos anos a qualidade de vida dos seres vivos, o meio ambiente e a economia é conhecida e discutida em todo o mundo. A discussão ganhou força após a criação da organização científico-política denominada Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). O órgão reúne estudos de vários pesquisadores ao redor do mundo sobre a temática e tem como intuito avaliar as alterações climáticas, fornecendo visões científicas sobre o conhecimento atual do problema e seus possíveis impactos socioeconômicos e ambientais (IPCC, 2007).

A maior preocupação proveniente de ações antropogênicas nos últimos anos é referente ao aumento das concentrações dos gases do efeito estufa na atmosfera terrestre, sendo os principais: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ozônio troposférico ( $\text{O}_3$ ), hidrofluorcarbonetos (HFCs) e o vapor d'água, que ocorre desde a revolução industrial. Esses gases absorvem e reemitem energia proveniente da radiação solar, introduzindo uma força positiva de energia na atmosfera terrestre. Os dois últimos relatórios do IPCC, Assessment Report Fourth - AR4-(IPCC, 2007) e Assessment Report Fifth - AR5 (IPCC, 2013), apresentaram novas e contundentes evidências de possíveis mudanças nos padrões de temperatura e conseqüentemente nos de precipitação decorrentes dessa maior inserção de gases do efeito estufa na atmosfera, principalmente do  $\text{CO}_2$ , que ocorreu principalmente devido ao aumento da queima de combustíveis fósseis (IPCC, 2007, 2013).

A precipitação e temperatura são as principais variáveis utilizadas para a caracterização de alterações tanto na atmosfera, quanto nos oceanos, visto que quase todas as outras variáveis (umidade, evaporação, ventos) são dependentes das mesmas, sendo assim, de extrema importância para a caracterização do clima no passado, presente e para as projeções futuras de alterações climáticas. Como decorrência de mudanças no padrão dessas duas variáveis, a projeção para o próximo século é de, entre outras coisas, haja uma alteração significativa na disponibilidade de água para o consumo

1 Mestre em Sensoriamento Remoto – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. E-mail: lidycristina@gmail.com.

2 Graduanda em Ciências Atmosféricas - Universidade Federal de Itajubá. E-mail: palomaangelina85@gmail.com.

3 Doutora em Meteorologia – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. E-mail: ana.cunha@cemaden.gov.br.

4 Doutora em Meteorologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. E-mail: fernandesvalesca06@gmail.com.

5 Doutor em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: javier.tomasella@cemaden.gov.br.



humano, agricultura e geração de energia (IPCC, 2007; SANTOS *et al.*, 2009). Alterações na variabilidade desses padrões geram desvios das médias observadas anteriormente, o que pode vir a aumentar a probabilidade da ocorrência de eventos extremos, o que já será discorrido pelos estudos que serão citados posteriormente neste capítulo.

“Os eventos climáticos extremos são aqueles que extrapolam os eventos habituais e também causam danos ao meio ou com potencial para danos” (BORSATO; MASSOQUIM, 2018). “Eles ocorrem de muitas formas, como enchentes, secas prolongadas, ondas de calor, tufões e tornados” (MARENGO, 2015 apud BORSATO; MASSOQUIM, 2018).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) (2016) denota que as principais informações sobre alterações climáticas correlacionadas com eventos extremos nas cidades brasileiras para o final desse século seriam de um aumento no número e intensidade desses eventos, com destaque para os que envolvem a variável precipitação, ocasionando possíveis problemas, tais como: o aumento no risco de alagamento de estações de tratamento de efluentes; problemas nas infraestruturas das cidades; inundações, principalmente em cidades próximas a zona costeira; redução na qualidade da água devido a interações entre altas temperaturas; e variações de precipitação, secas mais severas e longas em alguns locais.

Neste contexto, o nordeste brasileiro (NEB) vem sendo estudado por muito tempo por se tratar de uma grande área com climas semiáridos e subúmidos, sujeita à intensas variações pluviométricas anuais e conseqüentemente, recorrentes secas. Para uma melhor caracterização dos eventos de secas na região é importante um conhecimento prévio sobre os processos físicos e dinâmicos que contribuem para a precipitação. Devido a sua localização geográfica, o NEB está sujeito a atuação de diversos sistemas atmosféricos que interagem entre si e contribuem para as variações de temperatura e precipitação na região, sendo os principais: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCIT), Sistemas Frontais, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), as Linhas de Instabilidade (Lis), Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), Ondas de Leste, além da influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região (FERREIRA; MELLO, 2005). O semiárido brasileiro está entre as regiões com a maior influência de teleconexões climáticas do mundo, presentes no Pacífico e Atlântico, como por exemplo, os eventos de El-niño Oscilação Sul (HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, 2019), que será mencionado posteriormente nesse trabalho e a oscilação intrasazonal Madden e Julian (MJO), que causam impactos na região em diferentes magnitude e dependem da fase da oscilação (VALADÃO *et al.*, 2016). “Quando a fase positiva está passando sobre a AS, observa-se um aumento da convecção continental, onde pode haver uma conexão com os vários tipos de sistemas atmosféricos atuantes no NEB” (ALVES *et al.*, 2018, p. 193-206).

Devido às diversas interações que podem contribuir para a variabilidade intra-anual do clima na região, as causas da variabilidade e as razões que determinam o clima semiárido da região não são completamente entendidas. Contudo, análises da distribuição da precipitação sobre o Nordeste e regiões vizinhas sugerem que uma possível explicação para a causa da semiaridez seria decorrente dos mecanismos da circulação geral da atmosfera, principalmente pela circulação de Hadley-Walker, o que indicaria que o clima semiárido ocorre devido a fatores climáticos externos a região (CLIMANÁLISE, 1986 apud BARBOSA, 1999).

Toda a complexidade envolvendo o regime de precipitação na região e o clima contribuíram para que a região apresentasse períodos observados de alternância de secas severas em alguns anos (1941/1944, 1992/1993, 1997/1998, 2012/2018), e de chuvas intensas, em outros (1974/1975, 1985/1986) (NASCIMENTO; BRITO, 2007).

Diante o exposto, este estudo teve como objetivo avaliar os eventos extremos de secas em diferentes municípios de: Água Branca (AL); Balsas (MA); Barreiras (BA); Bom Jesus do Piauí (PI); Iguatu (CE); Itabaianinha (SE); Palmeira dos Índios (AL); e Petrolina (PE), todos localizados na região Nordeste do Brasil. Os eventos extremos de secas ocorrem em diferentes regiões do Brasil, no entanto, são mais recorrentes na região

semiárida. A região Nordeste possui uma área de aproximadamente 1.561.177,8 km<sup>2</sup>, dos quais 1.006.654 km<sup>2</sup> compreendem o semiárido nordestino (SUDENE, 2017).

Diversos métodos têm sido desenvolvidos para a identificação e caracterização dos eventos de secas, considerando diferentes variáveis de causa e resposta da seca, tais como precipitação, evapotranspiração, condição da vegetação, etc (PALMER, 1965; GIBBS; MAHER, 1967; SHAFER; DEZMAN, 1982; KOGAN, 2002; MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993; KEYANTASH; DRACUP, 2004; BHUIYAN; SINGH; KOGAN, 2016; ABBAS *et al.*, 2014). No presente estudo optou-se por utilizar o Índice Normalizado de Precipitação (SPI) para a identificação dos eventos de seca nos municípios estudados. Por meio do SPI é possível identificar eventos extremos de secas em diferentes escalas de tempo (3, 6, 12 meses, etc), o que permite monitorar a dinâmica temporal desses eventos, isto é, o desenvolvimento e declínio (SANTOS *et al.*, 2019).

Após a caracterização dos eventos de secas pelo SPI, foi realizada a análise de tendência nas séries temporais de temperatura e SPI para os municípios selecionados. Além disso, também foi avaliada a dinâmica dos usos e cobertura da terra nos últimos 30 anos para os mesmos municípios.

## 2 Materiais e métodos

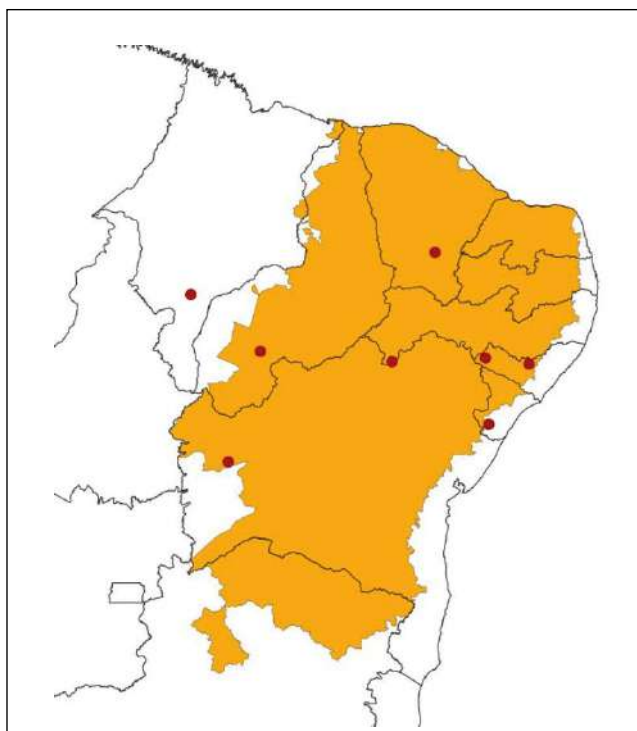
### 2.1 Dados de precipitação e temperatura

Os dados observados mensais de precipitação (mm) e temperatura do ar (°) foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa>). O período dos dados utilizados no presente estudo compreende os anos de 1961 a 2018 (57 anos) e apenas estações com pelo menos metade dos dados compreendendo esse período foram utilizadas. A Tabela 1 e a Figura 1 apresentam a descrição e localização das 8 estações consideradas, é importante ressaltar que nem todas as estações tiveram o período de 57 anos em sua série temporal e o período de dados disponível para cada série será explicitado nas imagens e tabelas.

A partir dos dados mensais de precipitação, séries temporais de SPI na escala de 12 meses foram calculadas. O SPI utilizado no presente trabalho é baseado na formulação proposta por Mckee, Doesken e Kleist (1993). Para a caracterização dos eventos seca considerou-se a metodologia descrita por Spinoni *et al.* (2014) que estabelece o início da seca quando o SPI indica valores menores do que -1 e permanece negativo por pelo menos dois meses consecutivos. O término do evento de seca é estabelecido quando o SPI retorna a valores positivos (BRITO *et al.*, 2018).

**Tabela 1.** Descrição das estações meteorológicas.

UF	NOME	Long	Lat	Elevação
AL	ÁGUA BRANCA	-37,9	-9,28	605,34
MA	BALSAS	-46,03	-7,53	259,38
BA	BARREIRAS	-45	-12,15	439,29
PI	BOM JESUS DO PIAUÍ	-44,11	-9,1	331,74
CE	IGUATU	-39,29	-6,36	217,67
SE	ITABAIANINHA	-37,81	-11,11	208
AL	PALMEIRA DOS ÍNDIOS	-36,7	-9,44	274,9
PE	PETROLINA	-40,48	-9,38	370,46



**Figura 1.** Localização das estações meteorológicas.

## 2.2 Análise de tendência climática (série de temperatura e precipitação)

Uma tendência climática é entendida como uma alteração do clima, aumento ou diminuição lenta dos valores médios da série de dados analisadas no período de registro.

O teste de tendência utilizado nas séries climatológicas de temperatura e precipitação foi o de Mann-Kendall (MK), que é um teste não paramétrico utilizado para identificar mudanças climáticas em séries temporais de dados que, na hipótese da estabilidade de uma série temporal, os valores devem ser independentes e a distribuição de probabilidades deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples) (ELY; DUBREUIL, 2017). “Quando a variável independente é algo diferente do tempo, a estatística é conhecida como Tau de Kendall” (ELY; DUBREUIL, 2015, p. 553-569), o que não se aplica ao presente estudo que visa analisar a tendência das séries de temperatura e precipitação no tempo. “O teste tem como vantagem não ser influenciado pela variância ou por outliers” (SALVADOR, 2017), o que para o presente estudo é relevante, visto que podemos inferir a partir do teste se houve uma tendência de aumento ou diminuição nas variáveis de estudo, “o que faz com que o teste seja apropriado para detectar alterações de ordem climática em séries meteorológicas” (GOMES *et al.*, 2015).

A metodologia do teste é explicada conforme o estudo de Moreira e Naghettini (2016). De acordo com o descrito por Yue, Pilon e Cavadias (2002), Wagesho, Goel e Jain (2012) e Moreira e Naghettini (2016), dada uma série de  $n$  variáveis independentes e igualmente distribuídas ( $X_1, X_2 \dots, X_n$ ), o teste de MK é dado pelas seguintes equações:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(X_j - X_i) \quad (1)$$

Onde:  $X_i$  representa os valores da série,  $i$  e  $j$  indicam os índices de tempo, no caso da presente pesquisa na escala de tempo mensal e  $n$  é o número de elementos da amostra.

O termo que indica o sinal ( $X_j - X_i$ ) é dado por:

$$\text{Sinal } (X_j - X_i) = \begin{cases} + 1 & \text{se } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (X_j - X_i) = 0 \\ - 1 & \text{se } (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Moreira e Naghettini (2016) denotam que Mann (1945) e Kendall (1975) explicitam que a estatística  $S$  segue um comportamento próximo de uma distribuição normal para séries com  $n$  maior ou igual a 8. Para dados sem elementos vinculados (valores iguais), a estatística de teste apresenta média  $E(S)$  e variância  $\text{Var}(S)$  dadas respectivamente por:

$$E(S)=0 \quad (3)$$

$$\text{Var } (S)=\frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q tp(tp-1)(2p+5) \right] \quad (4)$$

Onde=  $tp$  indica o número de pontos vinculados dos índices do somatório ( $p$  até  $q$ ).

A significância do teste MK pode ser verificada através de um teste bilateral, com estatística padronizada  $Z_{MK}$  denotado por:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Moreira e Naghettini (2016) discorrem sobre a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ) no teste de MK, a rejeição ocorre quando verifica-se que  $|Z_{MK}| > Z_{\alpha/2}$ , onde  $\alpha$  é o nível de significância selecionado e  $Z_{\alpha/2}$  é o valor da distribuição normal padrão com probabilidade de excedência de  $\alpha/2$ . O sinal de  $|Z_{MK}|$  indica se a série possui tendência de crescimento ou decaimento ( $|Z_{MK}| > 0$  e  $|Z_{MK}| < 0$ , respectivamente). O nível de significância  $\alpha = 0,05$  é o geralmente utilizado na literatura, idem ao presente estudo. O  $p$ -valor da estatística  $S$  para os dados da série foi estimado pela probabilidade acumulada da distribuição normal, onde se considera que se  $p \leq \alpha$ , o teste de MK apresenta evidências para rejeição de  $H_0$ , sugerindo assim a presença de tendências na série.

Para a confecção dos gráficos das séries temporais de temperatura utilizou-se uma média móvel de 6 meses, com o propósito de suavizar o gráfico e obter uma melhor visualização dos padrões das séries temporais.

### 2.3 Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra

A região do semiárido nordestino (SANEB) tem como bioma predominante a Caatinga, composta de espécies arbustivas, arbóreas e herbáceas, abrangendo uma área

de aproximadamente 600 mil km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 40% da região Nordeste (ANDRADE, 2006; SOUZA; OYAMA, 2011; VIEIRA *et al.*, 2013). De acordo com Vieira *et al.*, 2013, a caatinga tem sido substituída ao longo das últimas décadas por área de uso agropecuário. Tal modificação pode causar alterações nos balanços de energia, água e carbono e conseqüentemente, no microclima da região e também em regiões vizinhas. Por outro lado, as alterações do clima também podem provocar mudanças nos padrões de cobertura vegetal (CUNHA; ALVALÁ; SAMPAIO, 2013; CUNHA *et al.*, 2015).

Mudanças no uso e cobertura da terra ocorrem majoritariamente por processos de conversão, seja pela remoção da cobertura vegetal natural ou pela substituição do uso, por exemplo de pastagem para agricultura. Contudo essas dinâmicas do uso e cobertura da terra podem estar associadas à diversos fatores, tais como, variação natural, fatores econômicos e tecnológicos, fatores demográficos, ou fatores múltiplos que incluem, por exemplo, eventos extremos, citado no parágrafo anterior (LAMBIN; GEIST; LEPERS, 2003).

Neste trabalho, as dinâmicas de mudança de uso e cobertura da terra, foram estimadas a partir dos dados de uso e cobertura da terra do Mapbiomas (PROJETO MAPBIOMAS, 2019), com resolução espacial de 30 metros, para os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018. Neste trabalho foram utilizadas as subclasses apresentadas pelo MapBiomas e algumas das subclasses foram adotadas como classes e outras foram agrupadas formando novas classes. As classes de uso e cobertura da terra deste trabalho foram: Agricultura, que é o agrupamento da agricultura, cultura anual e perene e cultura semi-perene; Área Urbana; Formação Campestre; Hidrografia; Mosaico, que é o mosaico de agricultura e pastagem; Outros, é o agrupamento da floresta planta, mineração, afloramento rochoso, e outra área não vegetada; Pastagem; e Vegetação Natural, é o agrupamento da floresta natural e da formação savânica. A Formação Campestre não foi agrupada à classe de Vegetação Natural devido à sua confusão com a classe de Pastagem.

A mudança de uso e cobertura da terra foi calculada para cada município entre os anos de 1988 à 1998; de 1998 à 2008; e de 2008 à 2018. A mudança (M) foi estimada segundo a Equação 6, onde valores negativos representam que à classe teve uma redução de área e valores positivos indicam que a classe teve um aumento de área no intervalo de análise.

$$M_c = \frac{(U_2 - U_1)}{\Sigma |(U_2 - U_1)|} \quad (6)$$

Onde, M é o percentual de mudança por classe;  $U_2$  é o uso no tempo 2, final, para cada classe; e  $U_1$  é o uso no tempo 1, inicial, para cada classe.

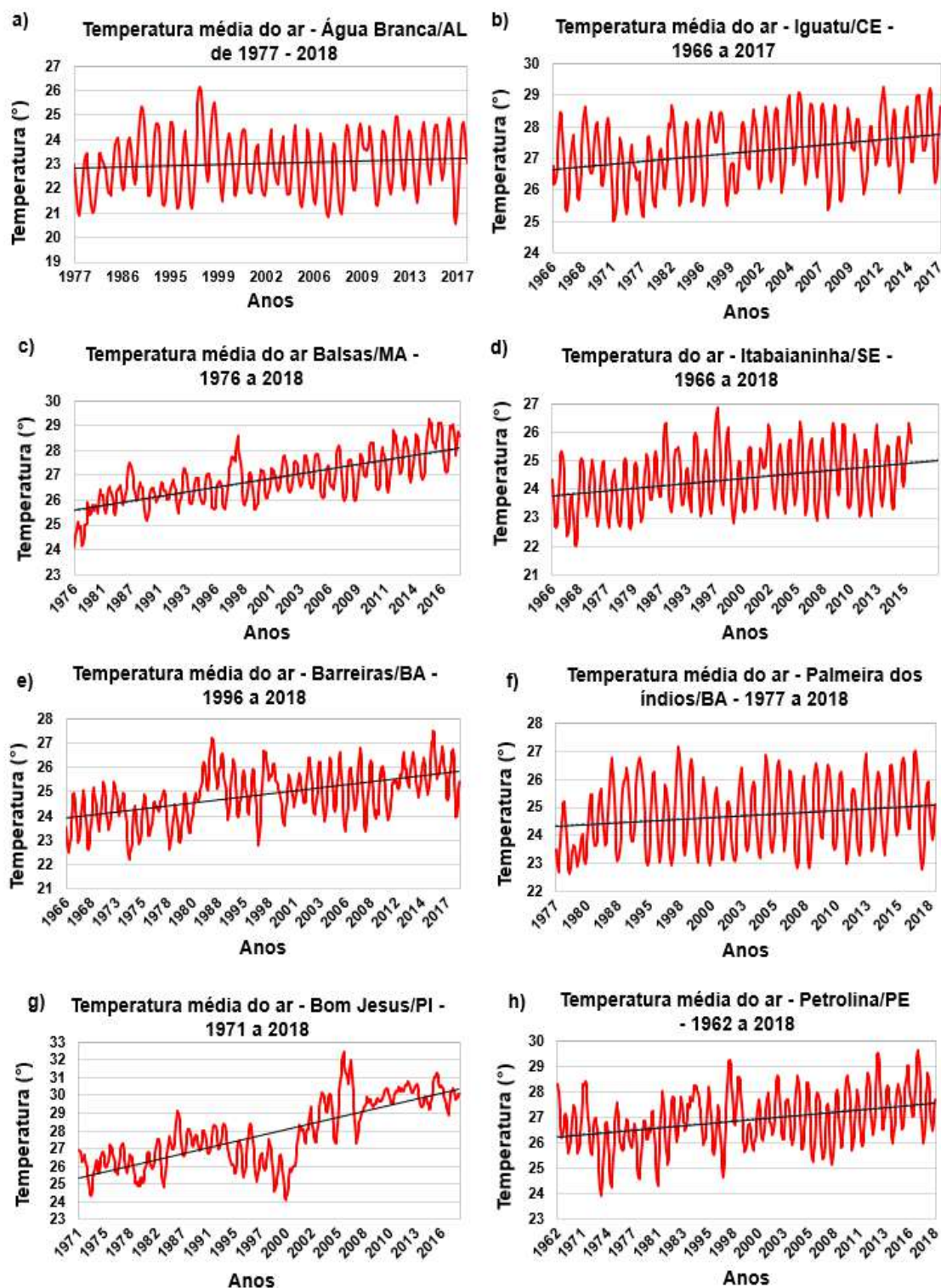
### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Análise das séries temporais das variáveis meteorológicas

A Figura 2 apresenta a evolução temporal da temperatura do ar para as oito estações meteorológicas avaliadas. De modo geral, as análises mostraram um padrão de elevação da temperatura média do ar ao longo dos anos. Graficamente verifica-se que somente para as estações de Água Branca/AL e Palmeira dos Índios/AL (Figura 2a e 2f), não observou-se o padrão de aumento de temperatura do ar. Os resultados do teste de Mann Kendall (Tabela 2) também apontaram tendência positiva em todas as estações, com exceção da estação de Água Branca/AL que não apresentou significância estatística (p-value > 0.05). Para as demais estações o p-value foi significativo, com um

intervalo de confiança de 95%, o que indica uma tendência de aumento na temperatura média do ar durante os anos de análise.

Graficamente podemos observar a variação, em grau, do aumento nas temperaturas médias do ar de aproximadamente 3° nos sete municípios que apresentaram tendência significativa de aumento.

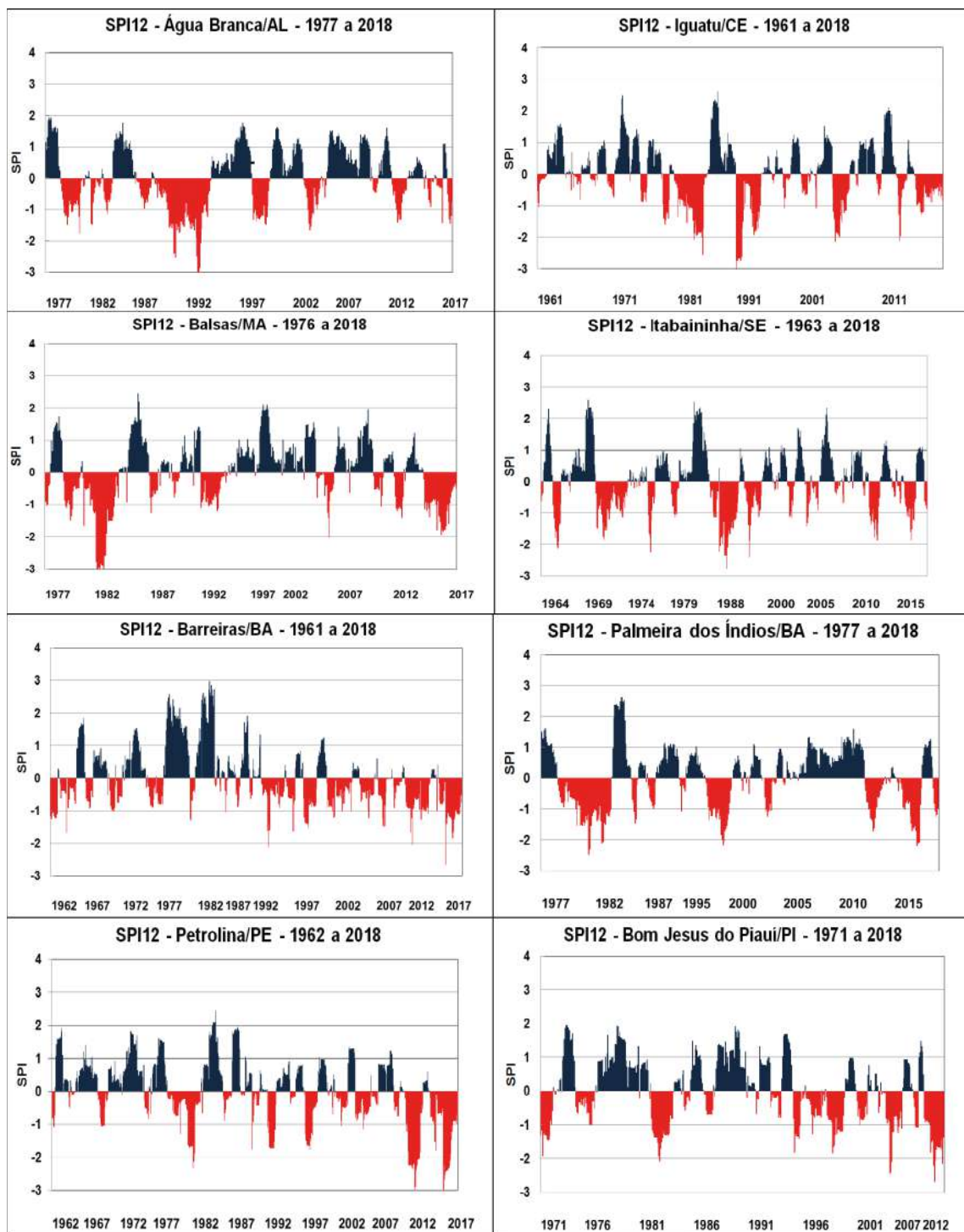


**Figura 2.** Série temporal de temperatura média do ar (°) nas oito estações meteorológicas.

**Tabela 2.** Resultados do Teste de Tendência de Mann Kendall para a variável temperatura média do ar (°) e o SPI. NS e S indicam os valores de p-value não significativos e significativos, respectivamente.

	TEMPERATURA		SPI	
	Mann Kendall	p-value	Mann Kendall	p-value
ÁGUA BRANCA	0.044	0.235 (NS)	0.083	0.009 (S)
BALSAS	0.383	<0.0001 (S)	0.025	0.428 (NS)
BARREIRAS	0.235	<0.0001 (S)	-0.086	0.007 (S)
BOM JESUS DO PIAUÍ	0.476	<0.0001 (S)	-0.184	<0.0001 (S)
IGUATU	0.148	<0.0001 (S)	-0.098	0.000 (S)
ITABAIANINHA	0.145	<0.0001 (S)	0.004	0.886 (NS)
PALMEIRA DOS ÍNDIOS	0.095	0.007 (S)	0.046	0.156 (NS)
PETROLINA	0.150	<0.0001 (S)	-0.258	< 0.0001 (S)

De forma geral, avaliando os anos mais recentes, de 2012 a 2018, as estações apresentaram mínimos valores de SPI. A Figura 3 que apresenta a série temporal do SPI-12 nas estações meteorológicas do NEB a partir da precipitação mensal do INMET, permite a visualização dos valores mínimos, em particular os mais recentes. As secas ocorridas entre os anos de 2012 a 2017, foram as mais intensas nas últimas décadas. Este resultado concorda com estudos sobre a avaliação da seca no NEB por meio de SPI, os quais mostram que a seca ocorrida entre os anos de 2012 a 2017 na região, foi a mais extensa e severa dos últimos 30 anos (MARENGO *et al.*, 2018; CUNHA *et al.*, 2018). Por outro lado, os anos que apresentaram os maiores valores de SPI, representando os eventos chuvosos foram de 2008 e 2009, com exceção de Barreiras/BA (Figura 3). O ano de 2009 teve influência do fenômeno La Niña, o que causou precipitação acima da média climatológica em algumas regiões do NEB.



**Figura 3.** Série temporal do SPI-12 nas oito estações meteorológicas.

Em relação à quantificação dos eventos de secas, o município que apresentou o maior número de eventos foi Barreiras/BA, com a ocorrência de 13 eventos (Tabela 3). É importante destacar que a estação de Barreiras/BA foi a 2º estação com o menor número de dados de precipitação faltantes, além disso a localidade apresentou tendência negativa e significativa de SPI, indicando um provável aumento do número de eventos de secas ao longo dos anos. Outros municípios que apresentaram significância para o SPI no teste de Mann Kendall foram: Água Branca/AL (tendência positiva), Bom Jesus do Piauí/PI, Iguatu/CE e Petrolina/PE (tendência negativa). É interessante notar que a única localidade



que apresentou o teste com valor positivo e significativo é justamente aquela que não apresentou significância para a variável temperatura. Bom Jesus do Piauí/PI, Iguatu/CE e Petrolina/PE apresentaram entre 9 e 10 eventos de seca, respectivamente, porém ressalta-se que tanto a estação de Iguatu/CE como a de Bom Jesus do Piauí/PI apresentam uma falha muito extensa nos dados, o que pode subestimar a estimativa dos eventos de secas.

Posteriormente será discorrido sobre a dinâmica dos usos da terra nos municípios avaliados, bem como uma possível relação com as variáveis climáticas.

**Tabela 3.** Quantificação dos eventos de secas.

MUNICÍPIO	UF	PERÍODO DE DADOS	EVENTOS DE SECAS	PERÍODOS COM SPI FALTANTES
ÁGUA BRANCA	AL	1977 a 2018	9	4 anos
BALSAS	MA	1977 a 2017	9	3 anos e 7 meses
BARREIRAS	BA	1961 a 2018	13	7 anos e 9 meses
BOM JESUS DO PIAUÍ	PI	1972 a 2018	9	9 anos e 9 meses
IGUATU	CE	1961 a 2018	9	8 anos e 5 meses
ITABAIANINHA	SE	1964 a 2018	11	10 anos e 2 meses
PALMEIRA DOS ÍNDIOS	AL	1988 a 2018	9	6 anos e 1 mês
PETROLINA	PE	1963 a 2018	10	7 meses

### 3.2 Avaliação da dinâmica do uso da terra nos municípios

Os padrões de usos e cobertura da terra ao longo das últimas décadas nos municípios estudados são bem variados (Figura 4). Na maior parte dos municípios verificou-se a supressão da vegetação natural desde a década de 80. De acordo com os dados do Mapbiomas analisados, as alterações mais pronunciadas na vegetação natural ocorreram nos municípios de Bom Jesus do Piauí/PI, Petrolina/PE, Barreiras/BA e em Balsas/MA.

Para os municípios de Bom Jesus do Piauí/PI e Petrolina/PE, observou-se que desde a década de 80 a vegetação natural tem sido reduzida à uma taxa entre 20% à 50% do remanescente por década. Em ambas as localidades a vegetação natural dominante é a caatinga arbustiva. Em contrapartida à redução da vegetação natural, verificou-se o aumento contínuo das áreas de produção agrícolas nesses municípios. Em especial, no município de Petrolina, além das áreas agrícolas, as áreas de pastagens também aumentaram ao longo das últimas décadas. Segundo os dados da Pesquisa da Pecuária Municipal, em relação ao ano de 2008, o aumento registrado em 2018 para a produção pecuária no município foi de aproximadamente 100% (IBGE, 2018). No que diz respeito às condições climáticas, em ambos os municípios, as tendências do SPI foram negativas e significativas e da temperatura positivas e também significativas.

Os resultados mostram que desde 1988, o município de Barreiras/BA tem apresentado pronunciada diminuição na vegetação natural, com uma taxa decadal entre 15% à 20%. Em contrapartida, tem-se observado o aumento da área agrícola, com taxa decadal entre 40 à 50%. Outrossim, a região apresentou um aumento populacional de 19,80% entre os anos de 1998-2018 (Tabela 4). Além da pressão antrópica, verificou-se que Barreiras/BA foi o município com a maior ocorrência de eventos de secas, tendências significativas de aumento de temperatura e tendências de diminuição nos valores de SPI.

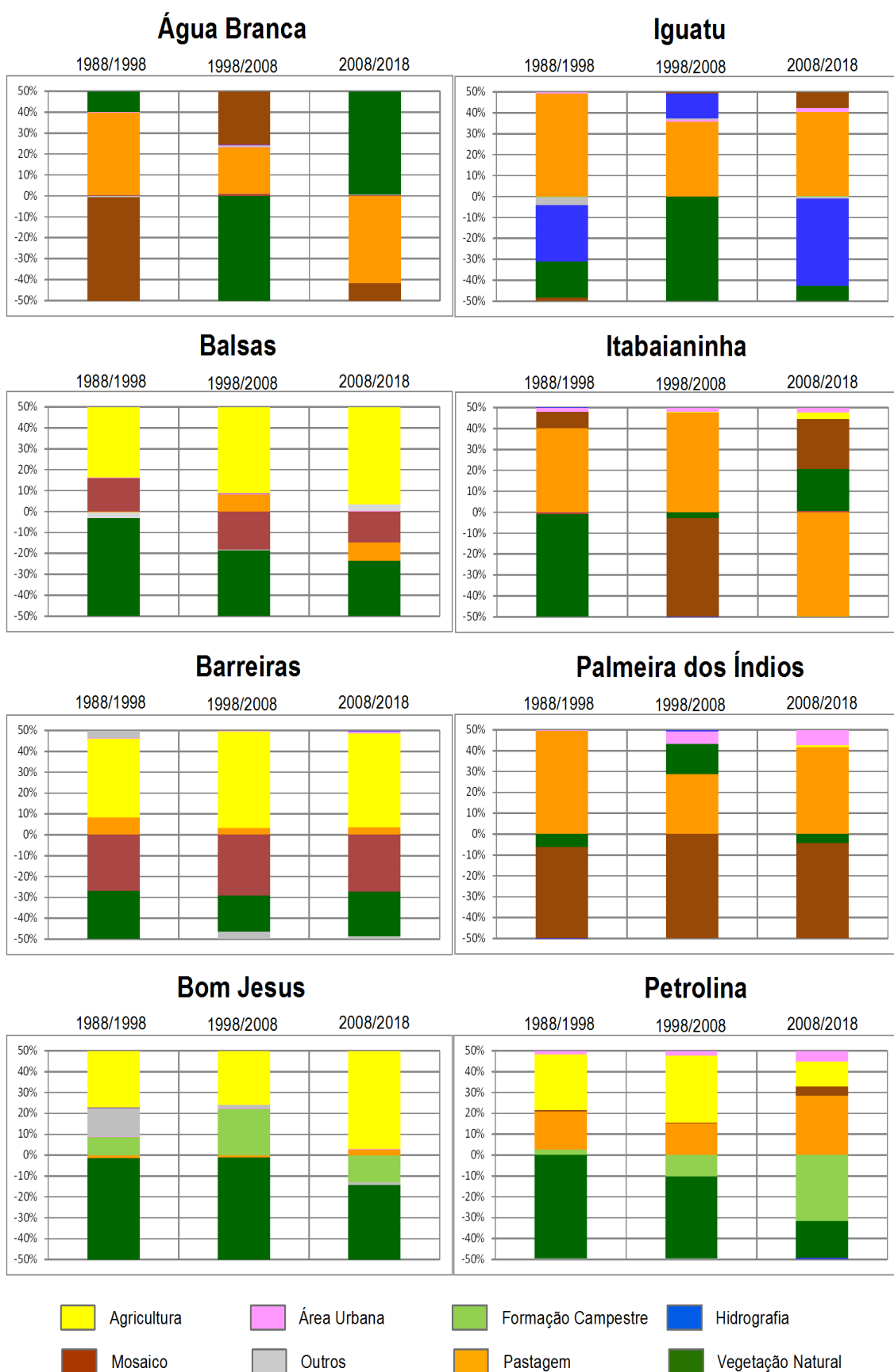
Para o município de Balsas/MA, entre 1988 a 1998 observou-se uma diminuição de aproximadamente 50% na vegetação natural, aumento entre 30% e 40% na classe agricultura. Entre os anos de 1998 e 2008, as alterações foram de redução da vegetação natural (entre 20% a 30%) e aumento de até 50% nas áreas para atividades voltadas a agricultura e pecuária. O tipo de vegetação predominante no município de Balsas/MA é a savana arbórea e nos demais caatinga. De acordo com os dados do projeto PRODES (TERRABRASILIS, 2019), Balsas/MA, é um dos municípios onde se tem os maiores registros de desmatamento pelo menos nos últimos 20 anos. O crescimento populacional no município também foi o mais expressivo entre os municípios avaliados (45,12%). Além disso, Balsas/MA, foi um dos municípios onde a tendência de aumento na temperatura ao longo dos últimos 40 anos foi mais expressiva, com um aumento de aproximadamente 5° ao decorrer da série temporal (Figura 2c). O município também foi afetado por eventos de secas, principalmente entre os anos de 2012 a 2017.

O município de Água Branca/AL foi o único município a apresentar um expressivo aumento da classe vegetação natural entre os anos de 2008 e 2018 (50%) e redução de aproximadamente 40% nas áreas de pastagem. Com relação ao crescimento populacional, o município apresentou a 2° menor estimativa de aumento populacional (12.53%), ficando atrás apenas do município de Palmeira dos Índios/AL (cerca de 6%). É ressaltado ainda que o município foi o único a não apresentar tendência significativa no aumento de temperatura e poucos eventos de secas nos últimos anos (ainda que tenha falhas no ano de 2017).

Referente à classe “hidrografia”, o município que se destaca é Iguatu/CE. Os rios que cortam o município são classificados como intermitentes, ou seja, são rios cujos leitos secam durante algum período do ano. O Rio Jaguaribe é também considerado o maior rio seco do mundo. Os resultados da análise de mudanças dos usos e cobertura da terra para o município mostram uma grande variação decadal da classe hidrografia, redução em 1998 com relação à 1988, uma pequena variação positiva em 2008 com relação à 1998 e redução de 40% em 2018 com relação à 2008. Com relação às tendências das variáveis meteorológicas para este município, conforme já mencionado, verificou-se tendência positiva com significância estatística para temperatura e a ocorrência de 9 eventos de secas entre os anos de 1976 e 2018 (42 anos). Embora os rios da região sejam classificados como intermitentes, a redução dos corpos d’água observada em 2018 em relação ao ano de 2008 foi mais pronunciada, o que pode estar relacionado tanto com a recorrência dos eventos de seca como com o aumento significativo de temperatura na região (Figura 3 e Tabela 2). O estudo de Silva, Galvíncio e Nóbrega (2009) avaliaram a relação entre a vazão na bacia hidrográfica do rio Ipojuca (PE) e variações na temperatura média do ar e constatou que uma tendência de diminuição na vazão com o aumento da temperatura. Com relação à dinâmica demográfica no município, ocorreu um aumento de 23,42% entre os anos de 2008 e 2018.

O município de Itabaianinha/SE registrou uma estimativa de aumento da população de 20,44 % durante os 20 anos de levantamento de dados do IBGE e mudança de ocupação de solo com destaque para as reduções de vegetação natural (50%) e aumento na área de pastagem (40%) entre 1988 e 1998. Entre os anos de 1998 e 2008, também foi registrado o aumento das áreas de pastagens (aproximadamente 50%). Nesse município, também ocorreu o aumento da temperatura com significância estatística nos últimos anos.

Palmeira dos Índios/AL, foi o município que apresentou o menor percentual de estimativa de aumento populacional entre 1998 e 2018 (5.68%). De acordo com os dados do Mapbiomas as mudanças registradas nas últimas décadas não foram conclusivas, com grande variação entre as classes “mosaico” e “pastagens”. Para as variáveis climáticas, as mudanças no SPI foram sem significância estatística e a temperatura com tendência de aumento, embora menor com relação aos demais municípios avaliados.



**Figura 4.** Percentual de mudança de uso e cobertura da terra para os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018.

**Tabela 4.** Estimativa populacional de 1998 a 2018. Fonte: IBGE; 1998,2008 e 2018.

CIDADE	POPULAÇÃO ESTIMADA			
	1998	2008	2018	Varição 1998 - 2018 (%)
Água Branca	17.635	19.882	20.162	12.53
Balsas	51.494	81.497	93.826	45.12
Bom Jesus do Piauí	14.682	20.100	24.960	41.18
Barreiras	123.371	135.650	153.831	19.80
Itabaianinha	33.163	38.565	41.684	20.44
Iguatu	79.072	96.201	103.255	23.42
Palmeira dos Índios	68.946	72.202	73.096	5.68
Petrolina	204.479	276.174	329.117	37.87

### Considerações finais

Estudos mostram que o desmatamento pode causar o aumento da temperatura da superfície do ar em razão da diminuição da biomassa, com isso, a energia disponível ao ambiente é utilizada de forma prioritária para o aquecimento do ar e do solo (MARTINS *et al.*, 2015). A conversão da cobertura vegetal, por meio das alterações nas características morfológicas e biofísicas da vegetação, podem levar à mudanças nas componentes dos balanços de energia, água, carbono e, conseqüentemente no clima (CHARNEY *et al.*, 1977; XUE; SHUKLA, 1993; CLARK *et al.*, 2001; TAYLOR *et al.*, 2002; OYAMA, 2002; XUE *et al.*, 2004; TWINE, 2004; SOUZA, 2006; YANAGI; COSTA, 2011; OLIVEIRA, 2008; SOUZA; OYAMA, 2011; CUNHA; ALVALÁ; SAMPAIO, 2013). Cunha *et al.* (2015), utilizando o modelo de circulação geral da atmosfera acoplado ao modelo de superfície "Integrated Biospheres Model - IBIS", mostrou que a conversão da caatinga para áreas de caatinga aberta e pastagens, podem elevar a temperatura próxima à superfície em até 0,9°.

De modo geral, os municípios avaliados no presente estudo que apresentaram a maior supressão da vegetação natural ao longo das últimas décadas, são também aqueles onde se observou as maiores tendências de aumento na temperatura do ar. Além disso, em todos os municípios verificou-se o aumento populacional nas últimas décadas, o que conseqüentemente aumenta a demanda por alimento e água. Estudos mostram que a combinação desses fatores, ou seja, a diminuição da vegetação natural, aumento de atividades que emitem GEE para a atmosfera e o crescimento populacional podem contribuir para o aumento da temperatura local. Assim, os resultados do presente estudo também corroboram com a afirmação de que a atividade antrópica pode contribuir para a tendência de aumento da temperatura.

A supressão da vegetação natural, combinada com o aumento das áreas agrícolas, aumento da temperatura do ar, da ocorrência de eventos de secas e por fim o aumento da população demonstra que as ações antrópicas associadas ao aumento dos eventos extremos podem colocar em risco as seguranças alimentar e hídrica na região, a qual já é considerada vulnerável.

## Referências

- ABBAS, S.; NICHOL, J. E.; QAMER, F. M.; XU, J. Characterisation of drought development through remote sensing: a case study in central yunnan, China. **Remote Sensing**, v.6, n.6, p.4998–5018, 2014.
- ALVES, J. M. B.; BARBOSA, A. C. B.; SILVA, E. M.; VASCONCELOS JUNIOR, F. C.; SILVA, M. L.; SANTOS, A. C. S.; LIRA, M. A. T.; SOMBRA, S. S. Oscilações intrassazonais convectivas entre as regiões indico-pacífico e o nordeste do Brasil: algumas características observacionais e de modelagem. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 193-206, 2018.
- ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, F. X.; NASCIMENTO, I. S.; FABRICANTE, J. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; BARBOSA, M. Análise florística e estrutural de matas ciliares ocorrentes em brejo de altitude, no município de Areia, Paraíba. **Agrária: Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, n. único, p.31-40, out./dez.2006. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=47&path%5B%5D=89>. Acesso em: 08 out. 2019.
- BARBOSA, H. A. **Análise espaço temporal de índice de vegetação avhrr/noaa e precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-85**. 1998. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.
- BHUIYAN, C.; SINGH, R. P.; KOGAN, F. N. Monitoring drought dynamics in the aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 8, p. 289-302, 2016.
- BORSATO, V. A.; MASSOQUIM, N. G. Os sistemas atmosféricos e os eventos climáticos extremos na região de Campo Mourão - PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, v. 23, p. 434-452, jul./dez. 2018.
- BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M. A.; CASTRO, C. C.; ALVALÁ, R. C. S.; MARENGO, J. A.; CARVALHO, M. Frequency, duration and severity of drought in the brazilian semiarid. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.
- CHARNEY, J. G.; QUIRK, W. J.; CHOW, S. H.; KORNFIELD, J. A. A comparative study of the effects of albedo change on drought in semi-arid regions. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 34, n. 9, p. 1366-1385, 1977.
- CLARK, D. B.; XUEY.; HARDING, R. J.; VALDES, P. J. Modeling the impact of land surface degradation on the climate of tropical North Africa. **Journal of Climate**, v. 14, p. 1809-1822, 2001.
- CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; SAMPAIO, G. Impactos das mudanças de cobertura da superfície nos balanços de energia, água e carbono em uma região semi-árida do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 3, 2013.
- CUNHA, A. P. M. A., ALVALÁ, R. C. S., KUBOTA, P. Y., VIEIRA, R. M. S. P. Impacts of land use and land cover changes on the climate over Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**, v. 16, p. 219-227, 2015.
- CUNHA, A. P. M. A.; TOMASELLA, J.; RIBEIRO- NETO, G.; BROWN, M.; GARCIA, S. R.; BRITO, S. B.; CARVALHO, M. A. Changes in the spatial-temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. **Atmospheric Science Letters**, v. 19, p. 855, 2018.
- ELY, D. F.; DUBREUIL, V. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná -Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 553-569, 2017.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste do Brasil e influência nos oceanos pacíficos e atlânticos no clima da região. **Revista de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.
- GOMES, A. C. S.; COSTA, M. S.; COUTINHO, M. D. L.; VALE, R. S.; SANTOS, M. S.; SILVA, J. T.; FITZJARRALD, D. R. Análise estatística das tendências de elevação nas séries de

temperatura média máxima na Amazônia central: estudo de caso para a região do oeste do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.

GIBBS, W. J.; MAHER, J. V. **Rainfall Deciles as Drought Indicators**. Melbourne: Bureau of Meteorology, 1967. (Bulletin n. 48).

HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, L. C. **Uso de modelos de markov com estados ocultos e informações climáticas para a previsão de afluências**. 2019. 213 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Diretoria de Pesquisas-DPE**. Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Diretoria de Pesquisas-DPE**. Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Diretoria de Pesquisas-DPE**. Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS, 2018.

IPCC. Summary for Policymakers. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (eds.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

KENDALL, M. G. **Rank correlation Methods**. 4. ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

KEYANTASH, J.; DRACUP, J. A. The quantification of drought: An evaluation of drought indices. **Bulletin of the American Meteorology Society**, v. 83, n. 8, p. 1167-1180, 2004.

KOGAN, F. N. World droughts in the new millennium from avhrr-based vegetation health indices. **Eos Transactions American Geophysical Union**. v. 83, n. 48, p. 562-563, 2002.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual review of environment and resources**, v. 28, n. 1, p. 205-241, 2003.

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometria**, v. 13, p. 245-259, 1945.

MARENGO, J. A., ALVES, L. M., ALVALÁ, R. C., CUNHA, A. P., BRITO, S. S., MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.

MARTINS, A. L.; CUNHA, C. R.; PEREIRA, V. M. R.; DANELICHEN, V. H. M.; MACHADO, N. G.; LOBO, F. A.; MUSIS, C. R.; BIUDES, M. S. Mudanças em índices biofísicos devido à alteração da cobertura do solo em área nativa de Cerrado em Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 152-159, 2015.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationships of drought frequency and duration to time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 8., 1993, Anaheim, CA. **Anais [...]**. Anaheim, CA, 1993. p. 233-236.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos i e ii: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 394-402, 2016.

NASCIMENTO, R. S.; BRITO, J. I. B. Modelo de vegetação potencial para a Região Nordeste decorrente da precipitação pluvial. **Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 511-519, 2007.

OLIVEIRA, G. S. **Consequências climáticas da substituição gradual da floresta tropical amazônica por pastagem degradada ou por plantação de soja: um estudo de modelagem**. 2008. 417 f. (INPE-15263-TDI/1346). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

OYAMA, M. D. **Consequências climáticas da mudança de vegetação no nordeste brasileiro: um estudo de modelagem**. 2002. 181 f. Tese (Doutorado em Meteorologia)

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002.
- PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Mudanças climáticas e cidades:** relatório especial do painel brasileiro de mudanças climáticas. Rio de Janeiro, Brasil, 2016.
- PALMER, W. C. **Meteorological drought.** Washington: U.S. Department of Commerce, 1965. 58p. (U.S. Department of Commerce. Research paper, 45).
- PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 4.0 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil.** Disponível em: [https://code.earthengine.google.com/?accept\\_repo=users/mapbiomas/user-toolkit](https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/mapbiomas/user-toolkit). Acesso em: 08 out. 2019.
- SALVADOR, M. A. Nota de pesquisa climap: aplicativo para análise de dados climáticos-versão 3.0. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017.
- SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.
- SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A.P.M.A.; RIBEIRO NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, p. 90-100, 2019.
- SHAFER, B.A.; DEZMAN, L.E. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In: PROCEEDINGS OF THE WESTERN SNOW CONFERENCE, 1982, Fort Collins, CO. **Anais [...]**. Fort Collins, CO, 1982. p. 164-175.
- SILVA, D. S. M. **Produção animal e emissões de gases de efeito estufa em pastos de capim-ipyborã e capim-mulato II no bioma Amazônia.** 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2018.
- SILVA, I. F.; GALVÍNCIO, J. D.; NÓBREGA, R. S. Impacto das mudanças climáticas nas respostas hidrológicas do rio Ipojuca (PE), parte 2: cenários de aumento de temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 2, p. 19-30, 2009.
- SOUZA, S. S. **Impactos climáticos regionais da mudança de vegetação no semi-árido do Nordeste brasileiro.** 2006. 209 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2006.
- SOUZA, D. C.; OYAMA, M. D. Climatic consequences of gradual desertification in the semi-arid area of Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 103, p. 345-357, 2011.
- SPINONI, J.; NAUMANN, G.; CARRAO, H.; BARBOSA, P.; VOGT, J. World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010. **International Journal of Climatology**, v. 34, p. 2792-2804, 2014.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do Semiárido.** 2017. Disponível em: <http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 08 out. 2019.
- TERRABRAILIS. **Dados geográficos gerados pelos projetos de monitoramento da vegetação nativa do instituto como o PRODES e o DETER. 2019.** Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/tag/terrabrasilis/>. Acesso em: 08 out. 2019.
- VALADÃO, C. E. A.; CARVALHO L. M. V.; LUCIO P. S.; CHAVES R. R. Impacts of the Madden-Julian oscillation on intraseasonal precipitation over northeast Brazil, **International Journal of Climatology**, n. 37, n. 4, p. 1859-1884, 2016.
- VIEIRA, R. M. S. P, CUNHA, A. P. M. A., ALVALÁ, R. C. S., CARVALHO, V. C., FERRAZ NETO, S., SESTINI, M. F. Land use and land cover map of a semi-arid Region of Brazil for meteorological and climatic models. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 129-138, 2013.
- TAYLOR, C. M.; LAMBIN, E. F.; STEPHENNE, N.; HARDING, R. J.; ESSERY, R. L. H. The influence of land use change on climate in the sahel. **Journal of Climate**, v. 15, p. 3615-3629, 2002.
- TWINE, T. E. Effects of land cover change on the energy and water balance of the

Mississippi river basin. **Journal of Hydrometeorology**, v. 5, p. 640-655, 2004.

WAGESHO, N.; GOEL, N.K.; JAIN, M.K. Investigation of non-stationarity in hydro-climatic variables at Rift Valley lakes basin of Ethiopia. **Journal of Hydrology**, v. 444-445, p. 113-133, 2012.

XUE, Y.; SHUKLA, J. The influence of land surface properties on Sahel climate, part I: desertification. **Journal of Climate**, v. 6, n. 12, p. 2232-2245, 1993.

XUE, Y.; JUANG, H-M. H.; LI, W.; PRINCE, S.; DEFRIES, R. S.; JIAO, Y.; VASIC, R. Role of land surface processes in monsoon development: East Asia and West Africa. **Journal of Geophysical Research**, v. 109, n. 3, 2004.

YANAGI, S. N. M.; COSTA, M. H. Modeling radiative transfer in tropical rainforest canopies: sensitivity of simulated albedo to canopy architectural and optical parameters. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 83, n. 4, p. 1231-1242, 2011.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 259, p. 254-271, 2002.





# ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DAS NUVENS CONVECTIVAS GERADORAS E NÃO GERADORAS DE DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS NO ESTADO DE ALAGOAS

Edson Matias dos Santos<sup>1</sup>

Humberto Alves Barbosa<sup>2</sup>

Leandro Rodrigo Macedo da Silva<sup>3</sup>

Luana dos Santos Ferreira<sup>4</sup>

## 1 Introdução

Os relâmpagos têm sido frequentemente estudados nas últimas décadas devido ao seu grande impacto no meio populacional, tais como perdas materiais e de vida. De acordo com Lang *et al.* (2017), o relâmpago é definido, conforme o glossário da The American Meteorological Society com sugestões do comitê de avaliação do Arquivo de Clima e Extremos Climáticos da OMM (Organização Mundial Meteorológica), como uma série de processos elétricos que ocorrem continuamente no qual as cargas elétricas são transferidas por canais entre centros de cargas de sinais opostos dentro de uma nuvem, entre uma nuvem e o solo, entre duas nuvens ou entre a nuvem e o ar.

As áreas mais atingidas por relâmpagos são as tropicais e subtropicais, já a distribuição de danos causadas à sociedade por este evento, não só varia com a densidade de relâmpagos, mas com a densidade populacional e o risco da exposição, sendo que o número de mortes e feridos por este fenômeno tem diminuído em países desenvolvidos, porém nos menos desenvolvidos não há diminuição devido à grande exposição de pessoas por meio de trabalho ao ar livre na agricultura familiar ou em pequena escala, entre outros fatores socioeconômicos (COOPER; HOLLE, 2019).

No globo terrestre, a cada segundo, ocorrem mais de 50 relâmpagos, em que essas descargas produzem ondas eletromagnéticas de baixa frequência, conhecidas como VLF (Very Low Frequency), que são emitidas para a atmosfera e se propagam através do guia de ondas da Terra-ionosfera (McMAHON *et al.*, 2016). Segundo Lang *et al.* (2017), um dos sistemas mais utilizados para detecção e monitoramento de relâmpagos é o VLF que é utilizado pela World Wide Lightning Location Network (WWLLN), uma rede de detecção de descargas atmosféricas que foi criada pelo professor Robert Holzworth, onde conta com um acervo de dados de 2004 até o presente momento. Os dados são disponibilizados a cada 10 minutos para a central da Universidade de Washington via internet e para as demais estações da rede WWLLN, diariamente.

---

1 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: edsonmtss@gmail.com.

2 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: barbosa33@gmail.com.

3 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: macedo.leandror@gmail.com.

4 Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: luaferreira0211@gmail.com.

De acordo com os dados da BrasilDAT (Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas) operada com exclusividade pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do INPE, o estado de Alagoas ocupa o vigésimo terceiro lugar, com média de 100.000 relâmpagos anuais, no ranking de incidência anual de relâmpagos por estado, no Brasil. Apesar de Alagoas estar tão abaixo neste ranking, de 2000 a 2009, foram registradas 10 mortes por descargas elétricas atmosféricas segundo o ELAT/INPE, sendo que só entre fevereiro e março de 2008 ocorreram 5 mortes de acordo com Brito *et al.* (2011).

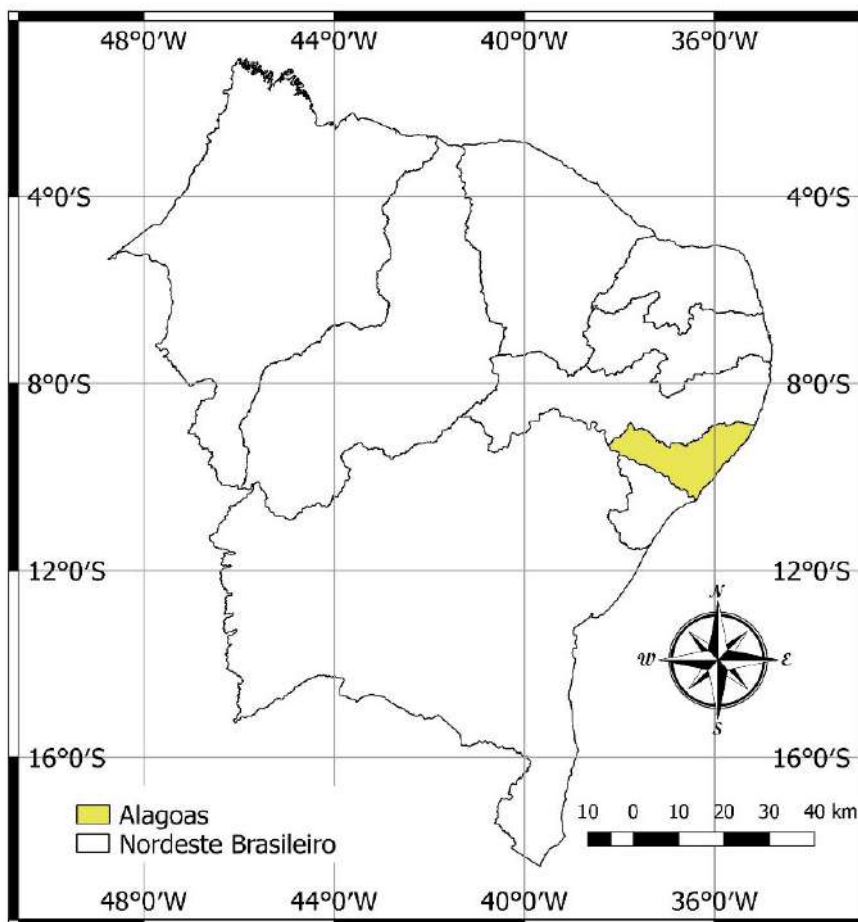
Entretanto, há pouquíssimos estudos sobre relâmpagos no estado de Alagoas, acarretando numa carência de entendimento destes fenômenos nesta área, dificultando o monitoramento e previsão dos mesmos.

O artigo tem por objetivo principal analisar as diferenças entre nuvens convectivas geradoras e não geradoras de relâmpagos no estado de Alagoas através dos dados do satélite Meteosat no ano de 2016.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Área de estudo

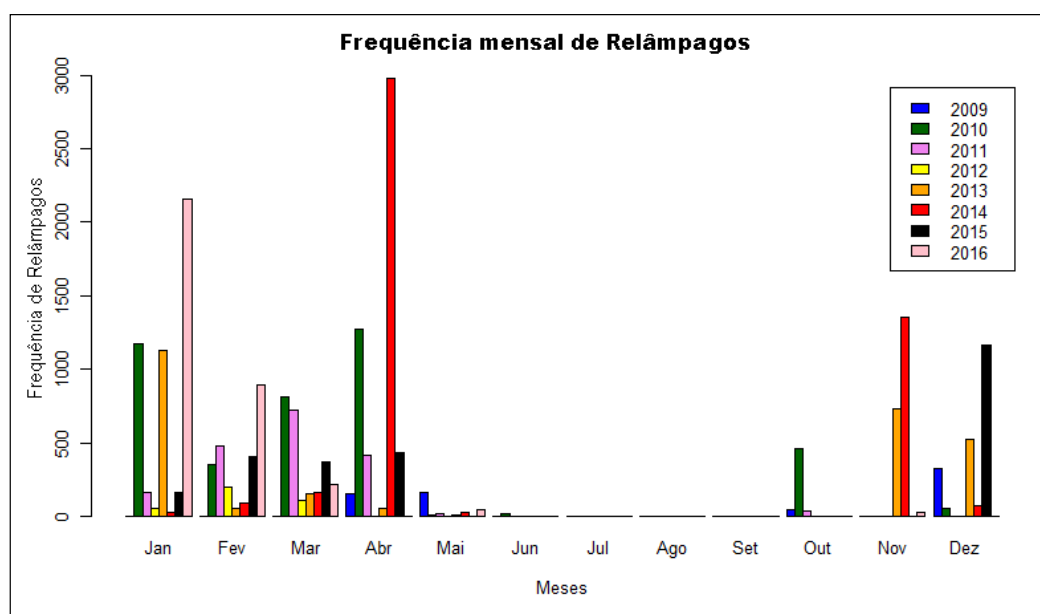
O Estado de Alagoas ocupa uma área de 27.848,140 km<sup>2</sup>. Segundo o IBGE (2017), possui uma população de 3 358 963 habitantes e localiza-se no nordeste do Brasil entre as longitudes de 35° 9' 7.2" W a 38° 14' 15.36" W e latitudes de 8° 48' 47.268" S a 10° 30' 4.32" S.



**Figura 1.** Mapa da Região Nordeste do Brasil (NEB) e em destaque o Estado de Alagoas.

Segundo Brito *et al.* (2011), no nordeste brasileiro os principais sistemas que determinam o tempo são: Zona de Convergência Intertropical (FRANK, 1983 *apud* BRITO *et al.*, 2001; UVO; NOBRE, 1989 *apud* BRITO *et al.*, 2001; XAVIER *et al.*, 2000 *apud* BRITO *et al.*, 2011), Ventos Alísios e Perturbações Ondulatórias no Campo dos Alísios (MOLION; BERNARDO, 2000 *apud* BRITO *et al.*, 2001), Subtropical, Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (KOUSKY; GAN, 1981 *apud* BRITO *et al.*, 2001; RAMIREZ, 1996 *apud* BRITO *et al.*, 2001), Vórtices Ciclônicos em Médios Níveis (ANJOS, 1995 *apud* BRITO *et al.*, 2001; FEDOROVA *et al.*, 2006 *apud* BRITO *et al.*, 2001), Zonas Frontais (KOUSKY, 1979 *apud* BRITO *et al.*, 2001; SATYAMURTY *et al.*, 1998 *apud* BRITO *et al.*, 2001), Ondas de Leste (CHAN, 1990 *apud* BRITO *et al.*, 2001; MOTA; GANDU, 1998 *apud* BRITO *et al.*, 2001), Alta da Bolívia, Zona de Convergência do Atlântico Sul (QUADRO, 1994 *apud* BRITO *et al.*, 2001; SATYAMURTY *et al.*, 1998 *apud* BRITO *et al.*, 2001), Linhas de Instabilidade (COHEN, 1989 *apud* BRITO *et al.*, 2001) e Complexos Convectivos de Mesoescala (REEDER; SMITH, 1998 *apud* BRITO *et al.*, 2001; VELTISHEV, 1990 *apud* BRITO *et al.*, 2001).

Alagoas possui maior frequência de relâmpagos de janeiro a abril e nos meses de novembro e dezembro, como pode ser visto na Figura 2. A estação do verão é um tanto quanto semelhante ao outono, em relação à frequência de relâmpagos, já o inverno e a primavera apresentaram pouquíssimas descargas elétricas atmosféricas.

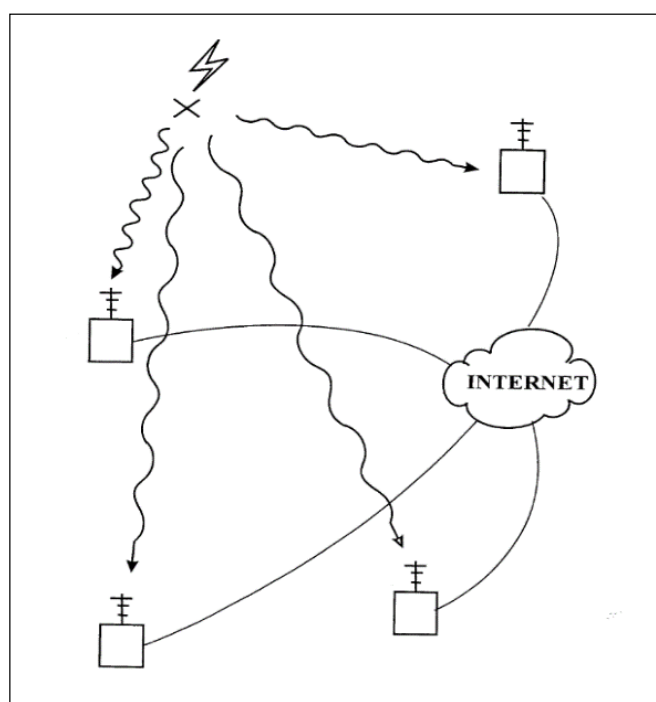


**Figura 2.** Frequência de descargas elétricas atmosféricas obtida através dos dados da World Wide Lightning Location Network, entre o período de maio de 2009 a dezembro de 2016 para Alagoas.

## 2.2 Dados de localização de Relâmpagos

As descargas elétricas atmosféricas produzem radiação eletromagnética em várias frequências, parte dessas ondas são produzidas na frequência de rádio conhecida como VLF (Very Low Frequency - que varia de 3 – 30 kHz) e conseguem viajar a longa distância através do guia de onda formado entre a terra e a ionosfera que refletem essas ondas com pouca perda de sinal (McMAHON *et al.*, 2016). Os pulsos de energia de muito baixa frequência produzidos pelas descargas são denominados de sinal rádio atmosférico ou "Sferics" e é através desses pulsos que é possível determinar a localização destas descargas. A WWLLN é uma rede de monitoramento de relâmpagos, onde cada estação mede os sinais (Sferics). Quando o valor deste sinal excede certo limiar, envia este tempo de chegada em cada estação para a central, que utiliza o método TOGA (Lightning Location by Time of Group

Arrival) descrito por Dowden, Brudell e Rodger (2002), que se baseia no método TOA (Time of Arrival), sendo um aprimoramento para redes do tipo VLF utilizando a diferença de tempo dos pulsos eletromagnéticos gerados pelas descargas atmosféricas, ao chegarem nas estações que conseguirem detectar. Porém, levando em conta a velocidade de grupo da onda, agrupando em pares as estações e se 4 ou mais estações receberam o sinal da mesma descarga, é calculada a localização do relâmpago. Esta rede de monitoramento conta com 40 estações operando na faixa de 1 a 24 kHz, sendo compostas por uma Unidade de Serviço (SU), Pré-amplificador (PA), uma antena GPS e um cabo coaxial de 15 metros, uma antena de rádio de baixa frequência, placa de som Audigy e acesso à rede de internet para disponibilização dos dados para a central. A precisão da localização desta rede é de aproximadamente 10 km (RODGER *et al.*, 2009; RUDLOSKY; SHEA, 2013).



Fonte: Dowden e Brudell (2000).

**Figura 3.** Esquema de recepção dos dados das estações para localização da descarga, em que é simulado o sinal emitido por um relâmpago que acaba sendo detectado pelas estações próximas e enviado através da internet para uma central.

Os dados que serão utilizados são do ano de 2016, isto porque foi o ano mais recente que possuímos os dados para cada dia sem nenhuma falha. Estes dados contêm informações das descargas detectadas a partir do sistema de rede de monitoramento WWLLN. Tais dados são padronizados conforme estrutura descrita a seguir:

- Os arquivos possuem a extensão (.loc) e são armazenados como arquivo de texto ASCII, separados por vírgula;
- A nomenclatura do arquivo segue o padrão, (A\*\*\*\*\*.loc). Os asteriscos indicam a data na qual foi realizada a obtenção do arquivo (ex: A20100905.loc);
- O arquivo é estruturado por meio de seis colunas de dados, as quais são separadas pela vírgula;
- Na primeira coluna encontramos a data no formato: Ano/Mês/Dia. Na segunda coluna encontramos o instante em que ocorreu a descarga atmosférica no formato: Hora:Minuto:Segundo;

- A terceira e a quarta coluna contém a localização geográfica e indicam a latitude e a longitude do relâmpago detectado;
- Na quinta coluna está o erro de ajuste residual em microssegundos (sempre menor que 30 microssegundos) calculado pelo sistema TOGA para determinar da localização do relâmpago detectado;
- Na última coluna se tem a quantidade de estações que detectaram a descarga atmosférica (sempre maior que 5).

**Tabela 1.** Um exemplo do arquivo de localização de relâmpagos. O registro obtido em 03 de janeiro de 2016 apresenta descargas que foram observadas simultaneamente por diferentes estações. As colunas mostram a data, horário, localização geográfica, erro residual e o número de estações que detectaram a descarga atmosférica.

03/01/2016	00:00:00.039216	28.9039	-137.258	12.3	7
03/01/2016	00:00:00.052136	28.9097	-137.243	11.2	8
03/01/2016	00:00:00.585477	6.632	-73.2042	12	10
03/01/2016	00:00:00.585562	6.9105	-73.1572	1.9	5
03/01/2016	00:00:00.683626	6.6719	-73.2298	7.5	8
...	...	...	...	...	...

### 2.3 Dados do MSG

Os dados de satélites que foram usados neste trabalho são do MSG (Meteosat Second Generation) que possui o sensor SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) com 3 canais solares, 8 canais térmicos infravermelhos e um canal visível de banda larga com alta resolução, como descritos na Tabela 2. Os canais de banda estreita possuem uma resolução de 3 km, já o de banda larga possui resolução de 1 km. (TARAVAT *et al.*, 2015; SCHMETZ *et al.*, 2002).

**Tabela 2.** Características do canal espectral de SEVIRI, com os comprimentos de onda central, mínimo e máximo dos canais e se o canal é um canal de absorção ou de janela atmosférica. Fonte: SCHMETZ *et al.* (2002).

Número do Canal		Características da Banda Espectral ( $\mu\text{m}$ )			Principal Absorvedor gasoso ou Janela Atmosférica
		$\lambda$ cen	$\lambda$ min	$\lambda$ max	
1	VIS0.6	0.635	0.56	0.71	Janela Atmosférica
2	VIS0.8	0.81	0.74	0.88	Janela Atmosférica
3	NIR1.6	1.64	1.50	1.78	Janela Atmosférica
4	IR3.9	3.90	3.48	4.36	Janela Atmosférica
5	WV6.2	6.25	5.35	7.15	Vapor d'água
6	WV7.3	7.35	6.85	7.85	Vapor d'água
7	IR8.7	8.70	8.30	9.10	Janela Atmosférica
8	IR9.7	9.66	9.38	9.94	Ozônio
9	IR 10.8	10.80	9.80	11.80	Janela Atmosférica
10	IR 12.0	12.00	11.00	13.00	Janela Atmosférica
11	IR13.4	13.40	12.40	14.40	Dióxido de Carbono
12	HRV	Banda Larga(cerca de 0.4 - 1.1)			Janela Atmosférica / Vapor d'água

De acordo com Schmetz *et al.* (2002), através desses canais é possível observar algumas características das nuvens como:

- VIS0.6 e VIS0.8: Detecção e identificação de nuvens, aerossol e monitoramento da superfície e vegetação;
- NIR1.6: Diferenciar nuvens de neve, gelo e água, fornecendo informações também sobre os aerossóis;
- IR3.9: Identificação de nuvens baixas e de neblina. Além de também dar suporte na estimativa da temperatura da terra e mar;
- WV6.2 e WV7.3: Observação do vapor de água e do vento;
- IR8.7: Fornece informações sobre nuvens cirrus e dá suporte na diferenciação das nuvens de água e gelo;
- IR9.7: Auxilia no monitoramento do Ozônio;
- IR10.8 e IR12.0: Ótimo para medidas da temperatura da superfície do mar e da terra, além da temperatura de topo de nuvem. Auxilia ainda na detecção de nuvens cirrus e nuvens de cinzas vulcânicas;
- IR13.4: Auxilia na estimativa da temperatura em baixa troposfera em áreas de céu limpo;

Estes dados foram obtidos através do Earth Observation Portal (<https://eoportal.eumetsat.int/userMgmt/login.faces>) e possuem resolução temporal de 15 min e se encontram no formato HRIT (High Rate Information Transmission).

## 2.4 Softwares, bibliotecas e linguagens de programação utilizadas

Python é uma linguagem de programação de alto nível, orientada a objetos e de código aberto. Segundo Magnum (2014) esta linguagem foi lançada em 1991 por seu criador Guido Van Rasmus, atualmente é gerenciada pela Python Software Foundation, uma organização sem fins lucrativos. O nome Python se originou de um programa de comédia britânica chamada Monty Python. Esta linguagem tem uma biblioteca interna vasta, isto a torna bem relevante no tratamento de dados e por este motivo é bastante usada no meio científico, além de possuir seu desenvolvimento comunitário, o que possibilita a criação de várias bibliotecas criadas por diferentes desenvolvedores, tornando ainda mais fácil o seu uso. Por essa imensidão de utilidades, esta linguagem é bastante utilizada em ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), dispondo de uma gama de bibliotecas para análise, uso e edição de dados georreferenciados.

GDAL é uma biblioteca que possui um conjunto de ferramentas para tratamento de dados SIG, é executado através de linhas de comandos, sendo muito utilizado em softwares de geoprocessamento pelos seus recursos avançados. Nesta sua biblioteca também é encontrada a OGR, outra biblioteca, open source, escrita em C++ que oferece ferramentas para tratamento de dados vetoriais.

Software "R" (A Language and Environment for Statistical Computing) é uma linguagem de programação voltada para estatística e geração de gráficos desenvolvido nos Laboratórios Bell (anteriormente AT&T, agora Lucent Technologies) (R CORE TEAM, 2018).

QGIS é um software SIG, open source, que disponibiliza ferramentas para criação, edição e análise de dados georreferenciados. Possui suporte para integração de plugins desenvolvidos em C++ ou Python, tornando ainda mais vasta a sua biblioteca de ferramentas.

## 2.5 Seleção dos dias para análise

- Dias convectivos com relâmpagos:

A seleção foi feita através da frequência de relâmpagos diária para Alagoas. Esta frequência foi obtida através de um algoritmo na linguagem Python. Em primeiro

momento é feita a leitura do dado bruto e para diminuição do uso de recurso computacional, otimizando o fluxo de dados durante o processo, é feita uma filtragem horária e também por extensão através de um retângulo envolvente da área de estudo, compreendido entre as latitudes 8° 48' 0" S e 10° 32' 24" S e entre as longitudes 35° 6' 36" W e 38° 16' 12" W, eliminando qualquer dado fora desta área. Após a filtragem, os dados são salvos em tabela no formato CSV (Comma-separated values), em que posteriormente serão convertidos através da biblioteca OSGEO para o formato ESRI Shapefile. A partir destes arquivos, é feito um corte utilizando um Shapefile da área de estudo por meio da biblioteca Ogr2ogr, obtendo assim os dados unicamente dentro da área estudada, fazendo a contagem de relâmpagos detectados naquele dia processado e salvando em uma tabela no formato CSV contendo o dia, mês, ano e a frequência de relâmpagos para o dia processado. Escolheu-se apenas os dias em que houve incidência de relâmpagos em Alagoas. Ao total foram escolhidos 35 casos.

- Dias convectivos sem relâmpagos:

Para a seleção dos dias convectivos sem relâmpagos foram utilizados os dados do canal Infravermelho 10.8 do Meteosat através do acervo de imagens do CPTEC/INPE (<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/meteosat.formulario.logic?i=br>). A identificação desses dias convectivos foi feita através da metodologia de caracterização das nuvens descrita por Fedorova (2008) observando o brilho e textura das nuvens, onde as nuvens convectivas possuem brilho cinza claro ou branco e textura granulosa e filamentosa. Foram analisados dia a dia do ano de 2016, excluindo da análise os dias em que foram caracterizados com relâmpagos. Sendo assim, foram identificados 31 casos.

## 2.6 Parâmetros para análise

Para análise foram considerados dois fatores físicos das nuvens analisadas, a profundidade da convecção que nos indica o desenvolvimento vertical da nuvem e a formação de gelo no topo da nuvem, fator físico importante para eletrização das mesmas. Para análise de tais fatores foram considerados os seguintes indicativos:

- Profundidade da convecção:

Machado *et al.* (2007) em seu estudo teve como objetivo testar a hipótese de que a diferença entre o canal de vapor d'água e o infravermelho, como indicador de nuvens convectivas, está relacionado a ocorrência de relâmpagos nuvem-solo no estado de São Paulo. Para tal, fez-se uso do estudo de Schmetz *et al.* (1997), que sugeriu que a diferença entre os canais de vapor d'água e Infravermelho é comumente negativa devido à baixa absorção do Infravermelho (Janela Atmosférica) e a grande absorção do canal do Vapor d'água, exceto quando as nuvens ultrapassam a tropopausa umedecendo a estratosfera e dessa forma teremos diferenças positivas entre esses dois canais. Como resultado, Machado *et al.* (2007), sugere que a diferença desses canais acima de -15K está associada a nuvens com convecção profunda próximas a tropopausas ou a topo de nuvens que penetraram a estratosfera.

Então, para análise da profundidade de convecção das nuvens neste estudo, considerou-se as diferenças entre o canal de Vapor d'água (6.2  $\mu\text{m}$ ) e o infravermelho (10.8  $\mu\text{m}$ ) do Meteosat, levando-se em conta o indicador de -15K sugerido por Machado *et al.* (2007).

- **Formação de Gelo no topo da nuvem:**

Um dos fatores importantes para a eletrização das nuvens é a presença de gelo formada em seu topo. Da Silva Neto, Barbosa e Beneti (2016) considerou, em seu estudo para determinar nuvens com topos formados apenas com cristais de gelo valores abaixo de um limiar de 233K da temperatura de brilho do canal 10.8 do Meteosat, considerando este valor seguro para tal. Matthee e Mecikalski (2013) fez um estudo para determinação de limiares dos valores dos canais do MSG e da diferença entre alguns deles para nuvens com relâmpagos nuvem-solo e para nuvens que não produziram relâmpagos. Um dos parâmetros analisados foi a diferença entre os canais infravermelho do 8.7  $\mu\text{m}$  e 10.8  $\mu\text{m}$  que indicam formação de gelo no topo da nuvem para valores, da diferença destes canais, maiores que 0 K.

Para analisar a formação de gelo no topo da nuvem, foram então adotados esses dois limiares: temperaturas de brilho abaixo de 233K e valores positivos da diferença entre o canal infravermelho 8.7  $\mu\text{m}$  e 10.8  $\mu\text{m}$ .

## 2.7 Processamento dos dados

Para leitura e processamento dos dados do MSG é necessária a conversão do formato HRIT para um conhecido, lido de maneira fácil por linguagens de programação e softwares SIG (Sistema de informação geográfica). Desse modo, foram convertidos para o formato GeoTiff através da biblioteca GDAL todos os dados dos dias convectivos selecionados com e sem relâmpagos, posteriormente foi feito o recorte para área de interesse, utilizando um Shapefile do estado de Alagoas, através da biblioteca Ogr2ogr. Os dados aqui mencionados são dos canais do Infravermelho 8.7  $\mu\text{m}$  e 10.8  $\mu\text{m}$  e do vapor d'água 6.2  $\mu\text{m}$ . Então foi calculada, utilizando o GDAL, a diferença entre os canais (8.7  $\mu\text{m}$  - 10.8  $\mu\text{m}$  e 6.2  $\mu\text{m}$  - 10.8  $\mu\text{m}$ ), gerando assim um novo arquivo GeoTiff contendo o valor resultante dessas diferenças para cada dado processado. Quanto aos dados de localização de relâmpagos foi feita a conversão do formato de texto ASCII para o formato de Shapefile de pontos, sendo assim, os dados foram gerados para uma frequência de 15 em 15 minutos no intuito de haver alinhamento com a resolução temporal dos dados do MSG. Cada dado deste possui a localização dos relâmpagos que ocorreram nos últimos 15 minutos até a hora e minuto que o dado representa.

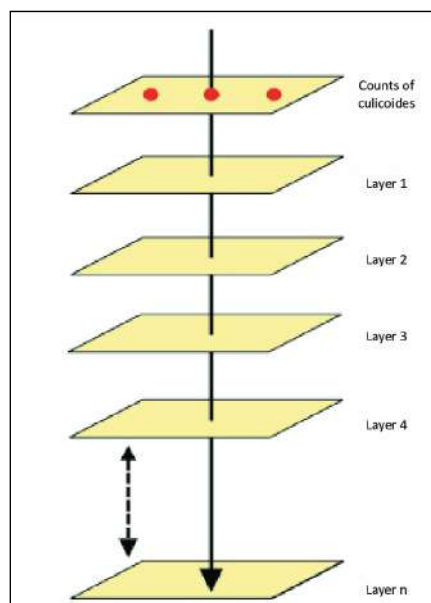
Através da linguagem de programação Python, os dados do MSG para os dias sem relâmpagos foram filtrados para cada horário da seguinte forma:

- IR 8.7  $\mu\text{m}$  – IR 10.8  $\mu\text{m}$ : Valores maiores que 0 K;
- WV 6.2  $\mu\text{m}$  - IR 10.8  $\mu\text{m}$ : Valores maiores que -15 K;
- IR 10.8  $\mu\text{m}$ : Valores menores que 233 K;

Posteriormente, os dados filtrados foram armazenados em arquivos no formato CSV contendo a data e todos os dados filtrados dos horários para aquele dia.

Para os dias com relâmpagos, os dados obtidos tanto do canal IR 10.8  $\mu\text{m}$  quanto das diferenças se deram através da extração dos valores do pixel por meio dos Shapefile de pontos da localização de relâmpagos, utilizando a linguagem Python, como ilustrado na Figura 4. Desta forma, foram geradas tabelas no formato CSV com a data e os valores dos dados aqui analisados que fazem intersecção com a localização do relâmpago para o mesmo dia e horário.



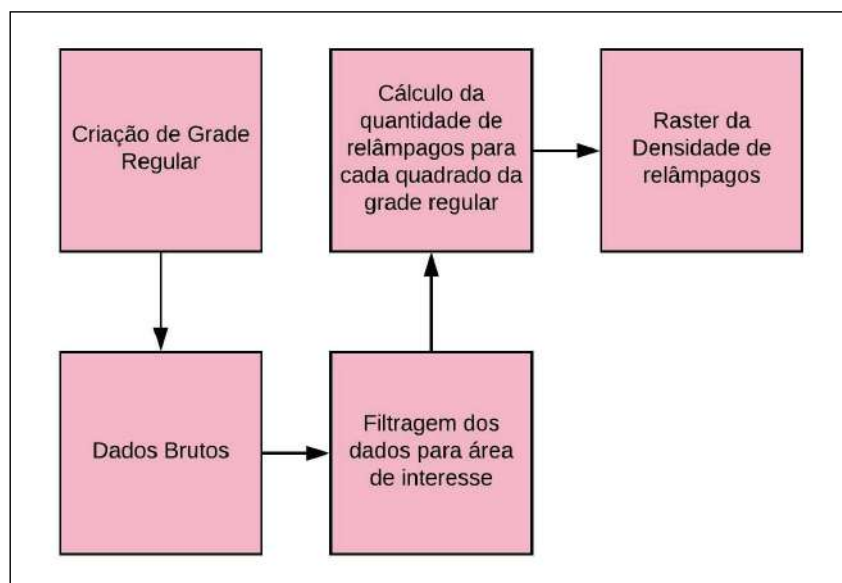


Fonte: Eksteen e Breetzke (2011).

**Figura 4.** Exemplo de como funciona a extração dos valores das camadas (Em amarelo) de um arquivo raster através de pontos georreferenciados (Em vermelho).

No presente trabalho também foi feito um estudo de caso voltado para uma análise espacial de um horário em um dia convectivo com relâmpagos. A escolha do caso se deu usado o seguinte critério: O horário com maior frequência de relâmpago no dia com mais ocorrência de descargas no período aqui analisados. Desta forma buscando ser um melhor caso representativo para análise de nebulosidade geradora de relâmpagos.

Para esta análise foi utilizado também a densidade de relâmpagos, obtida como mostrado no fluxograma da Figura 5 e descrito a seguir: Através do software QGIS foi feito a criação de um arquivo no formato ESRI Shapefile do tipo grade regular, com cada quadrado medindo 1 x 1 km (isto define a resolução do arquivo final, sendo o tamanho do pixel do raster). Posteriormente as coordenadas geográficas do arquivo shapefile construído, foram extraídas e armazenadas em um arquivo de texto contendo as latitudes e longitudes, máximas e mínimas, que descrevem cada quadrado da grade regular gerada. Criou-se então um algoritmo, na linguagem Python, pelo qual fez-se acesso aos dados brutos da localização de relâmpagos e se realizou uma filtragem por latitude e longitude na área de interesse delimitada pelas coordenadas geográficas (6°00' a 37°00'S e 33°00' a 75°00'O). Esta etapa teve a finalidade de otimizar o processamento ao diminuir a quantidade de dados manejados, no término, um novo arquivo de dados menor e com formato ajustado é produzido. A partir das coordenadas geográficas de cada quadrado da grade regular gerada pelo QGIS, calculou-se a quantidade total de relâmpagos por quadrado da grade. Para isso foi realizada uma filtragem a partir das coordenadas das descargas atmosféricas detectadas no arquivo de dados ajustado na etapa anterior. Assim um novo arquivo matricial, no formato ASCII Gridded XYZ é produzido. Ele contém as coordenadas do centro do quadrado na grade regular e a quantidade de relâmpagos em seu interior, obtendo-se, desta maneira, a densidade de relâmpagos.

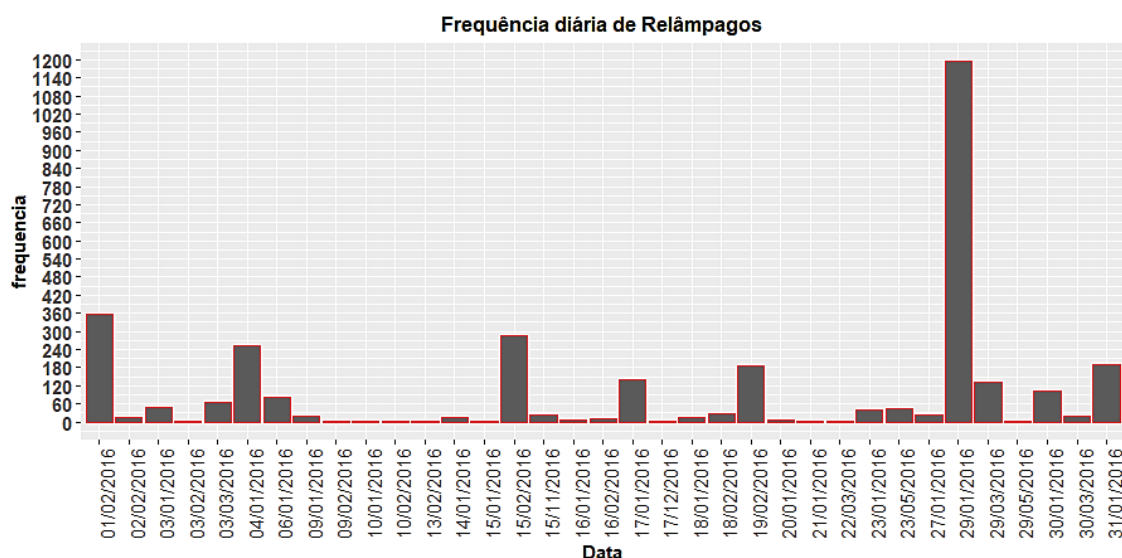


**Figura 5.** Fluxograma de resumo da metodologia para geração da densidade de relâmpagos.

Para plotagem dos gráficos foi utilizado a biblioteca ggplot2 do software R, sendo usado como dados as tabelas geradas anteriormente e para a criação dos gráficos foi utilizado o software QGIS.

### 3 Resultados e discussões

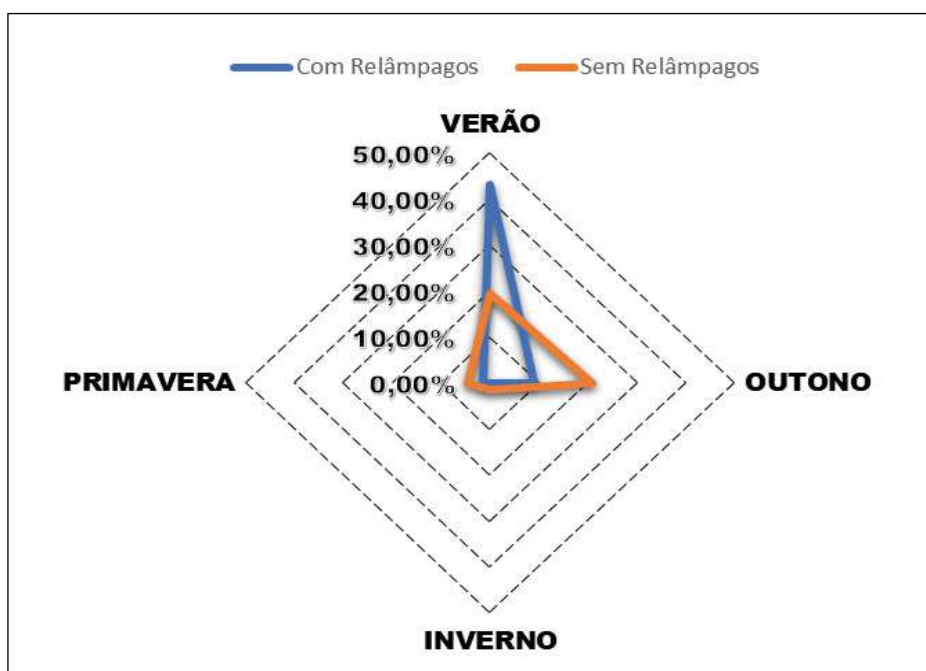
Na Figura 6 é observada a quantidade diária de relâmpagos detectados pela rede WWLLN no ano de 2016 no estado de Alagoas. Pode-se destacar para o dia 29 de janeiro de 2016, que apresenta maior quantidade diária de relâmpagos para o ano em análise. Com 1193 relâmpagos detectados pela rede, este dia tem grande discrepância em relação aos demais, principalmente por haver dias em que foram detectados apenas 1 relâmpago, como é o caso dos dias 21 de janeiro, 10 de fevereiro e 22 de março.



**Figura 6.** Gráfico da frequência diária de relâmpagos em Alagoas para os casos selecionados no ano

de 2016.

Na Figura 7 é observada a distribuição, em relação às estações do ano, dos casos de dias com nuvens convectivas selecionados neste estudo. Nota-se que tanto os dias com incidência de relâmpagos, quanto os dias que não houveram, ocorreram em sua maioria no verão e outono, principalmente os dias sem relâmpagos que mostram semelhança na distribuição entre essas duas estações, diferentemente dos dias com relâmpagos que em sua maioria ocorreram no verão. Fenômenos como VCAN (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis), ZCIT e Cavados béricos são comuns nestas estações do ano no NEB (CORDEIRO, 2014). Esses sistemas sinóticos favorecem a formação de nuvens convectivas na região. O VCAN na região do NEB possui uma estrutura dinâmica onde em seu centro temos movimentos subsidentes e, na sua extremidade, movimentos ascendentes que favorecem a formação de nuvens cumulonimbus (KOUSKY; GAN, 1981). A Zona de Convergência Intertropical é uma banda de nebulosidade convectiva na zona equatorial formada pela confluência dos alísios. Parte dessa nebulosidade pode se desprender e atingir o estado de Alagoas (SILVA *et al.*, 2011). Cavados béricos se trata de uma área de baixa pressão, estando associado a sistemas adversos. Estes cavados são observados durante todo o ano, e quando associados ao VCAN podem modificar a estrutura desse, intensificando as correntes ascendentes, aumentando o fluxo de umidade e favorecendo assim a formação de nuvens convectivas (RODRIGUES; FEDOROVA; LEVIT, 2006b; RODRIGUES; FEDOROVA; LEVIT, 2006a).



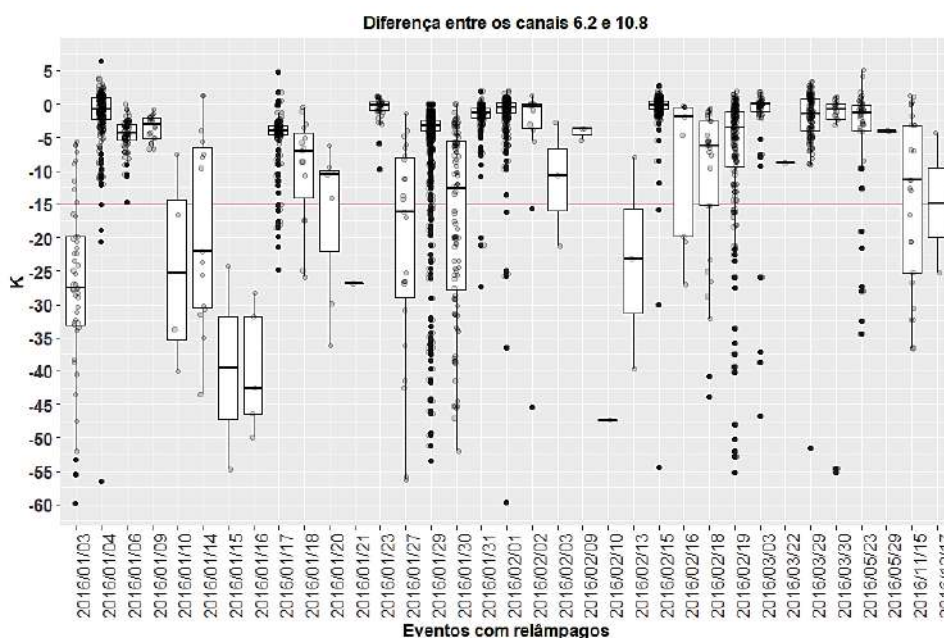
**Figura 7.** Distribuição dos dias selecionados com convecção no ano de 2016 em Alagoas, que apresentam ou não a incidência de relâmpagos, distribuídos nas estações: Verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), Outono (Março, Abril e Maio), Inverno (Junho, Julho e Agosto) e Primavera (Setembro, Outubro e Novembro).

### 3.1 Dias com relâmpagos

#### 3.1.1 Análise da profundidade de convecção

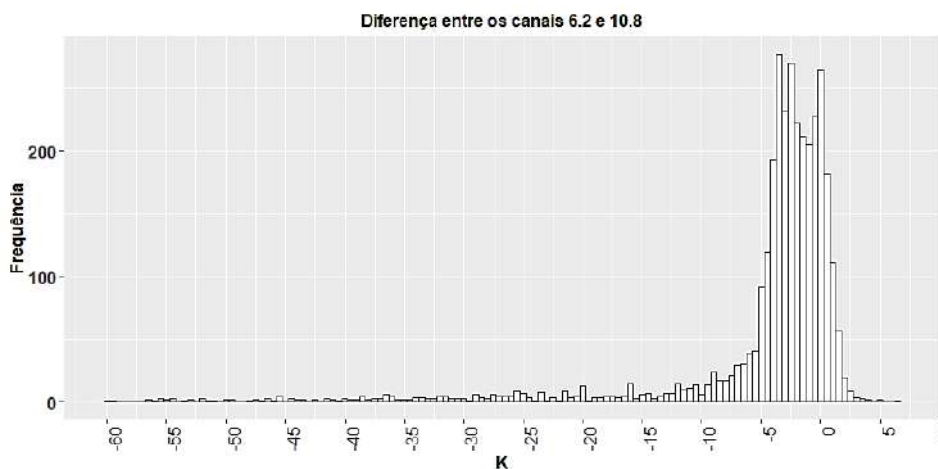
Observa-se na Figura 8 que houveram, nos dias analisados, casos com valores menores que -15 K da diferença entre os canais 6.2 e 10.8 do Meteosat, como por exemplo os dias 15, 16 e 21 de janeiro e o dia 10 de fevereiro que apresentaram apenas valores

abaixo do limiar, apesar de que apenas 1-5 descargas foram detectadas nestes dias. O valor máximo obtido nos resultados ocorreu no dia 4 de janeiro com a diferença de 6,5 K, já o mínimo, de -59,9 K, ocorreu no dia 3 de janeiro. A maioria dos dias analisados tem a maior parte de seus dados distribuídos acima de -15 K, mostrando grande convecção nestes dias com possível entrada do topo da nuvem próximo ou acima da tropopausa.



**Figura 8.** Gráfico da distribuição dos dados da diferença entre o canal 6.2 e 10.8 do MSG em Kelvin (eixo das ordenadas) para os casos dos dias convectivos com relâmpagos no ano de 2016. Pontos pretos – todos os dados extraídos para cada dia que foi selecionado (eixo das abscissas). Linha vermelha – Limiar de -15 K (MACHADO *et al.*, 2007).

A Figura 9 corrobora com os resultados de Machado *et al.* (2007), pois a maior parte dos relâmpagos ocorreu quando as nuvens apresentaram diferença da temperatura de brilho (6.2 – 10.8) maiores que -15 K, sendo que podemos refinar mais ainda neste caso, para um intervalo entre -5K e 1,5K. Dessa forma quanto mais profunda a nuvem, ou seja, quanto maior o seu desenvolvimento vertical, maior é a chance de ocorrer o relâmpago.

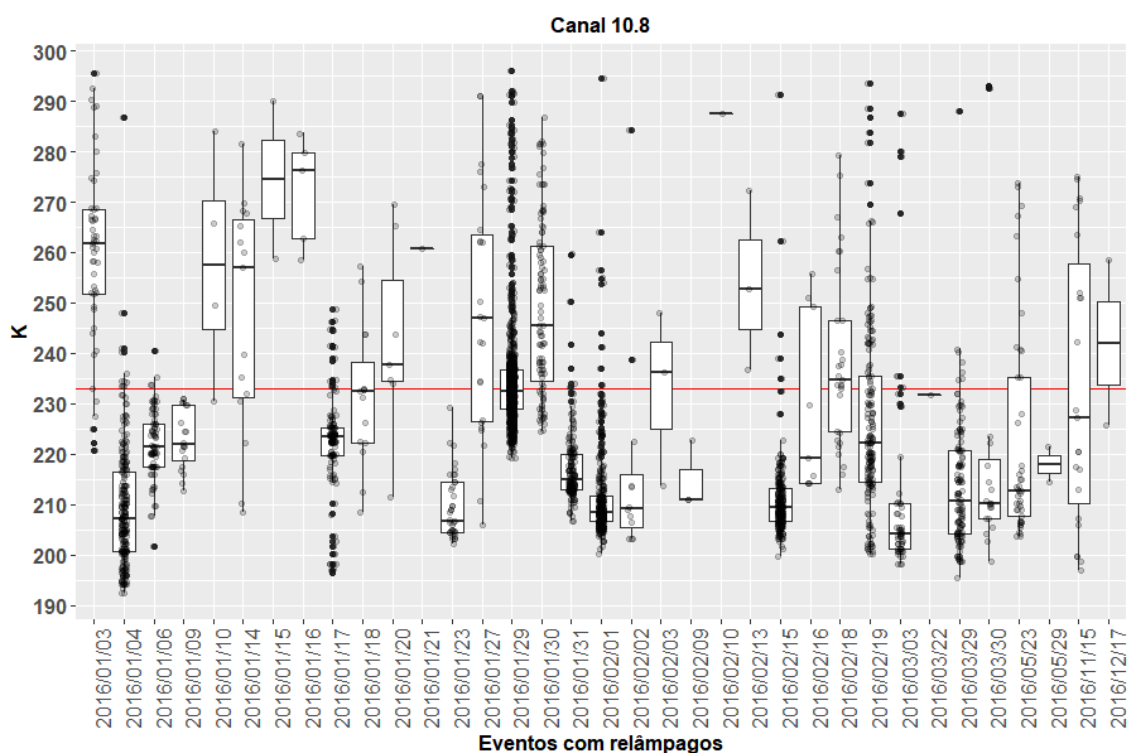


**Figura 9.** Histograma da distribuição da frequência da diferença de temperatura de brilho entre os

canais 6.2 e 10.8 do Meteosat para os eventos dos dias que ocorreram relâmpagos.

### 3.1.2 Análise da formação de gelo no topo da nuvem

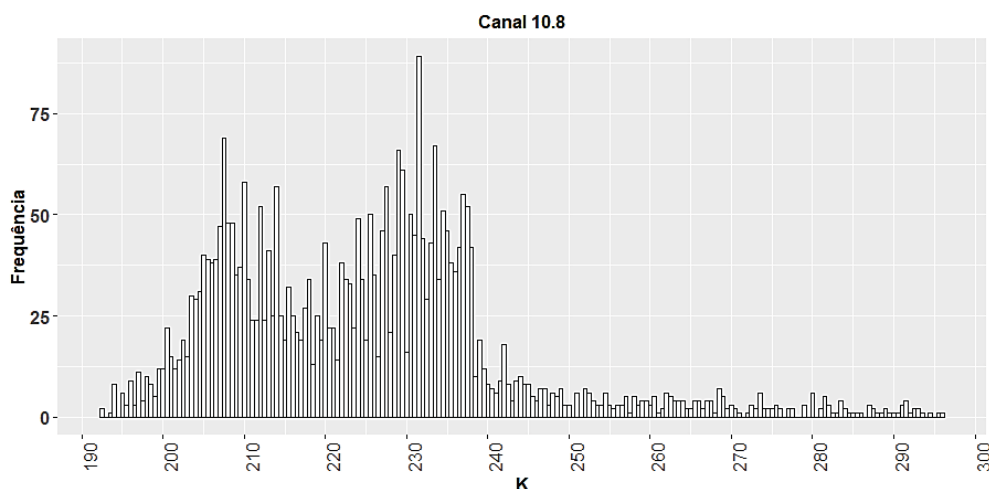
Na Figura 10, observa-se que houve eventos de relâmpagos com temperaturas de brilho do canal IR 10.8 acima dos limiares 233K, como no dia 03 de janeiro, no qual maior parte dos dados se localizam acima do limiar estabelecido por Da Silva Neto, Barbosa, Beneti (2016). Já no dia 29 de janeiro, em que ocorreu a maior frequência de relâmpagos em 2016, houve casos tanto acima quanto abaixo do limiar de 233k. O maior valor encontrado é no dia 29 de janeiro, com 296 K, e o menor valor no dia 04 de janeiro, com 192 K.



**Figura 10.** Gráfico da distribuição dos dados do canal 10.8 do MSG em Kelvin (eixo das ordenadas) para os casos dos dias convectivos com relâmpagos no ano de 2016. Pontos pretos – todos os dados extraídos para cada dia que foi selecionado (eixo das abscissas). Linha vermelha – Limiar de 233K (DA SILVA NETO; BARBOSA; BENETI, 2016).

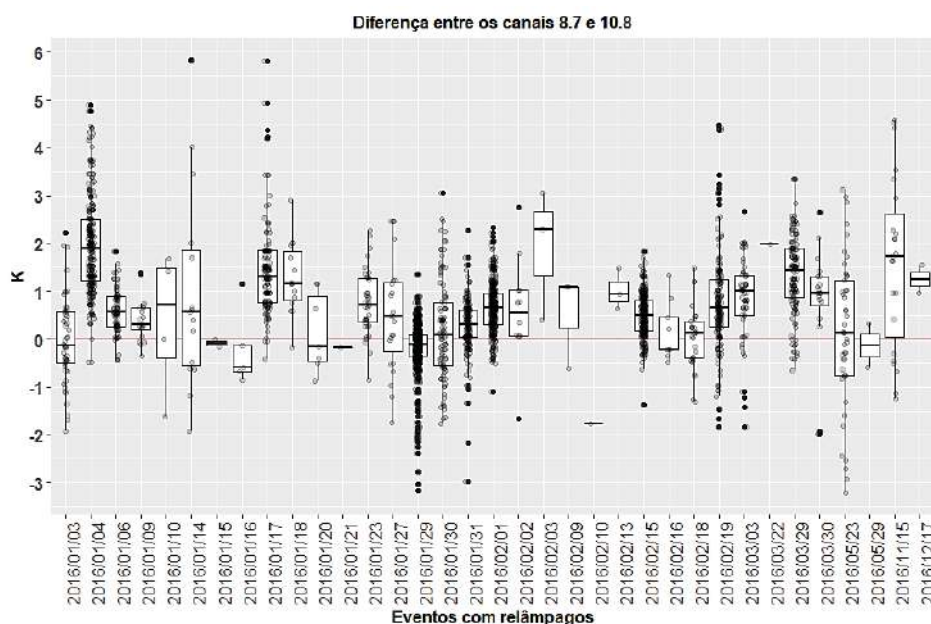
Analisando a distribuição de frequência desses dados no histograma da Figura 11, nota-se que a maior parte dos eventos ocorreu com temperatura de brilho do topo da nuvem entre 200 K e 240 K, tendo dois picos de frequência, um com eventos próximos de 215,5 K e outro com eventos próximos a 231 K. Segundo Da Silva Neto, Barbosa, Beneti (2016), gotas super-resfriadas são encontradas em nuvens com temperatura de brilho abaixo de 240 K, isso significa que a maior parte dos relâmpagos neste estudo ocorreu em nuvens não só com topos formadas por cristais de gelos como também por gotas super-resfriadas. A presença

de água super-resfriada é muito importante para a transferência de cargas dentro da nuvem, visto que sem ela há uma diminuição dessa eletrização (ZHANG; ZHANG; ZHOU, 2014).



**Figura 11.** Histograma da distribuição da frequência da temperatura de brilho do canal infravermelho 10.8 do Meteosat para os eventos dos dias que ocorreram relâmpagos.

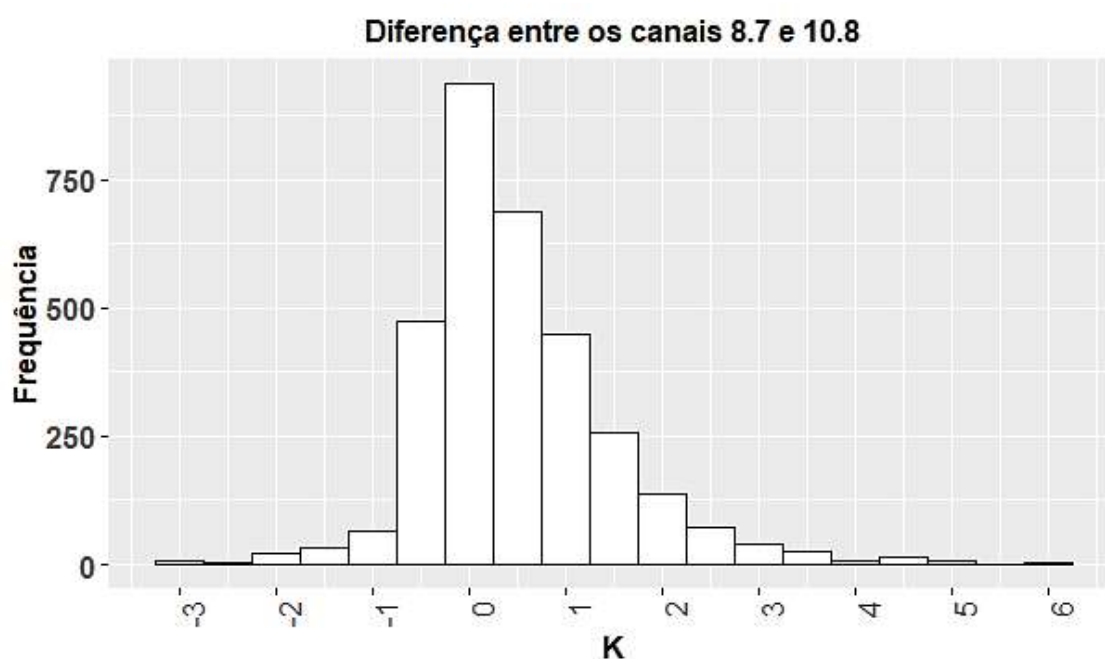
Na Figura 12, são apresentados os dados da diferença entre os canais 8.7 e 10.8 do MSG para os dias selecionados. A maioria desses dias apresenta, em sua maior parte, valores acima de 0 K, com máximo chegando a 5,8 k no dia 14 de janeiro e mínimo de -3,2 K no dia 23 de maio. Já no dia 29 de janeiro, a maioria dos relâmpagos ocorreu com diferenças de temperatura de brilho menores que 0 K. É interessante observar que alguns dias, como 04, 17, 23 e 31 de janeiro, 01 e 15 de fevereiro e 29 de março apresentam de modo predominante, valores abaixo de 233k de TB no Canal 10.8 e possuem diferenças positivas (IR 8.7 – IR 10.8) na maior parte dos dados, o que corrobora mais ainda com a ideia da presença de cristais de gelo nas nuvens dos eventos analisados. Apenas os dias 21 de janeiro e 10 de fevereiro não apresentaram diferenças positivas, porém só foi observado uma descarga em cada dia.



**Figura 12.** Gráfico da distribuição dos dados da diferença entre o canal 8.7 e 10.8 do MSG em Kelvin (eixo das ordenadas) para os casos dos dias convectivos com relâmpagos no ano de 2016. Pontos pretos – todos os dados extraídos para cada dia que foi selecionado (eixo das abscissas). Linha

vermelha – Limiar de 0 K (MATTHEE; MECIKALSKI, 2013).

A maior parte dos relâmpagos aqui analisados ocorreram quando valores da diferença entre os canais 8.7 e 10.8 do Meteosat estavam próximos ou maior que 0 K (Figura 13). Destaca-se a diminuição da ocorrência de relâmpagos quando os valores dessa diferença tendem a se distanciar positivamente do 0. Ou seja, quanto maior a quantidade de gelo no topo da nuvem em relação à água líquida, menor é a possibilidade de descarga, mostrando o quanto é importante a presença de água líquida para a eletrização da nuvem.



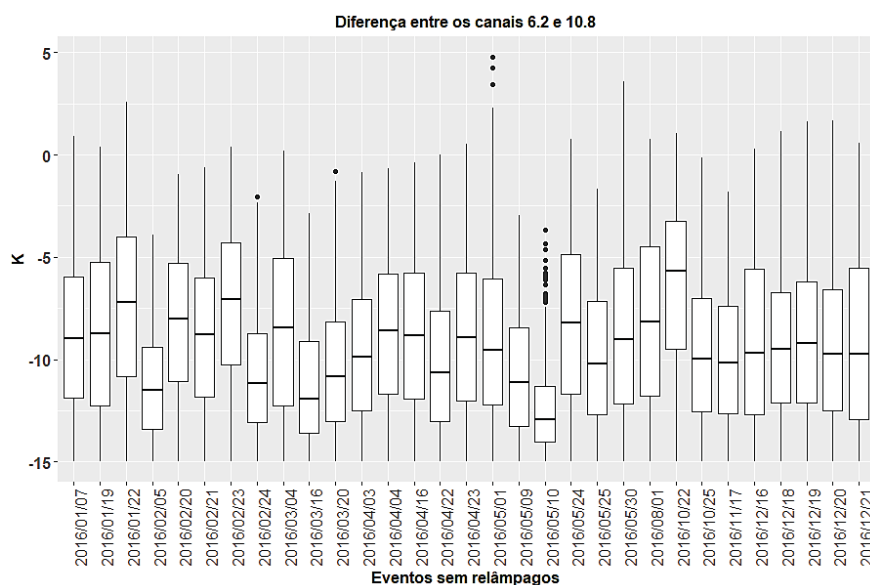
**Figura 13.** Histograma da distribuição da frequência da diferença de temperatura de brilho entre os canais 8.7 e 10.8 do Meteosat para os eventos dos dias em que ocorreram relâmpagos.

## 3.2 Dias sem relâmpagos – Comparação

### 3.2.1 Análise da profundidade de convecção

Para os dias sem relâmpagos, é observado que há valores da diferença do canal 6.2 e 10.8 maiores que -15 K (Figura 14), no entanto, como foi visto anteriormente, a maior parte das ocorrências de descargas elétricas se deram a partir de valores entre -5K e 1,5 K. Apesar de notarmos valores entre essa faixa, como por exemplo o pixel com maior diferença positiva de 4,8 K do dia 01 de maio de 2016, a maior quantidade de dados observadas em todos os dias ainda continua com valores inferiores a este limiar, diminuindo a probabilidade da ocorrência de relâmpagos em tais condições. Em outras palavras, apesar de as nuvens convectivas nestes dias apresentarem um bom desenvolvimento vertical, ainda não é o suficiente para criar condições favoráveis

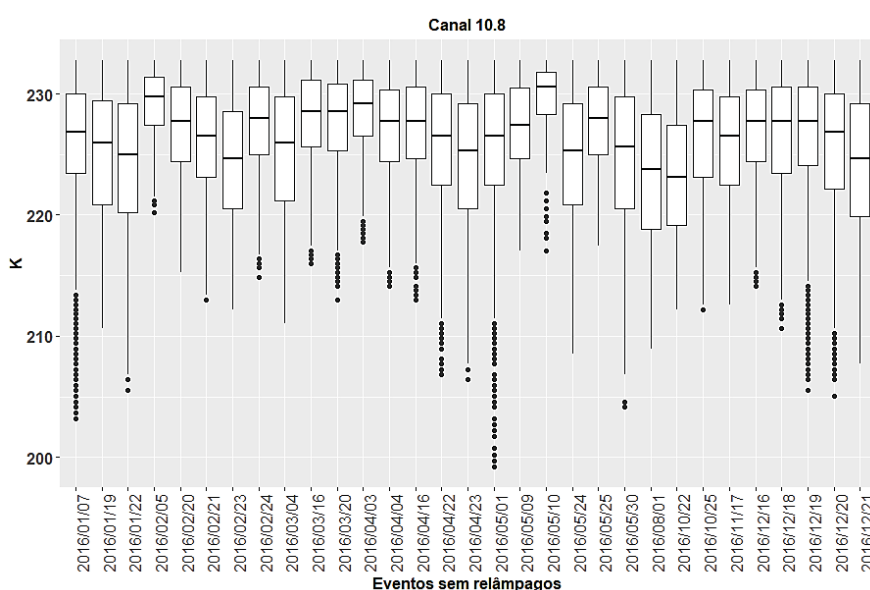
ao ponto de ocorrer uma descarga elétrica atmosférica.



**Figura 14.** Gráfico da distribuição dos dados da diferença entre o canal 6.2 e 10.8 do MSG em Kelvin (eixo das ordenadas) para os casos dos dias convectivos sem relâmpagos no ano de 2016 e com valores acima de -15K (MACHADO *et al.*, 2007).

### 3.2.2 Análise da formação de gelo no topo da nuvem

Já ao analisarmos o canal do infravermelho 10.8 na Figura 15 é observado que a maior concentração dos dados se detém entre o limiar de 233 K e 220 K. Se encontrando também na faixa analisada dos dias com relâmpagos que foi abaixo de 240K. Os dias sem relâmpagos não atingiram valores tão baixos quanto os com relâmpagos, como podemos ver, apenas poucos pixels atingiram valores abaixo de 220K. O valor mais baixo atingido foi de 199,2K ocorrido no dia 1 de maio, porém a maioria dos valores dos pixels para esses dias estão concentrados acima de 220K.

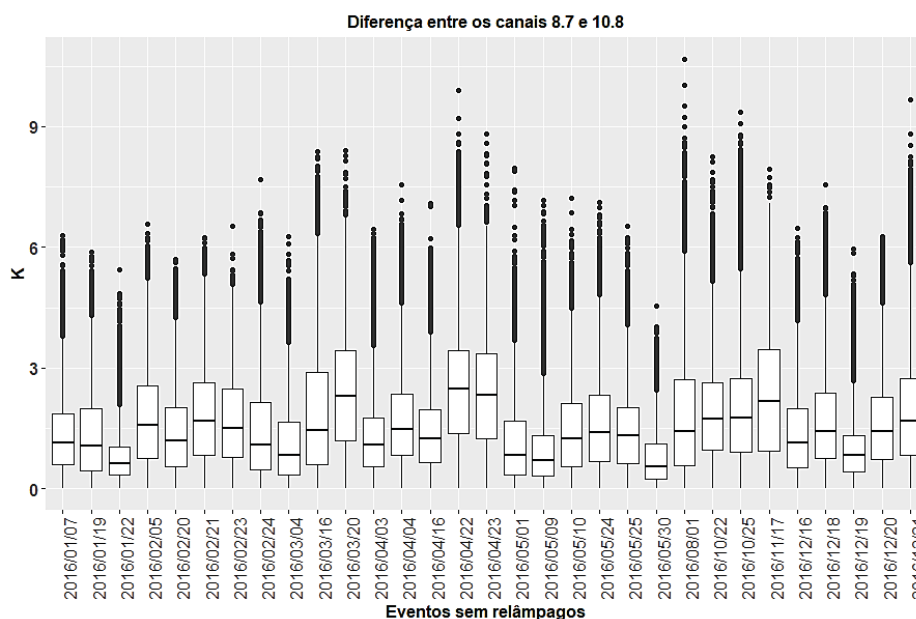


**Figura 15.** Gráfico da distribuição dos dados do canal 10.8 do MSG em Kelvin (eixo das ordenadas) para os casos dos dias convectivos com relâmpagos no ano de 2016 e com valores abaixo de 233K (DA



SILVA NETO; BARBOSA; BENETI, 2016).

Quanto a diferença entre os canais 8.7 e 10.8 (Figura 16) para os dias sem relâmpagos é observado maior concentração dos pixels com valores de diferença de até 3 K, comparado ao dias com relâmpagos onde a concentração foi entre -0,5K e 2K, os dias sem relâmpagos encontram-se dentro deste limiar, ou seja, há formação de gelo nas nuvens, porém isto não se torna um fator preponderante para condições ideais de geração de relâmpagos. Desta forma, também não há uma distinção clara neste campo analisado, entre as nuvens geradoras e as não geradoras de descargas elétricas atmosféricas.

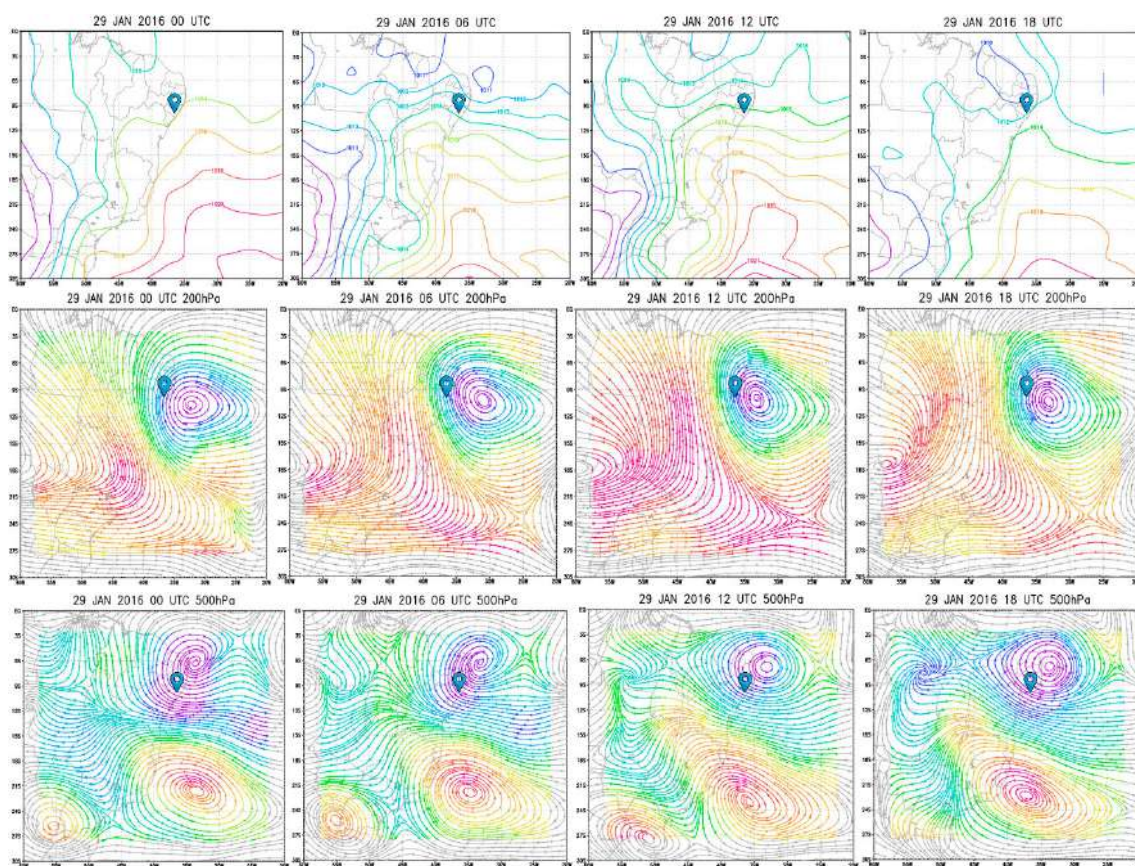


**Figura 16.** Gráfico da distribuição dos dados da diferença entre o canal 8.7 e 10.8 do MSG em Kelvin (eixo das ordenadas) para os casos dos dias convectivos com relâmpagos no ano de 2016 e com valores acima de 0 K (MATTHEE; MECIKALSKI, 2013).

### 3.3 Estudo de Caso: Dia 29 de Janeiro de 2016

#### 3.3.1 Condições atmosféricas no dia estudado

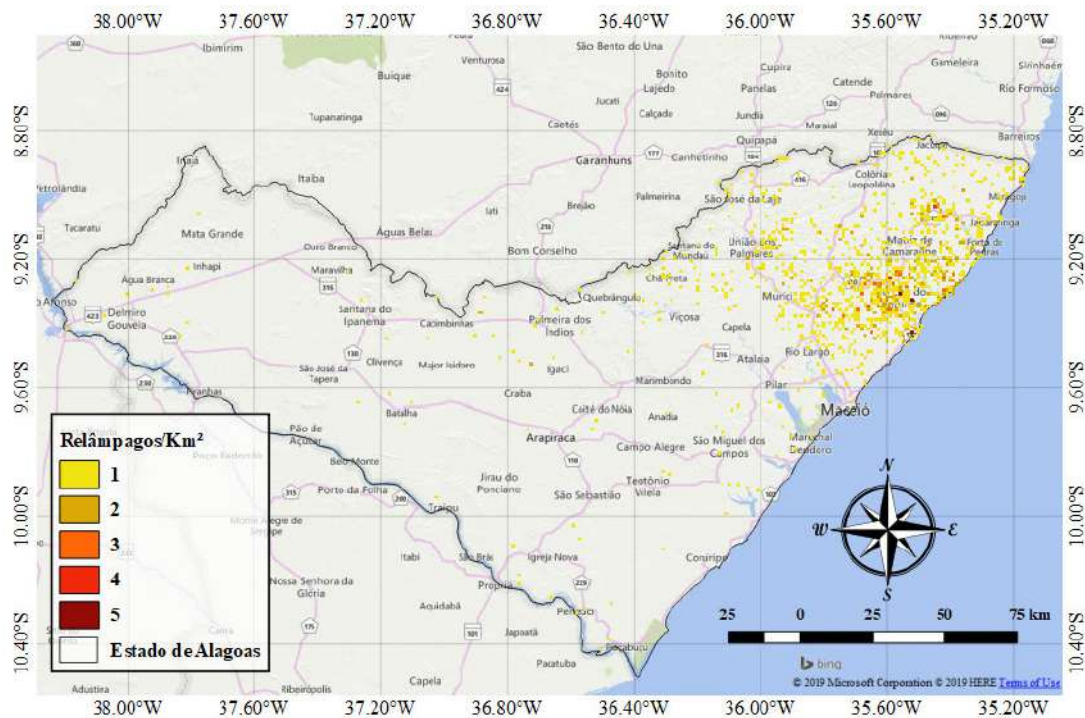
Para o estudo de caso foi selecionado o dia 29 de janeiro, visto que foi o dia que apresentou maior quantidade de relâmpagos em 2016, tornando-se o mais representativo. Para este dia, através dos campos de pressão na Figura 17, é observado um cavado a sudoeste do estado e uma crista a leste para o horário de 00 UTC, já para o horário de 06 UTC o cavado se estende na costa do estado e a crista a oeste. A partir das 12 horas o cavado desintensifica, porém as 18 UTC é observada a noroeste do estado uma isóbara fechada de 1010hPa, assim como um cavado a leste. Através dos campos de linhas de correntes de médios (500 hPa) e altos níveis (200 hPa), é possível observar um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) sobre o nordeste brasileiro, presente ao longo do dia nos horários aqui analisados, e de grande profundidade se estendendo de altos a médios níveis com seu eixo inclinado.



**Figura 17.** Pressão a nível do mar em hPa (Primeira linha), linhas de correntes em 500 hPa (segunda linha) e Linhas de correntes em 200 hPa (terceira linha). Os dados foram plotados para o dia 29 de janeiro de 2016 nos horários de 00 UTC (primeira coluna), 06 UTC (segunda coluna), 12 UTC (terceira coluna), 18 UTC (quarta coluna). Seta azul destacando a localização do estado de Alagoas.

O VCAN, de acordo com Cordeiro (2014), é o principal fenômeno associado com trovoadas no estado de Alagoas. Dessa maneira, o cavado em conjunto com o VCAN no dia 29 de janeiro de 2016, foram os sistemas sinóticos que causaram a nebulosidade para este dia e, conseqüentemente, condições favoráveis para a ocorrência das descargas elétricas atmosféricas em Alagoas.

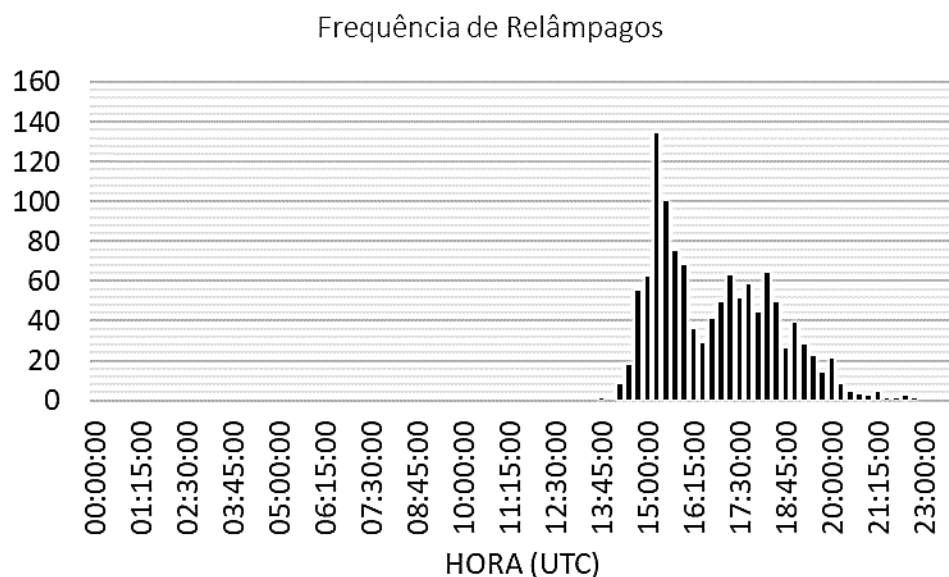
Através da densidade de relâmpagos, na Figura 18, é possível observar a distribuição espacial das descargas que ocorreram no dia 29 de janeiro. Foram detectados relâmpagos em grande parte do estado de Alagoas, porém há uma maior concentração na região leste do estado próximo à região litorânea. Municípios como Barra de Santo Antônio e São Luís do Quitunde apresentam valores de até 5 relâmpagos por km<sup>2</sup>.



**Figura 18.** Densidade de Relâmpagos (relâmpagos / km<sup>2</sup>) no Estado de Alagoas para o dia 29 de janeiro de 2016.

### 3.3.2 Análise com os dados do MSG

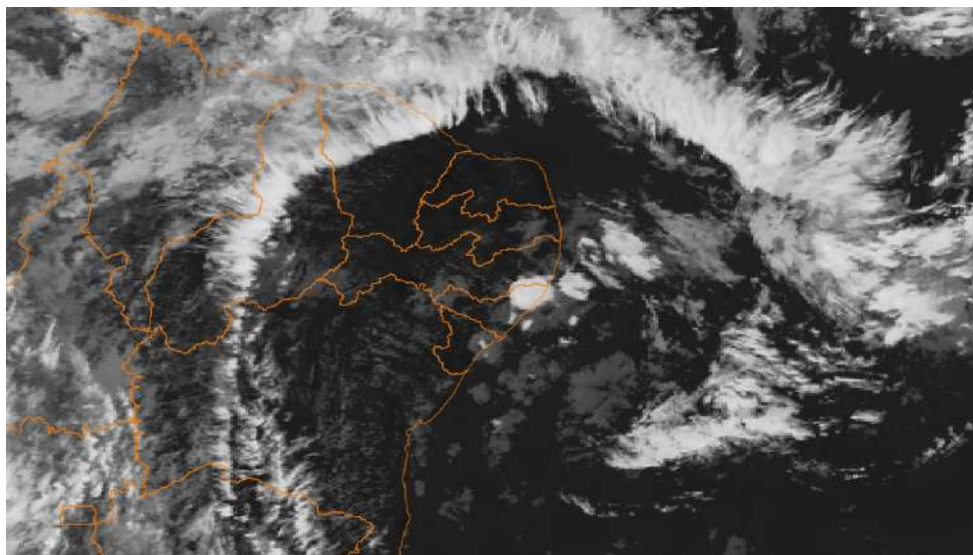
Para a análise, foi escolhido o horário de 15:15 UTC, pois foi o horário em que mais houve ocorrência de relâmpagos. Nota-se na Figura 19 que as ocorrências iniciaram desde 13:45 UTC até as 22:45 UTC, porém a maior frequência foi de 134 relâmpagos detectados neste horário de 15:15 UTC.



**Figura 19.** Gráfico da frequência de relâmpagos a cada 15 minutos no Estado de Alagoas para o dia 29

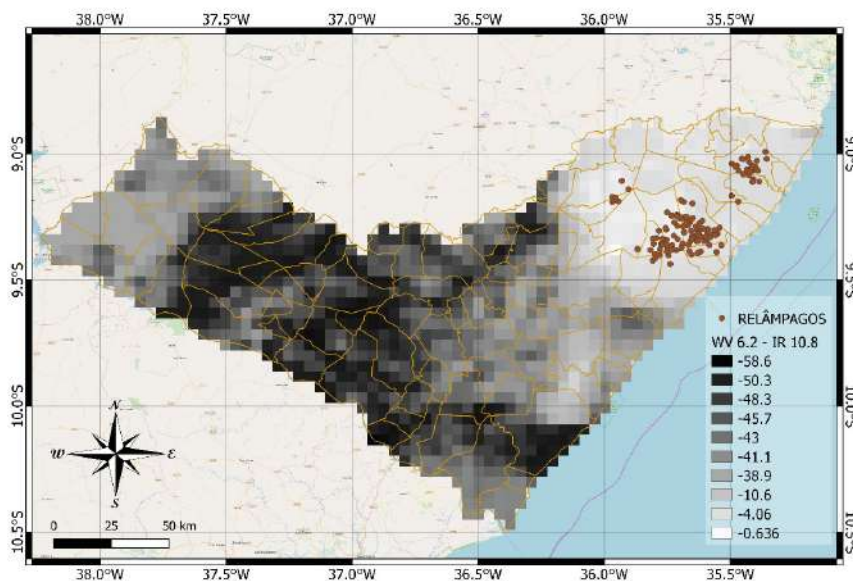
de janeiro de 2016.

Na Figura 20, podemos observar que às 15:15 UTC havia nebulosidade formada devido ao VCAN, principalmente nas áreas de sua extremidade (Figura 17). Em Alagoas, há nebulosidade em grande parte do estado, mas é notável a nebulosidade convectiva na costa leste do estado de Alagoas, que também se estende até o estado de Pernambuco.



**Figura 20.** Imagem do canal Infravermelho 10.8 do MSG para o horário de 15:15 UTC no dia 29 de janeiro de 2016.

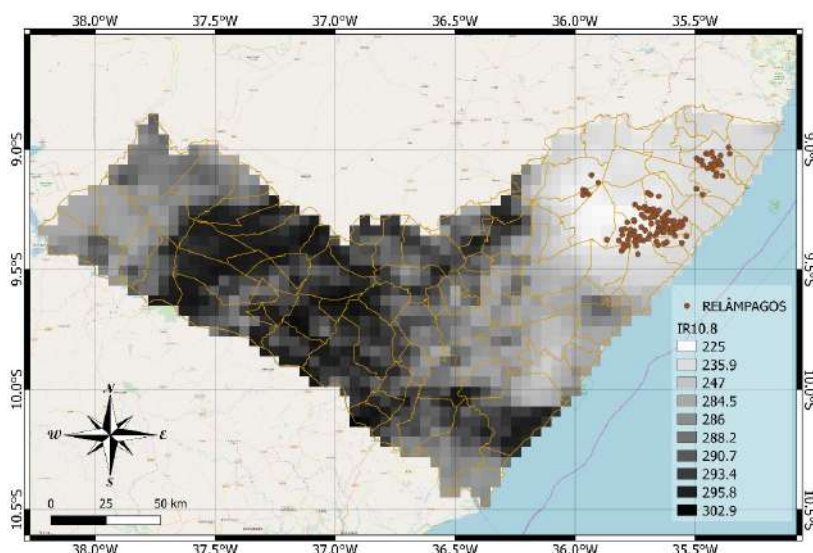
Na diferença entre os canais 6.2 e 10.8 do MSG para este horário (Figura 21), nota-se na região leste do estado de Alagoas que há uma concentração de valores acima de -5K, justamente na área da nebulosidade observada anteriormente. Ou seja, a nebulosidade observada apresenta grande desenvolvimento vertical, condições favoráveis para descargas elétricas, as quais foram detectadas apenas nesta região para as 15:15 UTC. Entre a região de Coruripe e São Miguel dos Campos também são observados alguns valores acima de -5K, porém em uma área menor e não houve relâmpago detectados para esta região neste horário.



**Figura 21.** Mapa da diferença de Temperatura de brilho entre o canal 6.2 e 10.8 do MSG para Alagoas-

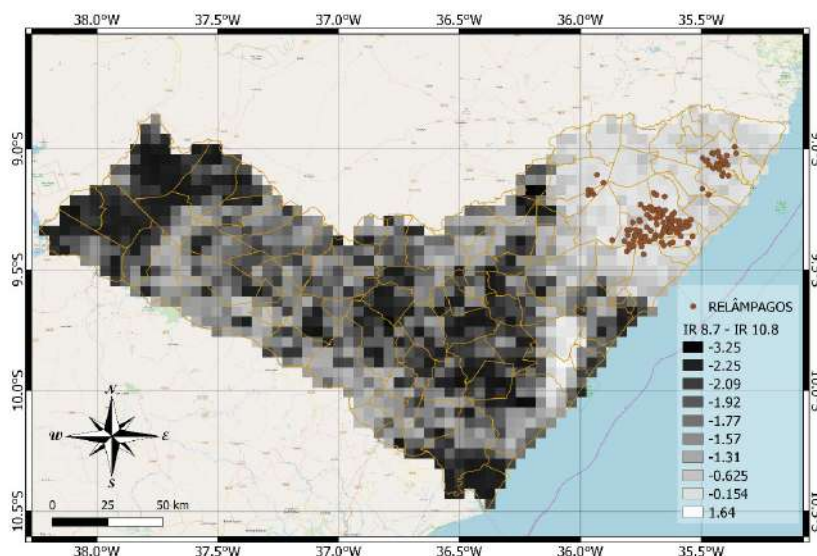
no horário de 15:15 UTC para o dia 29 de janeiro de 2016.

Na Temperatura de brilho do canal 10.8 (Imagem 22), há uma concentração de valores abaixo de 236K na região onde ocorreram os relâmpagos. Então a nebulosidade no leste de alagoas observada apresentou formação de gelo em seu topo. As demais regiões que não apresentaram descargas elétricas tiveram em sua maioria, temperaturas acima de 247K, exceto na região mencionada anteriormente (entre Coruripe e São Miguel dos Campos) onde também houve temperaturas abaixo de 236K.



**Figura 22.** Mapa da Temperatura de brilho do canal 10.8 do MSG para Alagoas no horário de 15:15 UTC para o dia 29 de janeiro de 2016.

Para a diferença de temperatura de brilho entre os canais 8.7 e 10.8 do MSG (Figura 23), nota-se grande concentração de pixels com valores maiores que -0,5K nas regiões onde ocorreram os relâmpagos, e entre Coruripe e São Miguel dos Campos são observados valores até positivos, desta forma, há formação de gelo no topo das nuvens nesta região, apesar de não ocorrer nenhuma descarga, é destacável o fato desta região apresentar nuvens com topos frios, formação de gelo e grande desenvolvimento vertical.



**Figura 23.** Mapa da diferença de Temperatura de brilho entre o canal 8.7 e 10.8 do MSG para Alagoas

---

no horário de 15:15 UTC para o dia 29 de janeiro de 2016.

## Conclusões

O desenvolvimento vertical das nuvens analisadas através da diferença entre o canal 6.2 e 10.8 tiveram repostas significativas quanto as nuvens geradoras de relâmpagos, corroborando com resultados de Machado *et al.* (2007), porém através dos resultados deste trabalho é possível adaptar, para o estado de Alagoas, o limiar de -15 K proposto, para valores maiores que -5 K que se mostraram mais representativos nos casos aqui analisados. Já para o limiar de temperatura de brilho do canal 10.8 do MSG proposto por Da Silva Neto, Barbosa, Beneti (2016) não se mostrou tão significativo já que os valores das nuvens geradoras de relâmpagos estiveram concentrados a partir de 240 K e não de 233 K. Para a diferença de temperatura de brilho do canal 8.7 e 10.8 em Alagoas foi notório que não só valores acima de 0 K, como proposto por Matthee e Mecikalski (2013), mas sim, valores próximos deste limiar que foram mais característicos nas nuvens geradoras de relâmpagos analisadas

A melhor característica aqui analisada que representou a diferença entre as nuvens geradoras e as não geradoras foi o desenvolvimento vertical das nuvens observadas através da diferença entre o canal de vapor d'água 6.2 e do Infravermelho 10.8. Foi possível observar que apesar das nuvens não geradoras serem convectivas, não tinham tanto desenvolvimento quanto as que eram geradoras. Desta forma a profundidade de convecção se mostrou uma característica forte para identificação de nuvens geradoras de descargas elétricas atmosféricas para o estado de Alagoas.

Quanto a presença ou formação de gelo das nuvens, notou-se que as descargas ocorreram em nuvens que possuíam não só gelo em seu topo, mas também água super-resfriada e que quanto maior a quantidade de gelo em relação a água super resfriadas (Valores positivos mais distante de 0 K da diferença entre os canais do infravermelho 8.7 e 10.8), decresce o potencial desta nuvem ser geradora de relâmpago. Apesar disto não houve uma diferença clara, quanto apenas este fator, entre as nuvens geradoras e não geradoras, já que o topo das nuvens convectivas em que não houveram descargas também possuíam formação de gelo.

Já no estudo de caso feito para o dia 29 de janeiro de 2016, mostrou que a nebulosidade geradora de descargas elétricas possuía todas as características encontradas neste estudo, porém uma nebulosidade entre os municípios de Coruripe e São Miguel dos Campos também possuía, mas não houve descargas. O fator característico da diferença entre essas nebulosidades foi sua extensão, conseqüentemente também a densidade de pixel com valores dentro dos limiares aqui encontrados. Desta maneira o diâmetro da nebulosidade com valores característicos de nuvem geradoras de relâmpago pode vir a ser um outro fator a ser levado em consideração.

Os resultados aqui encontrados podem auxiliar o desenvolvimento de ferramentas, assim como suporte para análise e monitoramento de nuvens que tenham potencial de serem geradoras de relâmpagos no estado de Alagoas e que representam um risco a sociedade de forma geral, seja por dano de vida ou econômico.

## Referências

BRITO, B. M. de *et al.* Análise do comportamento das trovoadas no estado de Alagoas, previsão à curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 243-256, jun. 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862011000200009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862011000200009&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29 abr. 2020.

- COOPER, M. A.; HOLLE, R. L. **Reducing lightning injuries worldwide**. EUA: Springer International Publishing, 2019.
- CORDEIRO, E. S. **Análise sinótica dos eventos com trovoadas para o estado de Alagoas dentre o período de 15 anos (1998-2012)**. 2014. 87 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.
- DA SILVA NETO, Carlos Pinto; BARBOSA, Humberto Alves; BENETI, Cesar Augustus Assis. A method for convective storm detection using satellite data. **Atmosfera**, v. 29, n. 4, p. 343-358, 2016.
- DOWDEN, R. L.; BRUNDELL, J. B. Improvements relating to the location of lightning discharges. **Australia Patent**, v. 749713, p. 200071483, nov. 2000.
- DOWDEN, R. L.; BRUNDELL, J. B.; RODGER, C. J. VLF lightning location by time of group arrival (TOGA) at multiple sites. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, Nova Zelândia, v. 64, n. 7, p. 817-830, 2002.
- EKSTEEN, S.; BREETZKE, G. D. Predicting the abundance of African horse sickness vectors in South Africa using GIS and artificial neural networks. **South African Journal of Science**, Africa do Sul, v. 107, n. 7-8, p. 20-28, jul. 2011.
- FEDOROVA, N. **Sinótica I: fenômenos atmosféricos dados sinóticos e massas de ar**. Maceió: EDUFAL, 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população**. 2017. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2017/estimativa\\_TCU\\_2017\\_20190919.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2017/estimativa_TCU_2017_20190919.pdf). Acesso em: 01 fev. 2019.
- KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclone vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, São Paulo, n. 33, p. 538-551, fev. 1981.
- LANG, T. J. *et al.* WMO world record lightning extremes: longest reported flash distance and longest reported flash duration. **Bulletin of the American Meteorological Society**, EUA, v. 98, n. 6, p. 1153-1168, jun. 2017.
- MACHADO, Luiz A. T. *et al.* Relationship between cloud-ground lightning and penetrative clouds: a multi-channel satellite application. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2007. Disponível em: <http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/12.13.17.25/doc/v1.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2019.
- MAGNUM. **A História do Python**, 2014. Disponível em: <http://mindbending.org/pt/a-historia-do-python>. Acesso em: 29 abr. 2020.
- MATTHEE, R.; MECIKALSKI, J. R. Geostationary infrared methods for detecting lightning-producing cumulonimbus clouds. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, Washington, v. 118, n. 12, p. 6580-6592, jun. 2013.
- MCMAHON, B. *et al.* An Observation of Very Low Frequency (VLF) Electromagnetic Waves Generated by Lightning Strikes via RockSat-X. In: PROCEEDINGS OF THE WISCONSIN SPACE CONFERENCE, 2016, Wisconsin. **Proceedings** [...]. Wisconsin: Carthage College, 2016. p. 1-7.
- MECIKALSKI, J. R. *et al.* Cloud-top properties of growing cumulus prior to convective initiation as measured by Meteosat Second Generation. Part I: Infrared fields. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Alabama, v. 49, n. 3, p. 521-534, mar. 2010.
- R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 01 ago. 2018.
- RODGER, C. J. *et al.* Growing detection efficiency of the world wide lightning location network. In: CONFERENCE PROCEEDINGS AIP, 2009. Nova York, **Proceedings** [...]. Nova York, American Institute of Physics, 2009. p. 15-20.
- RODRIGUES, L.R.L.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V. Cavados béricos atuantes no Estado de Alagoas

e fenômenos adversos associados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 14., 2006a. Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://www.cbmet.org.br/cbm-files/14-c33ac63b37ca05927dc7a8c45998330b.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2020.

RODRIGUES, L. R. L.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V. Trovoadas na costa leste do nordeste do Brasil associadas a interação entre ondas nos ventos de leste e VCAN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 14, 2006b. Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis, 2006.

RUDLOSKY, S. D.; SHEA, D. T. Evaluating WLLN performance relative to TRMM/LIS. **Geophysical Research Letters**, EUA, v. 40, n. 10, p. 2344-2348, maio, 2013.

SCHMETZ, J. et al. An introduction to Meteosat second generation (MSG). **Bulletin of the American Meteorological Society**, EUA, v. 83, n. 7, p. 977-992, jun. 2002.

SCHMETZ, J. et al. 1997: Monitoring deep convection and convective overshooting. **Adv. Space Res.**, v. 19, n. 3, p. 433-441, 1997.

SILVA, B. F. P. da et al. Sistemas sinóticos associados às precipitações intensas no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 323-338, set. 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862011000300001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862011000300001&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 29 abr. 2020.

TARAVAT, A. et al. Multilayer perceptron neural networks model for meteosat second generation SEVIRI daytime cloud masking. **Remote Sensing**, v. 7, n. 2, p. 1529-1539, fev. 2015.

ZHANG, W.; ZHANG, Y.; ZHOU, X. Lightning activity and precipitation characteristics of Typhoon Molave (2009) around its landfall. **Acta Meteorologica Sinica**, v. 27, n. 5, p. 742-757, oct. 2014.





# FORMAÇÃO E DESTRUIÇÃO DE DUNAS SUSCITA RISCO PARA ZONA COSTEIRA URBANA. UMA ABORDAGEM DE CONFLITO

Mário Talaia<sup>1</sup>

## 1 Introdução

O estudo da morfologia dunar no seu conjunto e a sua análise pormenorizada em cortes permitem conhecer a dinâmica da movimentação de grãos de areia. A recolha de grãos de areia em postos experimentais permite estabelecer ligações com os ventos predominantes capazes de transportarem ou arrastarem grãos de areia para a formação de dunas. Conhecida a velocidade mínima para a movimentação de grãos de areia que alimentam uma duna é possível através de uma base de dados meteorológicos, conhecer os rumos do vento e número de horas por ano que a condicionam. Há riscos eólicos no movimento dos grãos de areia por determinarem, por exemplo, o avanço dos grãos de areia sobre áreas ocupadas pelo ser humano e a criação de corredores de risco que facilitam o avanço das águas do oceano.

É sabido que no decorrer do tempo o mundo das areias e a interpretação física de fenómenos associados ao movimento ou transporte de grãos de areia tem fascinado o ser humano, em geral, e até as crianças, em particular, gostam de brincar com o movimento de grãos de areia (BAGNOLD, 1973; OGAWA; BEDDOW, 1984; KUNII; LEVENPIEL, 1977; NORDMEIER, 2001).

É sabido que o vento não é um agente de intensidade permanente. A sua intensidade, sentido e direção são variáveis: uma consequência é o processo de transporte de areia resultar em deposição ou abate, ou seja, a areia transportada para alimentar uma duna pode ser deslocada em sentido inverso. Para a formação de dunas é necessário vento acima de determinada intensidade e haver uma fonte de cedência de grãos de areia, ou seja, uma zona onde haja disponibilidade para fornecimento de sedimentos arenosos, de grãos considerados finos capazes de serem transportados por ventos típicos.

A intensidade do vento gera uma força resistente ou de arrasto que pode descolar o grão de areia e depende do peso e figura geométrica do grão de areia. Na expressão que determina a força resistente ou de arrasto, a variável área define a superfície da secção reta na direção do vento (não se deve usar a área da superfície exterior do grão de areia).

Existem alguns tipos de transporte de areia resultantes da ação do vento, e que foram possíveis de observar na recolha de registos, nomeadamente: o transporte por arrasto quando os grãos de areia são arrastados pela superfície sem esta perder o contacto com a mesma; o transporte por saltitação quando a ocorrência é de curta

---

<sup>1</sup> Docente do Departamento de Física da Universidade de Aveiro - Portugal. E-mail: mart@ua.pt.

trajetória no ar e há queda de grãos de areia na superfície; e o transporte em suspensão quando há perda de contacto entre a superfície e os grãos de areia, permanecendo estes durante um longo período de tempo no ar.

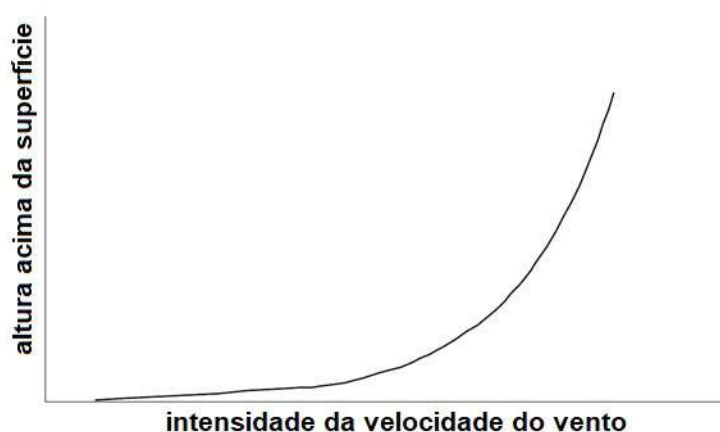
## 2. Teoria e critério Talaia

O movimento de areia é causado pela transmissão de impulso do vento, para os grãos de areia. O impulso é a quantidade de movimento,

$$I = mU \quad (1)$$

em que  $m$  representa a massa e  $U$  a velocidade.

A variação do impulso ao longo do tempo resulta numa força sobre a superfície. As moléculas do ar que colidem com os grãos de areia são sujeitas a fricção e posteriormente estas vão perder quantidade de movimento e desacelerar. As moléculas do ar desaceleradas colidem com as moléculas do ar que não foram desaceleradas das camadas superiores do ar e como resultado, as moléculas das camadas superiores vão desacelerar um pouco. Este efeito é mais pronunciado próximo da superfície. Consequentemente a média da velocidade das moléculas sofre um incremento com a altitude como se mostra na Figura 1.



**Figura 1.** Perfil vertical da velocidade do vento.

Quando as moléculas do ar parecem mover-se paralelamente à superfície o movimento pode ser considerado de “escoamento laminar”. Este tipo de escoamento ocorre apenas quando a intensidade da velocidade do vento é muito pequena e não existe movimento ou transporte de grãos de areia.

Na situação em que se regista um vento de corte a aumentar, as camadas paralelas de escoamento deixam de existir e o escoamento torna-se turbulento. Como consequência deste tipo de “escoamento turbulento”, surge uma tensão de corte,  $\tau$ , que é a força que o vento exerce na superfície da areia, e o seu valor é determinado usando a expressão (Prandtl citado por TERWINDT, 1977),

$$\tau = \rho_a l^2 \frac{dU}{dz} \quad (2)$$

onde  $\rho_a$  representa a massa volúmica do ar,  $l$  o comprimento da mistura e  $dU/dz$  o gradiente vertical da velocidade.

Se a constante de Von Kármán for introduzida na expressão (2), por manipulações matemáticas, é possível escrever,

$$U_z = 5,75 \sqrt{\frac{\tau}{\rho_a}} \log\left(\frac{z}{k_0}\right) \quad (3)$$

em que  $k_0$  representa a altura acima da superfície onde a velocidade do vento se iguala a zero e o valor de  $\sqrt{\tau/\rho_a}$  pode ser substituído pelo valor da velocidade de corte  $U_*$ . Nestes termos, a expressão (3) pode ser reescrita,

$$U_z = 5,75 U_* \log\left(\frac{z}{k_0}\right) \quad (4)$$

ou, como mostra HOLTON (2004),

$$U_z = 2,5 U_* \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (5)$$

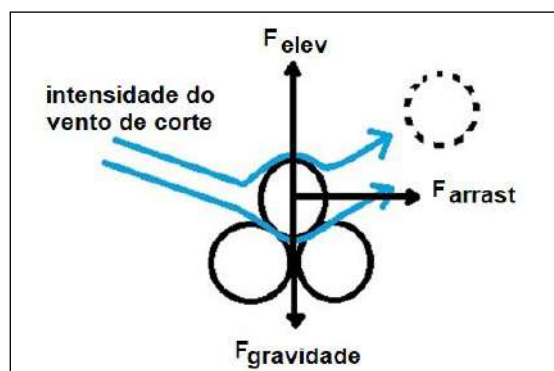
em que  $z_0$  é a rugosidade da superfície onde o vento de corte atua.

As expressões (4) e (5) indicam que o vento tem um perfil logarítmico. Dada a dificuldade em usar a Lei Logarítmica e pela facilidade de aplicação da Lei da Potência, neste trabalho avaliou-se o parâmetro  $\alpha$  para dois níveis de medida, através da expressão,

$$\frac{U_{z1}}{U_{z2}} = \left(\frac{z1}{z2}\right)^\alpha \quad (6)$$

em que  $z1$  representa a altura ao nível 1,  $z2$  a altura ao nível 2,  $U_{z1}$  a velocidade no nível 1 e  $U_{z2}$  a velocidade ao nível 2. O expoente  $\alpha$  depende apenas da rugosidade da superfície terrestre local e da estabilidade atmosférica. Há tabelas na literatura de especialidade onde se pode consultar o valor de  $\alpha$ . Neste trabalho usou-se  $\alpha=0,15$ .

A Figura 2 mostra um diagrama de forças atuantes num grão de areia. A interpretação física da ilustração da figura sugere que quando o ar flui sobre a superfície da areia, a tensão de corte exerce uma série de forças na partícula de areia solta. Estas forças são a força que condiciona o valor da força de corte,  $F_{arrast}$ , paralela à superfície, a força de elevação,  $F_{elev}$ , e a força gravítica,  $F_{gravidade}$ , sendo as duas últimas perpendiculares à superfície.



**Figura 2.** Diagrama de forças que atuam num grão de areia.

A força de corte ou de arrastamento depende do gradiente de pressão que é criado à volta do grão de areia e da rugosidade da sua superfície. De acordo com BAGNOL (1973) é determinada a partir da expressão,

$$F_{\text{arrast}} = \beta d^2 \rho_a U_*^2 \leftrightarrow F_{\text{arrast}} = \frac{1}{2} C_d \rho_a A U^2 \quad (7)$$

onde  $\beta$  é uma constante empírica,  $d$  o diâmetro médio do grão de areia,  $C_d$  coeficiente de forma do grão de areia,  $A$  a área projetada segundo o movimento,  $m$  a massa de ar e  $U$  a velocidade da corrente gasosa.

De acordo com Gelbart (1986), para a determinação do diâmetro médio da areia usa-se a expressão

$$d = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_i}} \quad (8)$$

em que  $d$  representa o diâmetro médio das partículas de areias,  $x_i$  a fração do peso das partículas de diâmetro  $d_i$ , em cada gama considerada. Estas variáveis são determinadas a partir do empacotamento de peneiros em vibração (máquina com vibração que usa empacotamento de vários peneiros de diferentes malhas) e com diferentes calibres.

Se a massa volúmica do grão de areia (sólido)  $\rho_s$  e a massa volúmica aparente  $\rho_{\text{ap}}$  forem conhecidas, é possível determinar o valor da porosidade ou espaços vazios entre as partículas de areia. De acordo com Geldart (1986) a massa volúmica aparente e massa volúmica da areia estão relacionadas através da expressão,

$$\rho_{\text{ap}} = \rho_s (1 - \varepsilon) \quad (9)$$

em que  $\varepsilon$  representa a porosidade. Através de manipulações matemáticas, a porosidade é determinada por,

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{\text{ap}}}{\rho_s} \quad (10)$$

A força de elevação,  $F_{\text{elev}}$ , é devida ao forte gradiente de velocidade junto à superfície. Este gradiente causa uma força de sucção na direção do gradiente de velocidade, ou seja, os grãos sofrem uma força ascendente na direção do semieixo positivo do eixo dos  $zz$  perpendicular à superfície. Muitas vezes a força de elevação é desconsiderada. A força de elevação pode ser calculada a partir da expressão (ADEL, 1987),

$$F_{\text{elev}} = \frac{5,08}{\pi} \rho_a \vartheta^{0,5} d^2 \left( \frac{U_*}{k} \right) \left[ \frac{\ln \left( \frac{z}{z_0} \right)}{z^{0,5}} \right] \quad (11)$$

onde  $\vartheta$  representa a viscosidade cinemática (cociente entre a viscosidade dinâmica e a massa volúmica do fluido). Deve-se dar atenção à aplicação de (11), ou seja, na prática quando não há transporte de areia a força de elevação perde intensidade (diminui rapidamente) devido ao ar passar por baixo dos grãos de areia.

A força devida a ação da gravidade que cada partícula de areia exerce sobre uma vizinha, é função da densidade e do volume de cada partícula de areia. Quando é assumido um corpo geométrico esférico a força de gravidade pode ser obtida de acordo com Bagnold (1973),

$$F_{\text{gravidade}} (= P) = \frac{\pi}{6} (\rho_s - \rho_a) g d^3 \quad (12)$$

em que P representa o peso do grão de areia.

A velocidade de corte crítica é a velocidade de corte necessária para provocar o movimento da areia, e pode ser avaliada através de manipulações matemáticas das forças atuantes na areia (ver a Figura 2). O movimento da areia começa quando a conjugação do valor da força resultante a partir da força de arrasto (ou força de corte) e da força de elevação é superior à intensidade do peso da areia (HIJMA; LODDER, 2004). Quando é desprezada a força de elevação, a velocidade de corte crítica pode ser obtida por (ADEL, 1987),

$$U_{*critica} = \left[ \left( \frac{\pi}{6} \right) \left( \frac{\tan \theta}{\beta} \right) \right]^{0,5} \left[ \frac{\rho_s - \rho_a}{\rho_a} g d \right]^{0,5} \quad (13)$$

em que  $\theta$  representa o ângulo onde é valorizado o atrito no grão de areia. O valor deste ângulo é cerca de  $34^\circ$ . Quando o diâmetro médio do grão de areia for superior a  $200\mu\text{m}$ , o valor do primeiro fator do segundo membro da expressão (13) é aproximadamente 0,1. Para a fase de "salto" da areia, este fator toma o valor de 0,085 (BAGNOLD, 1987). Quando não se despreza a força de elevação a determinação da velocidade de corte crítica torna-se um problema de difícil solução.

Talaia (2002) mostrou experimentalmente que para partículas de areia de diâmetro superior a  $150\mu\text{m}$ , a expressão empírica que contempla não só os aspetos físicos do fenómeno físico bem como os dados experimentais, numa situação de leito de areia fluidizado, é dada por,

$$Re_{mf} = [28,7^2 + 0,0428Ga]^{0,5} - 28,7 \quad (14)$$

onde Ga representa o número de Galileu (também conhecido por número de Arquimedes) e  $Re_{mf}$  o número de Reynolds, na condição mínima de fluidização. Quer o número de Galileu quer o número de Reynolds são parâmetros adimensionais que caracterizam as propriedades das partículas de areia, do ar e do escoamento, respetivamente. O número de Galileu é obtido a partir da expressão,

$$Ga = \frac{\rho_a d^3 (\rho_s - \rho_a) g}{\mu_a^2} \quad (15)$$

e o número de Reynolds é obtido a partir da expressão,

$$Re_{mf} = \frac{\rho_a U_{mf} d}{\mu_a} \quad (16)$$

Conhecidas as propriedades físicas do ar é possível prever o valor da velocidade mínima de fluidização,  $U_{mf}$ .

Para conhecer o início do transporte de grãos de areia, o autor desenvolveu um modelo a que chamou "critério Talaia" por aplicação de uma análise dimensional (KAY;

NEDDERMAN, 1985) uma expressão capaz de interpretar fisicamente o momento do início de transporte de um grão de areia sob a ação do vento.

É oportuno referir que a utilização de análise dimensional a um fenómeno físico é uma ferramenta muito poderosa para se “adivinhar” ou “formular” expressões que respondam às condições físicas de uma questão problema (TALAIA, 2000; VIEIRA, 2003).

O autor desenvolveu um modelo de previsão considerando a situação física (início de transporte de um grão de areia sob a ação do vento) para interpretar fisicamente o fenómeno e ser capaz de identificar as variáveis envolvidas. O ponto de partida para a análise dimensional foi admitir que para o valor de  $g$  (aceleração local) e conhecidos o diâmetro equivalente  $d$  do grão de areia, a massa volúmica do grão de areia, a massa volúmica do ar, a viscosidade dinâmica do ar, o valor da intensidade da velocidade do ar,  $U$ , pode ser previsto a partir da função,

$$U = U(\rho_s, \rho_a, \mu_a, d, g) \quad (17)$$

A análise dimensional da relação (17) passa a ser obtida segundo as técnicas tradicionais (ver por exemplo TALAIA, 2000; KAY; NEDDERMAN, 1985; TALAIA, 2002). Havendo na expressão (17) seis variáveis envolvidas e sendo três as grandezas fundamentais (massa, comprimento e tempo), devem escolher-se três variáveis principais a partir das quais se adimensionalizam as outras duas. Através de manipulações matemáticas e fazendo a “linhagem” com dados registados experimentalmente pelo autor, é possível encontrar o modelo de previsão para a velocidade mínima capaz de iniciar o transporte de uma areia de diâmetro médio  $d$  com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,9995 (critério Talaia),

$$U \geq 1,034 \times 10^5 \frac{\mu_a^{0,23} \rho_a^{0,77} g^{0,39} d^{0,16}}{\rho_s} \quad (18)$$

A expressão (18) mostra que conhecidas as propriedades físicas do fluido (neste caso ar), a massa volúmica e diâmetro do grão de areia, é possível avaliar a intensidade da velocidade mínima capaz de dar início ao movimento dos grãos de areia.

### 3 Metodologia e experimentação

A investigação foi realizada em laboratório e na praia da Costa Nova, esta localizada no distrito de Aveiro (Litoral centro) e integrada no troço costeiro Espinho - Cabo Mondego (Portugal). É uma praia adjacente, banhada a Oeste pelo oceano Atlântico e está inserida sobre uma restinga, resultante da acumulação de sedimentos durante a formação da Laguna de Aveiro, com início de formação, por volta do século X até ao século XVIII. A Laguna de Aveiro comunica com o mar, através de um canal aberto artificialmente, de acesso ao Porto Marítimo de Aveiro. A praia, de natureza arenosa, tem associado um cordão dunar de largura variável que separa a Laguna do mar. O cordão dunar apresenta alturas que variam entre os 3 e os 12 metros e alberga espécies de flora muito importantes, na preservação e sustentação de areias que o constituem. Na retaguarda do cordão dunar, há aglomerados de prédios e moradias, bem como estabelecimentos de comércio, entre outros. É de particular importância referir que esta zona da costa portuguesa, está interrompida por várias estruturas de defesa costeira, como esporões e enrocamentos, sendo de maior importância e influência o Molho Norte da Barra. Pelo referido, a destruição de dunas suscita risco para a zona urbana.

A recolha de amostras (areia) na zona dunar foi realizada superficialmente, na época do verão, nas seguintes coordenadas geográficas aproximadas de N40°37,968' e W008°44,968'.

As amostras de areia foram secas numa estufa a uma temperatura de 150°C e posteriormente, com recurso ao uso de um peneiro vibratório foram determinados diâmetros médios de grãos de areia usando diferentes peneiros com diferente malha Mesh.

Com o auxílio de um anemómetro e bússola de marinheiro, no local da recolha, registaram-se temperatura do ar, intensidade do vento e rumo em duas alturas, 20cm e a 150cm da superfície dunar.

A Figura 3 mostra como uma amostra de areia é transportada pela ação do vento numa queda livre por ação da gravidade (é bom realçar que a zona dunar em estudo, no verão, é sacudida por nortadas intensas).



**Figura 3.** Desvio da posição vertical de queda das areias, devido à ação do vento.

Para compreender como se processa o transporte de areia, usaram-se duas amostras de areia com o mesmo calibre médio, sendo que por estratégia se “corou” uma das amostras com corante de cor “avermelhada”. A Figura 4 mostra o resultado de areias coradas (num saco a areia sem corante e no recipiente de vidro a areia corada).



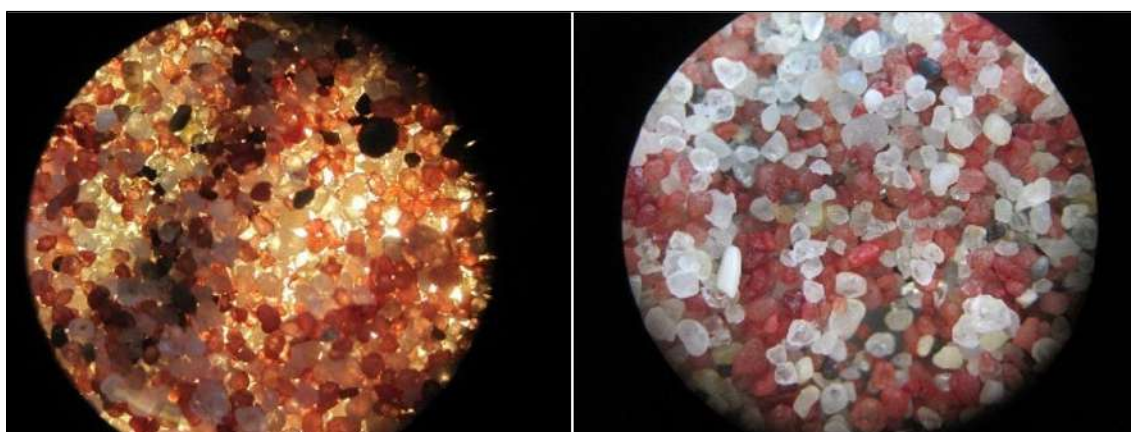
**Figura 4.** Aplicação de corante a uma das amostras de areia.

As duas amostras de areia foram colocadas no leito da duna, sobre um tapete plástico e dispostas lado a lado, como se mostra na Figura 5, para observar comportamentos, verificar e comparar a influência do vento no arrasto dos grãos de areia e, posteriormente, capturadas por ratoeiras (covas em desnível).



**Figura 5.** Duas amostras de areia colocadas na manta plástica.

Foram tiradas fotografias da mistura das duas amostras já misturadas por ação do vento, com o recurso a um microscópio e a uma máquina fotográfica, como se mostra na Figura 6.



**Figura 6.** Uma vista de microscópio (com e sem luz) com as duas amostras misturadas.

Posteriormente para um controlo rigoroso do início de movimentação de grãos de areia foram realizados ensaios em laboratório com alteração da intensidade da velocidade do vento para as areias com e sem corante. Nestas experiências as areias eram colocadas numa plataforma horizontal e por gama de tamanho eram submetidas a uma corrente de ar controlada e gerada por um secador de cabelo ou ventilador. Perpendicularmente ao plano do escoamento foi colocado um anemómetro a 9cm da superfície para o registo da intensidade do vento, como se mostra na Figura 7.





**Figura 7.** Registo da velocidade capaz de iniciar o movimento de areias.

Na Figura 7 mostra-se uma fase de registos e já é observável o arrasto de areias pela intensidade da velocidade do vento gerador. A intensidade da velocidade que iniciava o transporte da areia foi registada, para cada gama de diâmetro controlada de areia. A disposição do secador de cabelo ou ventilador, ao mesmo nível de funcionamento, era mais próxima ou afastada do “pirâmide” de areia como mostra a Figura 7.

A Figura 8 mostra uma fase do deslocamento das areias. É observável a presença de areias com e sem corante, como seria esperado.



**Figura 8.** Areias a ser movimentadas por ação da corrente de ar.

A Figura 9 mostra uma experiência em que são usadas areias com a mesma gama de tamanho e de cor diferente. Foram testadas para validar o modelo – critério Talaia e para avaliar se a intensidade da velocidade da corrente de ar correspondia aos valores avaliados e registados experimentalmente para o transporte da areia.



**Figura 9.** Areias com mesma granulometria com e sem corante.

Os dados recolhidos foram tratados numa folha de programa Microsoft Office Excel. Determinou-se para cada tamanho de grão de areia, o peso médio, o diâmetro médio, a força de arrasto, o número de Reynolds, o número de Galileu, o número de Reynolds na condição mínima de fluidização, a velocidade mínima de fluidização e a velocidade para o início de transporte de grãos de areia. Para a obtenção do coeficiente de resistência ou de arrasto usou-se o diagrama de Moody.

#### 4 Resultados e sua análise

A granulometria da areia dunar permitiu registar que os grãos de areia apresentam, em média, um diâmetro máximo de  $850\mu\text{m}$ . Os valores determinados através dos peneiros usados permitiu conhecer a granulometria por gamas de diâmetro, ou seja, em média cerca de 75% dos grãos de areia das dunas apresentam um diâmetro na gama entre  $250\mu\text{m}$  e  $500\mu\text{m}$ , cerca de 18 % na gama entre  $500\mu\text{m}$  e  $850\mu\text{m}$ . O restante das amostras colhidas cerca de 7% um diâmetro médio inferior a  $250\mu\text{m}$ .

A partir da experimentação realizada e através de cálculos, foi possível construir a Tabela 1 onde são indicados diferentes valores para cada gama de tamanho dos grãos de areia.

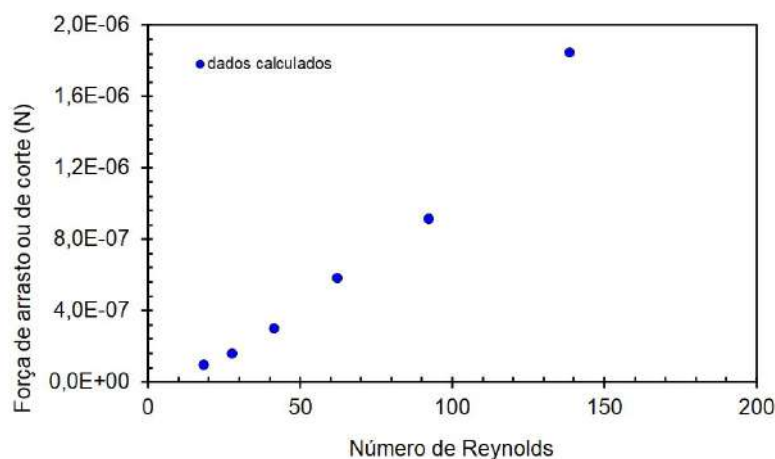
A observação da Tabela 1 indica para cada tamanho do grão de areia o valor da intensidade do vento que se registou experimentalmente para o início de transporte do grão de areia. Na tabela são, ainda, indicados os correspondentes número de Reynolds, coeficientes de arrasto ou de resistência, força de arrasto, peso do grão de areia e cociente entre a força de arrasto e o peso.

A Figura 10 mostra a influência do número de Reynolds na força de arrasto. Pode-se observar que, quanto maior é a força de arrasto, maior é o número de Reynolds.

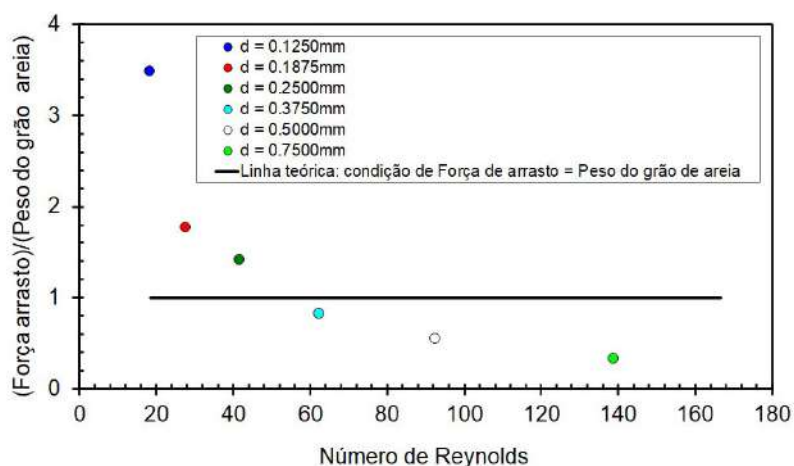
**Tabela 1.** Valores experimentais para a gama de diâmetro existentes nas dunas.

velocidade (m/s) altura 9cm	diâmetro médio (µm)	número de Reynolds	coeficiente de resistência	força de arrasto (N)	peso (N)	força de arrasto/peso
2,22	125,0	19	2,5	9,09E-08	2,61E-08	3,5
2,30	187,5	28	1,9	1,55E-07	8,80E-08	1,8
2,40	250,0	42	1,6	2,95E-07	2,09E-07	1,4
2,60	375,0	63	1,4	5,80E-07	7,04E-07	0,8
2,78	500,0	93	1,0	9,09E-07	1,67E-06	0,5
3,30	750,0	139	0,9	1,84E-06	5,63E-06	0,3

Dado o número de Reynolds ser influenciado pela velocidade do vento, à medida que este valor aumenta, há um correspondente aumento da força de arrasto (depende do quadrado da velocidade). Os círculos de cor azul indicados na figura são para os tamanhos das areias indicados na Tabela 1.

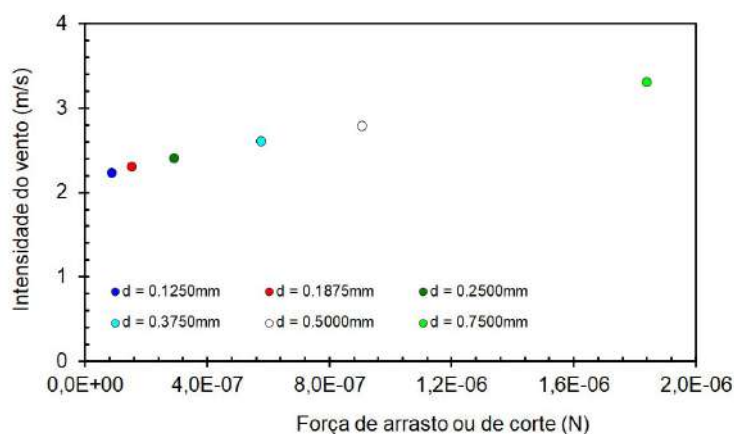
**Figura 10.** Relação entre força de arrasto ou de corte e o número de Reynolds.

A Figura 11 mostra para diferentes diâmetros dos grãos de areia o cociente entre a força de arrasto e o peso de cada areia, como uma função do número de Reynolds.

**Figura 11.** Cociente entre força de arrasto e peso "versus" número de Reynolds.

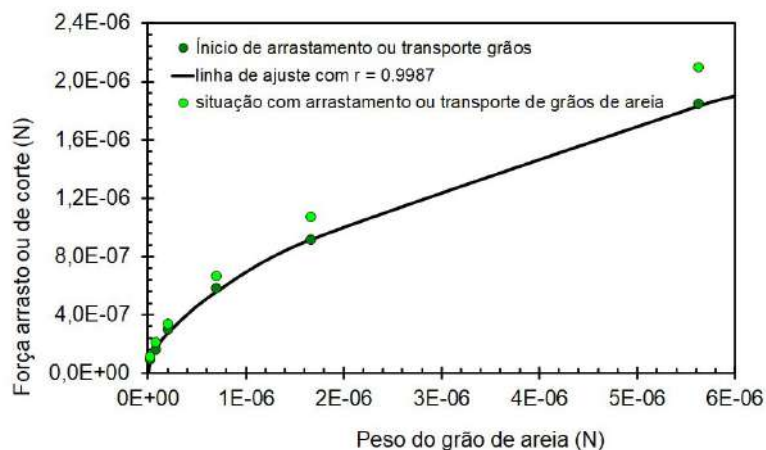
A observação da Figura 11 mostra uma linha a “negrito” e horizontal que indica o valor unitário, ou seja, quando a força de arrasto iguala o peso do grão de areia e os círculos a cores mostram a localização dos pontos experimentais condicionados pelo tamanho do grão de areia. A observação sugere um aumento da força de arrasto à medida que o peso do grão de areia aumenta.

Na Figura 12, como seria de esperar, a força de arrasto aumenta com a intensidade da velocidade do vento. A figura mostra que à medida que o grão de areia aumenta há uma correspondência direta no aumento da intensidade do vento e na força de arrasto que suscita o início de transporte do grão de areia.



**Figura 12.** Intensidade do vento “versus” força de arrasto.

A Figura 13 mostra a influência do peso do grão de areia na força de arrasto ou de corte. A observação do gráfico mostra círculos de cor verde escura que indiciam o início de arrastamento ou transporte de grãos de areia. Os círculos de cor verde clara indiciam a situação prática experimental de grãos de areia a serem movimentados.

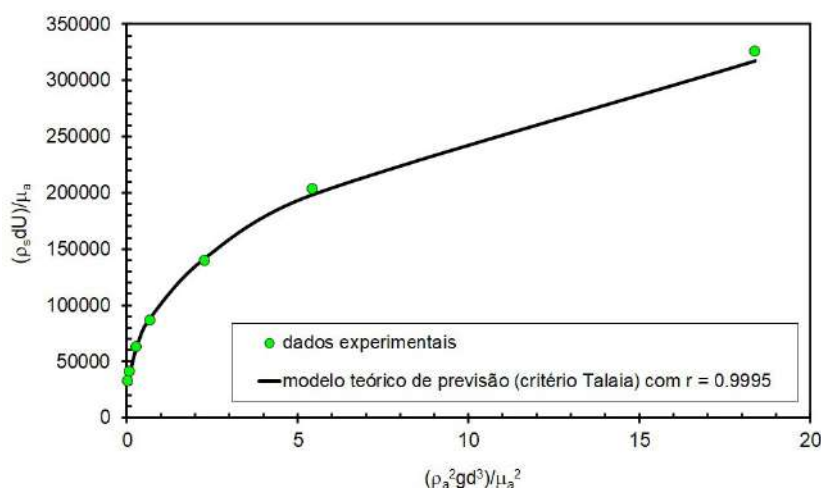


**Figura 13.** Força de arrastamento “versus” peso do grão de areia.

A observação da Figura 13 mostra uma linha a “negrito” contínua que faz a separação entre os grãos de areia em repouso e o início do seu movimento. Para o mesmo peso do grão de areia, valores da força de arrasto superiores aos valores indicados pela linha traçada indiciam o início e o conseqüente deslocamento do grão de areia. Na prática, as experiências realizadas, em laboratório com controlo de variáveis, mostram que os valores indicados a círculo cheio com cor verde clara eram para situações em que o movimento de areia era bem visível. Nestas circunstâncias o

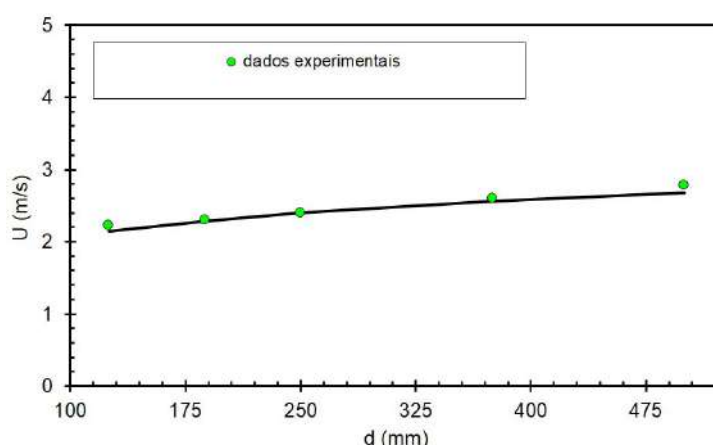
modelo desenvolvido denominado “critério Talaia”, ver expressão (18), foi testado para prever a intensidade do vento capaz de iniciar o transporte dos grãos de areia.

A Figura 14 mostra o resultado coerente dos dados experimentais e da linha de previsão para os parâmetros adimensionais desenvolvidos no modelo indicado na expressão (18). A linha de ajuste apresenta um coeficiente de correlação de Pearson de 0,9995. A observação da figura mostra, inequivocamente, que os valores registados acompanham com excelente concordância a linha do modelo desenvolvido.



**Figura 14.** Relação entre parâmetros  $\pi$  – critério Talaia.

A Figura 15 mostra que quando se conhece o diâmetro de um grão de areia é possível prever a intensidade da velocidade do vento que dá início ao seu movimento ou transporte. Os valores previstos pelo modelo desenvolvido neste trabalho mostram excelente concordância com os valores medidos experimentalmente. No entanto, ressalva-se que o modelo critério Talaia apenas é válido para diâmetros de grão de areia até  $500\mu\text{m}$ . A partir deste diâmetro, novas experiências deverão ser consideradas para corrigir o modelo.



**Figura 15.** Intensidade do vento para o início de transporte de grão de areia – critério Talaia.

Há uma questão que surge neste tipo de investigação “como se conhece o número de horas ao longo do ano que suscitam o movimento de areias e a formação de dunas”.

As estações meteorológicas medem parâmetros normalmente a 10m do solo. Os valores que foram considerados, neste estudo, não foram registados para uma altura de 10m. Nestes termos, é necessário projetar as velocidades registadas para o nível de 9cm para uma altura de 10m usando a expressão (6).

A Tabela 2 indica os valores para os diferentes diâmetros dos grãos de areia controladas e existentes neste estudo na duna da Costa Nova.

**Tabela 2.** velocidades do vento para diferentes diâmetros de grãos de areia.

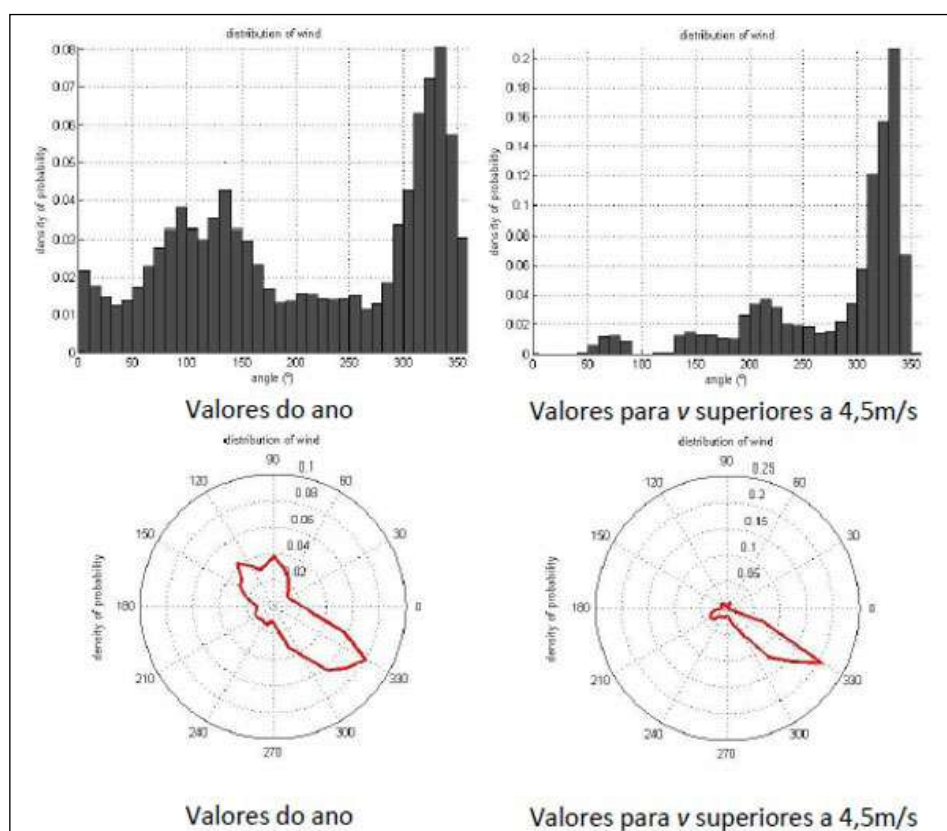
Diâmetro (µm)	velocidade (m/s) (altura 9cm)	velocidade (m/s) (altura 10m)
125	2,22	4,50
187	2,30	4,66
250	2,40	4,86
375	2,60	5,27
500	2,78	5,63

Conhecidas as velocidades para o nível 10m de altura e com base num ficheiro de dados meteorológicos da estação automática para um ano civil (janeiro a dezembro) foi possível conhecer o rumo e o número de horas para velocidade mínima de 4,50 m/s como se indica na Tabela 2.

Um algoritmo em programa em MatLab foi desenvolvido e o resultado mostrou que se registou, durante um ano, uma contribuição de 2780 horas para intensidades do vento superiores a 4,5m/s, num total de 8760 horas possíveis, ou seja, 31,7%.

A rosa dos ventos para o ano inteiro e para intensidades do vento superiores a 4,5 m/s, foi construída para conhecer o rumo predominante.

A Figura 16 mostra os diagramas da densidade de probabilidade da distribuição do vento por rumo e as respetivas rosas do vento, para os dados totais do ano e para os dados cuja velocidade fosse superior a 4,5 m/s.



**Figura 16.** valores da intensidade do vento do ano e para registos superior a 4,5m/s

A observação da Figura 16 mostra coerência do rumo do vento, indicando que densidade de ventos acima de 4,5m/s alimentam ou formam as dunas da praia da Costa Nova, sendo o areal da praia a origem dessas areias.

### Considerações finais

Esta investigação mostrou inequivocamente que os grãos de areia que alimentam ou formam as dunas originam-se no areal da praia e que só uma pequena densidade de ventos, com uma intensidade da velocidade superiores a 4,5m/s, é capaz de suscitar forças de arrastamento que favorecem o transporte dos grãos de areia que se depositam nas dunas.

O modelo desenvolvido e apresentado neste estudo, como critério Talaia, mostrou inequivocamente, para a gama de diâmetros de grãos de areia estudada um excelente acordo na previsão de velocidade para o início do transporte de grãos de areia.

As dunas são uma proteção natural que a natureza oferece para proteção de zonas urbanas junto a costa marítima. O risco das zonas urbanas junto ao litoral quando há destruição de dunas é elevado com consequências imprevisíveis. Medidas de proteção devem ser permanentemente implementadas de modo a manter reduzido o risco de invasão das águas do oceano.

### Referências

- ADEL, J.D. **Eolishe processen op het voorduin**. Department of Physical Geography, University of Utrecht, 1987. 101 p.
- BAGNOLD, R.A. **The Physics of Blown Sand and Desert dunes**. London: Chapman e Hall, 1973. 265 p.
- GELDART, D. **Gas Fluidization Technology**: John Wiley & Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 1986. 468 p.
- HIJMA, M.; LODDER, Q.J. **An evaluation of aeolian sand transport models using four different sand traps at the Hors**, Texel. 2004. Disponível em: <http://tulane.academia.edu/MarcHijma/Books/126504/>. Acesso em: 10 out. 2019.
- HOLTON, J.R. **An introduction to dynamic meteorology**. 4. ed. USA: Elsevier Academic Press, 2004.
- KAY, J.M.; NEDDERMAND, R.M. **Fluid mechanics and transfer processes**. London: Cambridge University Press, 1985.
- KUNII, D.; LEVENPIEL, O. **Fluidization engineering**, Robert E. Krieger Publishing, 1977.
- NORDMEIER, W. Physics of sand: formation of ripple patterns and dunes: selected contribution. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE PHYSICS TEACHER EDUCATION BEYOND 2000, 18., 2001, Barcelona/Paris. **Anais [...]**. Barcelona/Paris: Elsevier, 2001. p. 547-549.
- OGAWA, A.; BEDDOW, J.K. **Separation of particles from air and gases**. CRC Press, 1984. v. 1, 152 p.
- TALAIA, M.A.R. Uma análise dimensional: ascensão de uma bolha no interior de um líquido. **Gazeta de Física**, v. 23, n. 2, p. 9-12, 2000.
- TALAIA, M.A.R. **Incipient Fluidization**: the influence of the pressure on the minimum fluidizing velocity and voidage fraction. Paper Presented on the 2nd Annual European Multiphase Systems Institute meeting and 40th European Two-Phase Flow Group meeting, Stockholm, Sweden, Paper D-5, 3 pages, 2002.
- TERWINDT, J.H.J. **Land transport door wind**: lectures notes. Department of Physical Geography, University of Utrecht, 1977.
- VIEIRA, A. O tamanho conta: a análise dimensional na Física. **Gazeta de Física**, v. 26, n. 1, p. 12-16, 2003.

# O ENSINO DA GEOGRAFIA PAUTADO NAS RELAÇÕES ENTRE A SOCIEDADE E A NATUREZA: REFLEXÕES SOBRE CRISE SOCIOAMBIENTAL E DESASTRES NATURAIS<sup>1</sup>

Susana Marilu Mainini Sakamoto<sup>2</sup>

Laurenço Magnoni Junior<sup>3</sup>

Ao abordar, no ensino da Geografia, a crise socioambiental que impera no mundo atual, faz-se necessário evidenciar que por trás das maneiras da humanidade atuar no mundo estão os paradigmas, ou seja, as ideias e valores que embasam pensamentos e ações.

Quando o paradigma desenvolvimentista de progresso desenfreado estava a todo vapor, a partir da segunda metade do século XX, valores como o imediatismo, o individualismo, o consumismo, o artificialismo, a acumulação egoísta de riquezas e a mercantilização da vida passaram a emergir e valores como a solidariedade e a coletividade passaram a ser sufocados pelo egoísmo e competição.

Para atender o padrão de produção e de consumo da sociedade moderna, o capital natural passa a ser fortemente explorado e espaços naturais se tornam cada vez mais restritos. O capitalismo rompe a relação amistosa do ser humano com a natureza e substitui o tempo da natureza pelo tempo mecânico. Constata-se na modernidade uma visão antropocêntrica, na qual a natureza é considerada como fornecedora de possibilidades para que o ser humano a modifique. O predomínio do antropocentrismo é explicado por Reigota (2009, p. 16) como o “argumento de que o ser humano é o ser vivo mais importante do universo e que todos os outros seres vivos têm a única finalidade de servi-lo.”

Frente a esse modelo de desenvolvimento predatório que leva à exaustão dos recursos naturais, Reigota (2009, p. 16) expõe, ainda, que “um dos princípios éticos da educação ambiental é a desconstrução da noção antropocêntrica”. Corrobora com a visão ética de que o ser humano é um dos seres vivos presentes na natureza e que essa não tem a finalidade de servi-lo.

Nessa perspectiva, a Geografia pode instigar à reflexão das práticas cotidianas das relações humanas com a natureza, questionar o componente comportamental dos indivíduos e oferecer uma contribuição importante na educação ambiental, no sentido em que a cidadania amplia, pondera “pensar as nossas relações cotidianas

---

1 O presente capítulo é oriundo de um dos eixos da pesquisa desenvolvida no mestrado profissional do Programa de Pós-graduação em Docência para a Educação Básica da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP/Campus de Bauru - SP a qual gerou a dissertação intitulada como *Objetos digitais para o ensino de Geografia: contribuições para o desenvolvimento da consciência socioambiental*, sob orientação do Prof. Dr. Laurenço Magnoni Junior.

2 Graduada em Licenciatura plena em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) – Campus de Presidente Prudente - SP. Docente da Escola Estadual Prof. José Aparecido Guedes de Azevedo, de Bauru – SP. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica da UNESP/Campus de Bauru - SP. E-mail: mainini@prof.educacao.sp.gov.br.

3 Graduado em Geografia. É docente do Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica da UNESP Campus de Bauru - SP, da Faculdade de Tecnologia de Lins (Fatec) e das Escolas Técnicas Astor de Mattos Carvalho de Cabrália Paulista - SP e Rodrigues de Abres de Bauru - SP (Unidades de ensino do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza); membro do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Bauru (COMDEMA) e da Diretoria Executiva da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Bauru - SP; editor da Revista *Ciência Geográfica* ([www.agbbauru.org.br](http://www.agbbauru.org.br)). E-mails: [lourenco.junior@pq.cnpq.br](mailto:lourenco.junior@pq.cnpq.br) - [lourenco.junior@fatec.sp.gov.br](mailto:lourenco.junior@fatec.sp.gov.br).



com outros seres humanos e espécies animais e vegetais e procurar alterá-las nos casos negativos e ampliá-las nos casos positivos” (REIGOTA, 2009, p. 13).

Ou seja, a Geografia escolar tem a possibilidade de dialogar, refletir e buscar educar o cidadão para soluções alternativas que permitam a convivência digna e voltada para o bem comum entre sociedade e natureza.

Segundo Pontuschka (2007),

A Geografia, como disciplina escolar, oferece sua contribuição para que alunos e professores enriqueçam suas representações sociais e seus conhecimentos sobre as múltiplas dimensões da realidade social, natural e histórica, entendendo melhor o mundo em seu processo ininterrupto de transformação, o momento atual da chamada mundialização da economia (2007, p. 38).

Como disciplina escolar, a Geografia tem por objetivo proporcionar a compreensão das relações existentes entre o cidadão e o mundo, ou seja, ela assume o desafio de explicar o mundo e a nossa relação com ele de formas: articulada e dialética, comprometida com a formação para a cidadania e com a construção de uma visão crítica nas esferas: econômicas, políticas, sociais, culturais e ambientais.

No entanto, desenvolver o pensamento geográfico reflexivo, a cidadania, a compreensão dos fenômenos na interação da sociedade com a natureza são desafios que os professores de Geografia buscam superar para proporcionar uma educação básica de qualidade social. Nesse sentido, é necessário assumir um compromisso político enquanto educador, sem dicotomizar saber e consciência.

De fato, o mundo social é um ambiente muito complexo e dinâmico. Os padrões da sociedade humana diferem grandemente de um lugar para outro pelas distintas culturas, emprego de técnicas e também pelos diferentes níveis de conhecimentos adquiridos com o passar do tempo.

Ao longo da história da humanidade, as relações entre a sociedade e a natureza modificaram-se e intensificaram-se, sendo notável a evolução das transformações decorrentes no espaço.

Por sua vez, o espaço é o objeto de estudo central na Geografia e dele parte-se para o conceito-chave: “espaço geográfico”. SANTOS (2006), em sua obra “A natureza do espaço” considera o espaço geográfico como um dado social, mas também inclui a materialidade. Para ele:

A evolução que marca as etapas do processo de trabalho e das relações sociais marca, também, as mudanças verificadas no espaço geográfico, tanto morfológicamente, quanto do ponto de vista das funções e dos processos. É assim que as épocas se distinguem umas das outras. (2006, p. 61)

Para Santos (2006), o Espaço Geográfico corresponde “ao resultado da inseparabilidade entre sistemas de objetos e sistemas de ações”. Esses resultados diferem-se com o passar do tempo. Para a compreensão do espaço geográfico, Milton Santos evidencia o tempo em dois eixos: o de sucessão e de coexistência das técnicas desenvolvidas pelas diversas civilizações. A sucessão remete ao novo conjunto de técnicas que por sua vez coexistem com a herança material que permanece no espaço.

Nos primórdios da civilização humana, quando tudo era “meio natural”, as condições naturais constituíam a base material da existência do grupo e, assim, o ser humano escolhia da natureza o que dela considerava fundamental ao exercício da vida e exercia interferência apenas em escala local, mantinha-se um equilíbrio entre o uso e a preservação da natureza.

Dessa forma, esse “meio natural” era utilizado pelo homem com o emprego de técnicas locais e do trabalho para sanar as necessidades de sobrevivência e, portanto, sem gerar grandes transformações na natureza. Com o passar desse tempo longínquo, dois acontecimentos limitam o início da relação do homem com seu espaço: a descoberta e domínio do fogo, e a criação da agricultura.

O fogo foi a primeira forma de energia e permitiu que o ser humano obtivesse controle sobre o meio natural e a dominação dos espaços, com ele foi possível: obtenção de iluminação, proteção contra predadores, aquecimento, cozimento dos alimentos. O uso do fogo era apenas para benefício próprio.

Com o domínio de técnicas agrícolas a humanidade estabeleceu um novo padrão de vida: passou de essencialmente nômade para formação de núcleos de povoamento sedentários, pois aumentou seu controle sobre a natureza e seu domínio sobre os espaços. A combinação do fogo e da agricultura instalou-se nos núcleos de povoadamentos, polos precedentes das civilizações com suas respectivas composições territoriais.

Com o desenvolvimento de técnicas ao longo da história da humanidade, o meio geográfico passa a adquirir as marcas da evolução dos processos de produção e o componente material é crescentemente formado do “natural” e do “artificial”, caracteriza-se, portanto, o “meio técnico”, do qual emerge o espaço mecanizado.

No meio técnico, os espaços, as regiões e os países passam-se a distinguir em função da extensão e da densidade da substituição, neles, dos objetos naturais e dos objetos culturais, por objetos técnicos emergindo o espaço mecanizado.

No mundo atual, a imposição de inovações e experimentos técnicos-científicos remodela o espaço mecanizado e o meio geográfico se transforma em um “meio técnico-científico-informacional”.

As dimensões da ciência, tecnologia e informação variam entre os territórios, a carga de sua presença reorganiza o espaço e evidencia o quanto o mundo é hierarquizado.

As diferenças e disparidades quanto à carga da presença da ciência e da tecnologia são notadas espacialmente, nas diferentes escalas geográficas, tem-se a hierarquização do mundo em “espaços do mandar”, “espaços do fazer” e “espaços do obedecer”.

Enquanto, alguns países consolidam-se como espaços dominadores dos processos econômicos e políticos, por apresentarem desenvolvimento científico e tecnológico que permitem-lhes a modernização e o crescimento (espaços do mandar), outros países apresentam-se imunes às transformações impostas pelo desenvolvimento técnico-científico e se caracterizam como espaços não dominantes (espaços do fazer e obedecer), exercem atividades menos poderosas do ponto de vista das inovações e encontram-se subordinados aos países dominadores.

Diante do exposto, nota-se que as relações da sociedade com a natureza alteraram-se e intensificaram-se. Mediante aos progressos tecnológicos, o ser humano domina a natureza e a artificializa, assim o mundo atual apresenta seus espaços marcados pela ciência, pela tecnologia e pela informação. Contamos com a cibernética, a biotecnologia, as novas químicas, a informática, a eletrônica, o sensoriamento remoto, a nanotecnologia, a inteligência artificial, a robotização entre outros avanços, consta-se que a constante inovação tecnológica tem por razão as relações de poder entre os territórios.

No contexto da modernidade, o espaço geográfico amplia seu grau de complexidade. Surgem novas questões e desafios que sinalizam para a necessidade de um ensino de Geografia capaz de estabelecer as relações entre o domínio do conhecimento científico, tecnológico e informacional com a realidade social, espacial e ambiental.

É fato que o desenvolvimentismo com o rápido crescimento populacional, a industrialização, a urbanização, o desenvolvimento tecnológico o uso intensivo de energia proveniente de combustíveis fósseis possuem a sua parcela de culpa na exaustão

dos recursos naturais e nas significativas mudanças ambientais que estamos vivendo na atualidade, com destaque para o aquecimento global e as mudanças climáticas que estão potencializando e aumentando a frequência dos eventos naturais extremos.

Mas, deve-se tomar o cuidado para que o ensino de Geografia não ofereça um ecologismo ingênuo, nem remeta a generalizações que pouco condiz com a realidade. Assim, ao abordar, por exemplo, sobre o padrão de produção e de consumo da sociedade moderna cabem reflexões mais profundas diante do poder assimétrico que impera no mundo se fazendo necessária uma abordagem que contemple os aspectos: social, ambiental, territorial, econômico, político e cultural.

Discutir a apropriação desigual dos recursos naturais evidencia as relações entre esses aspectos, haja posto que segundo (GONÇALVES, 2012)

Toda a questão passa a ser, portanto, quem determina o quanto, com que intensidade, por quem e para quem os recursos naturais devem ser extraídos e levados de um lugar para outro, assim como o próprio trajeto entre os lugares. (2012, p. 69.)

Ao trazer tal conteúdo para o debate nas aulas de Geografia, evidencia-se as relações de poder, essas por meio da análise dos territórios, apresentam questões políticas e geopolíticas voltadas para: a distribuição espacial dos recursos naturais (sobretudo os considerados como estratégicos para o capitalismo), o processo de extração para geração de proveitos dos recursos, a produção, a distribuição e a circulação das mercadorias produzidas considerando o fluxo do comércio internacional, o destino dado aos resíduos sólidos, líquidos e gasosos (principalmente os gases de efeito estufa responsáveis pelas mudanças climáticas que estão potencializando a ocorrência de eventos naturais extremos) gerados nas diversas atividades humanas e descartados na natureza.

Enfim, toda a cadeia produtiva de alguma mercadoria opera em escalas supralocais, ou seja, transcende amplamente o âmbito territorial abarcando um processo crescente de internacionalização, constatando-se que há múltiplas relações de escalas geográficas no processo e que sem dúvidas a governança é um instrumento necessário para fazer as coisas acontecerem, por isso a política e a geopolítica entram em cena fazendo-se necessário que os territórios estabeleçam: estratégias, acordos diversos (principalmente para o acesso a mercados), sistemas de vigilâncias e controle dos territórios considerados estratégicos.

Abordar a apropriação desigual dos recursos naturais nos aspectos: social, ambiental, econômico e político, leva a mais uma importante reflexão, que não pode ser negligenciada no ensino de Geografia, a divisão internacional do trabalho vigente no sistema-mundo. Na visão de GONÇALVES (2012):

Ao mesmo tempo há outras dimensões importantes para o desafio ambiental e que são específicas da relação com a natureza estabelecida pelas sociedades capitalistas: (1) separa-se quem produz de quem consome (quem produz não é o proprietário do produto) e(2) a produção não se destina ao consumo direto dos produtores, (3) assim como o lugar que produz não é necessariamente o lugar de destino da produção. Alienação por todo lado. (2012, p. 68)

Mas, por que há essa distinção entre quem produz e quem consome? Qual a intenção de se produzir em determinados lugares sendo que essas mercadorias não serão destinadas à população local? Por que a produção não se destina ao consumo direto dos produtores?

As respostas convergem nos interesses do capital, beneficiando-se de estratégias geopolíticas para obtenção de lucros. E o capital, por sua vez, concentra-se no território de grandes potências políticas e econômicas e nos mercados emergentes.

Em uma perspectiva histórica, o crescimento da economia mundial levou à aceleração do desenvolvimento desigual, concentrando renda e capacidade produtiva em determinados territórios, reforçando uma tendência de polarização e exclusão.

O fato é que no mundo atual, a inovação tecnológica tornou-se inerente ao processo produtivo e para fomentar o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica há dependência de grandes volumes de investimentos o que é garantido pelos governos dos países desenvolvidos e por suas corporações transnacionais. As grandes potências políticas e econômicas ampliam seu poder no “sistema-mundo” mediante a intensificação do desenvolvimento tecnológico e aumentam o abismo tecnológico entre as nações desenvolvidas e as periféricas.

O sistema-mundo, teoria do sociólogo estadunidense Immanuel Wallerstein publicada na década de 1970, pode ser compreendido pela estrutura hierárquica dentro da economia mundial mediante o desenvolvimento e o avanço do capitalismo, no qual se evidencia, em função da divisão internacional do trabalho, uma divisão entre centro, periferia e semiperiferia.

Quanto ao sistema-mundo, cabe resgatarmos a atual conjuntura do sistema capitalista com as contradições da globalização, e para tanto podemos nos reportar às contribuições de Lucrecia D’Alesso Ferrara que traz explicações claras em seu capítulo “Do mundo como imagem à imagem do mundo” presente no livro “Território, globalização e fragmentação” organizado, entre outros autores, por SANTOS (1998):

A globalização do mundo é uma contradição: globaliza-se a partir de uma estratégia que emana de um centro de decisão econômico, o que supõe considerar, como consequência, uma periferia a esse centro; logo, não se globaliza o mundo, mas uma parte privilegiada dele; uma articulação renovada da conhecida estrutura centro/periferia que é manifestação lógica do poder. (1998, p. 48)

Na Divisão Internacional do Trabalho (DIT), que se caracteriza pela forma como os países se relacionam e estabelecem as suas trocas comerciais, podemos considerar as nações desenvolvidas como nações centrais e os países mais pobres como periféricos. Os países periféricos, por sua vez ganha certa complexidade no cenário atual com características que podem leva-los a compor duas categorias distintas de países periféricos: de um lado temos os territórios que permanecem essencialmente agrários e de outro, os que além de agrários receberam e ainda recebem investimentos dos países centrais impulsionando a industrialização em seus territórios, são os semi-periféricos que atualmente podem se considerados como países emergentes.

Na DIT os países periféricos exportam matéria-prima tanto para os países de centro (ricos) quando para outros países semi-periféricos (emergentes), muitas vezes os trabalhadores são expostos a condições desumanas de trabalho e, ainda, muito mal remunerados. Os países semi-periféricos (emergentes) que também exportam seus recursos naturais, muitas vezes *in natura*, já passam a participarem de elos lucrativos na cadeia mercantil, pois geram níveis de beneficiamento de mercadorias com o processo de industrialização, estes produtos são exportados tanto para outros países periféricos quanto para os países de centro. Os fluxos de capitais são direcionados a esses territórios visando a maximização dos lucros, pois assim como os periféricos, geralmente são lugares com grande contingente de mão de obra fato que possibilita oferecer baixas remunerações aos trabalhadores.

A industrialização presente em seu território não coloca os países emergentes no mesmo patamar que os países centrais, visto que a relação de poder dentro da DIT não se faz mais apenas pela produção e sim pelo domínio da inovação tecnológica. Os países centrais continuam ficando com os elos mais lucrativos das cadeias mercantis, pois detém o domínio tecnológico para o processo de aperfeiçoamento dos produtos que lhes agregam maior valor.

Essa concentração-polarização tem efeitos devastadores, pois as defasagens tecnológicas somadas à carência de infraestrutura induzem a exclusão de amplos grupos sociais e um aumento da miséria mundial.

Ampliando a visão para o cenário da crise socioambiental, pode-se constatar a existência dessas perversas contradições da globalização com a assertiva de que “há a geografia desigual dos rejeitos e proveitos” Gonçalves (2012, p. 69).

Os rejeitos acabam se concentrando também nos territórios periféricos e semi-periféricos. Para GONÇALVES (2012):

É que, sendo os rejeitos aquilo que num dado processo de uso se mostra sem valor, tendem a ser colocados nos lugares também sem valor, ou que se desvalorizam porque ali foram colocados os rejeitos e, sendo lugares desvalorizados, tendem a ser habitados por pessoas igualmente desvalorizadas e sem grande poder de pressão, pelo menos a princípio. (2012, p. 135).

O ensino de Geografia, portanto, necessita proporcionar aos alunos a reflexão sobre as questões relacionadas à distinção entre quem produz e a quem se destina o consumo final desta produção. Para que seja elucidado aos estudantes que a acumulação de riquezas e obtenção de lucros que rege o mundo capitalista, globalizado, influem na concepção do ser humano como consumidor, mas não em sua homogeneidade.

Para prosseguir com a maximização dos lucros, uma parcela considerável da população mundial é explorada e não detém dos bens de consumo produzidos, muitas vezes, com a extração da riqueza natural presente em seu território e pela sua própria mão de obra, cabendo a estes apenas marcas concretas das injustiças socioambientais. Como disposto a saber GADOTTI (2007) diz:

“A globalização neoliberal a exploração do Planeta, de todas as formas de vida, inclusive de nossos semelhantes é um modo injusto de produzir e reproduzir a nossa existência e põe em risco a existência do próprio planeta. Ela produz guerra, terrorismo, fome, a miséria de muitos e o bem estar de poucos” (2007, p. 34).

Diante do exposto, podemos assimilar a devastação do planeta com a lógica do mercado globalizado pautado no poder assimétrico do sistema-mundo. Avançando as reflexões, conclui-se que se há produção, logicamente deve-se haver consumo, no entanto, o que se nota na atualidade é o estímulo para o estilo de vida consumista.

Adiante pautemo-nos no esclarecimento dos termos consumo e consumismo segundo Ministério do Meio Ambiente: Estilos de vida sustentável:

Consumo: atividade exercida pelo consumidor que consiste em consumir o básico, de maneira consciente.

Consumismo: atividade exercida pelo consumista que consiste em consumir de forma desenfreada ou desnecessária. (BRASIL, 2013, p. 11)

O consumo para a satisfação de necessidades básicas é uma atividade natural do ser humano, já o consumo exacerbado, com aquisições supérfluas, caracteriza o consumismo, este é dispensável, porém é impulsionado pela forte presença da moda e pelos anúncios publicitários.

O consumismo é um hábito ostensivo, socialmente injusto e ambientalmente insustentável no qual o valor das pessoas é aferido pelo o que elas têm e não pelo que são.

No quadro a seguir, podemos comparar as mudanças nos padrões de consumo da sociedade:

**Quadro 1.** Mudanças nos padrões de consumo.

Sociedades tradicionais	Sociedade contemporânea
Unidade de produção e consumo era a família.	Unidade de consumo é o indivíduo.
Sociedade composta por grupos de status definidos pelas roupas, atividades de lazer, padrões alimentares, etc.	Cada um faz as suas próprias escolhas segundo se senso estético e conforto.
Consumo de pátina, que corresponde a um ciclo de vida mais longo do objeto. O valor estava na tradição dos bens: quanto mais velho, mais valioso.	Consumo da moda, que expressa temporalidade de curta duração, pela valorização do novo e do individual.

Fonte: Adaptado de Ministério do Meio Ambiente: Estilos de vida sustentáveis. (BRASIL, 2013, p.15).

Nota-se que a tendência do comportamento humano contemporâneo prima pelo individualismo, pela valorização do novo e pela moda. Um estilo de vida insustentável se tomado proporções para a população mundial, no entanto, é fato que as discrepâncias sociais e econômicas são fortemente marcantes no mundo e essa tendência pode e, muitas vezes, ser praticada por uma parcela privilegiada da sociedade.

Ao mensurar a capacidade dos recursos naturais disponíveis para suprir a habitabilidade humana no planeta, atrelada aos padrões de produção e consumo vigentes na sociedade contemporânea, instaura-se uma problemática no cenário global: até que ponto o planeta vai suportar o modelo insustentável de desenvolvimento? Assim, conceitos como: segurança ambiental global e desenvolvimento sustentável são discutidos em conferências internacionais ao longo de décadas.

Frente a esse modelo de desenvolvimento predatório que leva à exaustão dos recursos naturais, Reigota (2009) expõe que “um dos princípios éticos da educação ambiental é a desconstrução da noção antropocêntrica”. Corroborado com a visão ética de que o ser humano é um dos seres vivos presentes na natureza e que essa não tem a finalidade de servi-lo, a Geografia escolar tem a possibilidade de dialogar e refletir com os alunos e buscar educar o cidadão para soluções alternativas que permitam a convivência digna e voltada para o bem comum entre sociedade e natureza.

Nessa perspectiva, a Geografia instiga à reflexão das práticas cotidianas das relações humanas com a natureza, questiona o componente comportamental dos indivíduos e oferece uma contribuição importante na educação ambiental, no sentido em que a cidadania amplia e pondera “pensar as nossas relações cotidianas com outros seres humanos e espécies animais e vegetais e procurar alterá-las nos casos negativos e ampliá-las nos casos positivos” (REIGOTA, 2009, p. 13)

Pode-se concluir, na atualidade, que o modelo ultraneoliberal, na perspectiva econômico-financeira global, com seus pressupostos éticos e padrões de produção e consumo intensificam a crise socioambiental. Presencia-se hoje o consumismo, a evolução das alterações climáticas, a escassez hídrica, o empobrecimento dos solos e a destruição da biodiversidade, a fome, a miséria, a desigualdade social, tensões que podem conduzir à guerra, ao terrorismo, às intensificações de desastres naturais, entre outros desafios.

Dessa maneira, a organização material da sociedade capitalista forma os sujeitos e o modo de produção do conhecimento, e esse, vincula-se aos interesses das classes dominantes que deseja perpetuar a alienação para continuar com a exploração e o acúmulo de riquezas.

É preciso romper com a dinâmica economicista de educação advinda da concepção do estado mínimo ultraneoliberal vigente, que reproduz a dualidade: uma escola privada para treinar os filhos da classe média e da parte da elite para garantir o ingresso no ensino público superior, e uma escola pública básica tecnicista para o pobre, pensada para combater qualquer tipo de proposta progressista de educação voltada para a emancipação e libertação da gente do povo.

O ensino de Geografia pode refletir acerca destes desafios e contribuir para conservação e preservação dos recursos naturais; promover o progresso do desenvolvimento social, resgatando valores como a solidariedade e a coletividade, reavaliando os padrões de consumo para estilos de vida mais sustentáveis com o desenvolvimento da consciência socioambiental dos estudantes.

Ainda ratificando, o ensino de Geografia deve ser capaz de estabelecer as relações entre o domínio do conhecimento científico, tecnológico e informacional com a realidade social, espacial e ambiental, além de tratar questões como o desafio da prevenção dos fenômenos geoambientais relacionados aos desastres naturais.

É fato que os desastres naturais são fenômenos adversos que surpreendem e geram danos sociais, ambientais e econômicos. Segundo Tominaga (2009, p.14) "quando os fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhes danos, passam a se chamar desastres naturais."

Sabe-se que os avanços tecnológicos permitem que a humanidade enfrente melhor os perigos decorrentes destes fenômenos. Valendo-se da tecnologia como aliada, é possível prever alguns fenômenos catastróficos, mapear e monitorar áreas de risco, bem como realizar obras de engenharia como plano de mitigação de risco.

No entanto, a aquisição de aparatos tecnológicos para auxiliar na prevenção quanto na minimização dos danos requer, muitas vezes, recursos financeiros elevados e, como posto anteriormente, no mundo há uma assimetria nas condições de poder econômico e de desenvolvimento tecnológico entre os territórios. Assim, os efeitos catastróficos são sentidos com maior intensidade pela população mais desfavorecida que vivem em áreas de risco com terrenos densamente povoados, geralmente nos territórios que apresentam maior defasagem tecnológica e econômica.

Até mesmo a parcela territorial privilegiada do mundo, as nações centrais, está suscetível a desastres arrasadores, pois podem ser de origem natural, por meio de fenômenos ainda difíceis de serem previstos pelo ser humano. Nesse sentido, os desastres naturais "são aqueles causados por fenômenos e desequilíbrios da natureza que atuam independente da ação humana" Tominaga (2009, p. 15).

Alguns fenômenos naturais estão diretamente relacionados à ocorrência de desastres como, por exemplo, a variabilidade climática atual que tem como uma característica impactante o aumento de extremos climáticos e esses proporcionam desastres. Se por um lado, os eventos pluviométricos intensos geram desastres hidrológicos como tempestades, tornados, furacões, inundações, por outro, a falta de chuvas e as temperaturas elevadas também geram desastres como estiagens severas.

Outros exemplos de desastres naturais são os terremotos, maremotos, tsunamis e o vulcanismo gerados por fenômenos de dinâmica interna. Há, ainda, desastres naturais desencadeados devido a relações entre fatores geológicos e geomorfológicos associados a aspectos climáticos, hidrológicos e à ausência de vegetação, tal como os movimentos de massa com escorregamento de solo, de rochas e de encostas.

Nesse sentido, para que se avance nas inovações dos recursos tecnológicos que permitam a humanidade enfrentar melhor os perigos decorrentes de fenômenos naturais, é imprescindível entender as leis da natureza e o ensino de Geografia traz grandes contribuições para se compreender a dinâmica da Terra.

Quanto à classificação de desastres, considerando a origem, há ainda os desastres humanos ou antropogênicos que “são aqueles resultantes de ações ou omissões humanas e estão relacionados com as atividades do homem, como agente ou autor” Tominaga (2009, p. 15).

O acelerado processo de urbanização desordenado, associado ao avanço da degradação ambiental, ocasionada pela ação humana com a ocupação de áreas impróprias, seja construindo moradias, vias de acesso, intensificando a impermeabilização do solo ao longo das vertentes dos rios, lançamento de águas residuais, realizando obras de engenharia como a retificação e a canalização de cursos d’água ou mesmo de lixo e entulho na rede de drenagem das bacias hidrográficas, podem intensificar fenômenos como enchentes nas margens de corpos d’água, erosão e assoreamento dos cursos d’água e ocasionarem desastres como inundações bruscas e destrutivas.

A ocupação de áreas de encostas íngremes e de topos de morros, também com moradias precárias, vias de acesso, desmatamento ou até mesmo com atividades de mineração, aumenta o perigo de instabilidade de terrenos e potencializam desastres como deslizamentos, no qual o movimento de massa pode ser tão intenso a ponto das pessoas afetadas ficarem desabrigadas, desalojadas ou mesmo virem a óbito.

De acordo com Tominaga (2009) as medidas de prevenção são essenciais visto que os desastres também são classificados de acordo com as diferentes intensidades, variando de pequeno a médio porte, grande ou muito grande intensidade. Para essa autora, os danos podem ser evitados ou minimizados com obras de engenharia como reurbanização de áreas, sistemas de drenagem, políticas públicas como zoneamento geoambiental, planos preventivos de defesa civil, planos de controle e monitoramento de áreas de risco, os moradores podem evitar o desmatamento, acompanhar os boletins meteorológicos de sua região pela mídia, fazer o descarte apropriado de seus resíduos, respeitar a fiscalização e a legislação ambiental.

Conclui-se que impulsionar o debate sobre desastres no ensino de Geografia, possibilita estabelecer relações críticas e reflexivas entre a natureza e a sociedade, elucidando a influência da ação humana nos processos naturais e, também, na capacidade de evitar ou minimizar eventos catastróficos oriundos de desastres naturais que, por sua vez, evidenciam as desigualdades sociais, econômicas, políticas, científicas e tecnológicas existentes no mundo.

## Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Apostila do curso estilos de vida sustentáveis**. 2013.
- FERRARA, Lucrecia D’alessio. Do mundo como imagem a imagem do mundo. *In*: SANTOS, M (org). **Território globalização e fragmentação**. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 1998. p.45-50.
- GADOTTI, M. **Educar para um outro mundo possível**. São Paulo: Publisher Brasil, 2007.
- GONÇALVES, C. W. P. **O desafio ambiental: os porquês da desordem mundial: mestres explicam a globalização**. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 2012.
- PONTUSCHKA, N. N.; PAGANELLI, T. I.; CACETE, N.H. **Para ensinar e aprender geografia**. São Paulo: Ed. Cortez, 2007.383 p.
- REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2009. Coleção primeiros passos.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2006.
- SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Hucitec, 1996.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.



# MATERIAIS EDUCACIONAIS PARA INCENTIVO À PERCEPÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

Rosângela do Amaral<sup>1</sup>

Jair Santoro<sup>2</sup>

Sandra Moni<sup>3</sup>

## Introdução

Quando se trata do tema Desastres Naturais, o comum é pensar em publicações técnicas, para profissionais qualificados e atuantes na área. Entretanto, no contexto da gestão para a redução de riscos, para a prevenção e para a necessidade de agir no caso de ocorrência de um desastre, é muito importante que toda a população saiba o que está acontecendo e qual a melhor forma de enfrentamento do problema.

Algumas notícias veiculadas na mídia, infelizmente recorrentes, como afogamentos e pessoas arrastadas pela força das águas das inundações, soterramentos em eventos de escorregamentos, entre outros, causam extrema preocupação pois, muitas vezes, esses acidentes estão relacionados à falta de conhecimento sobre os fenômenos naturais.

Por outro lado, outras notícias são gratificantes, como o caso da menina britânica de 10 anos que reconheceu os sinais e avisou (e com isso salvou) a família e outros turistas de que iria acontecer o tsunami na Tailândia em 2004, onde estavam passando as férias, utilizando os conceitos que tinha aprendido em uma aula de Geografia.

Uma das funções do poder público é informar a população. Em relação aos desastres naturais, a disponibilização da informação significa a prevenção de perdas de vidas e de danos materiais. A gestão de riscos compreende um sistema que inclui a percepção do perigo, a análise de risco, a divulgação da informação e o suporte à tomada de decisões.

De acordo com a Lei Federal nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) (BRASIL, 2012), é dever da União, Estados e Municípios adotarem as medidas necessárias à redução dos riscos de desastres. Essa Política contempla uma abordagem sistêmica de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação a desastres voltada à proteção e defesa civil.

Dentre as várias medidas sugeridas, como medidas não estruturais de prevenção aos desastres naturais, estão as ações voltadas à educação e capacitação.

Desde 1987 o Instituto Geológico (IG) tem realizado estudos, pesquisas e atividades técnicas na área de atuação de prevenção de desastres naturais e no gerenciamento de riscos geológicos no Estado de São Paulo.

---

1 Pesquisadora Científica do Instituto Geológico, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo e aluna de pós-graduação do Departamento de Geografia/FFLCH/USP. E-mail: roseamar@usp.br.

2 Pesquisador Científico do Instituto Geológico, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. E-mail: jairsantor@yahoo.com.br.

3 Analista de Recursos Naturais, Instituto Geológico, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. E-mail: smoni@sp.gov.br.

As publicações produzidas pelo IG nos últimos anos buscaram levar esse conhecimento aos diversos tipos de públicos, com linguagem apropriada a cada faixa etária. A Coleção Geonatural, tem um conteúdo específico para desenvolver a percepção no público infantil, utilizando o formato de cartilhas. Os temas são abordados de forma a se relacionar com o cotidiano e proporcionar o aprendizado em uma linguagem lúdica, como mais um instrumento de comunicação pública que pode ser apresentado à criança pelos pais e professores. Outras publicações, como os Cadernos de Educação Ambiental, apresentam linguagem voltada ao professor de ensino fundamental e médio, para sua utilização em sala de aula.

A informação é um dos principais instrumentos para a redução dos riscos de desastres e propiciar a resiliência social, econômica e ambiental.

O objetivo desse trabalho é avaliar como os materiais educacionais podem colaborar para percepção de riscos aos desastres naturais e disseminação da informação.

### A educação e a percepção dos riscos

A partir da concepção de percepção de riscos, que ressalta a importância de prevenção, mitigação e eliminação de riscos, destaca-se o papel da transmissão do conhecimento. A percepção dos riscos envolve a compreensão de pessoas ou grupos em lidar com ameaças, os perigos ou catástrofes ou aos quais o ser humano está exposto, nem sempre possíveis de mensurar e vistos como algo futuro e negativo, a ser evitado e temido, ao qual se deva ter cautela, se antecipar, sobreviver, resistir e se recuperar (ISDR, 2004; VEYRET, 2007).

Há um sentimento de insegurança relacionado à exposição das pessoas ao risco. Para os que são mais vulneráveis, o acesso aos recursos, à informação, e a disponibilidade de uma rede social que mobilize apoio e ajuda na comunidade, são fatores de enorme relevância para lidar com as consequências dos desastres (VEYRET, 2007). Segundo a definição de organismos internacionais, como a Estratégia Internacional para Redução de Desastres, da Organização das Nações Unidas (EIRD/ONU, 2015) e Cutter *et. al.* (2012), as crianças, assim como os idosos, se enquadram na classe de alta vulnerabilidade social. Zanirato (2017) cita que a vulnerabilidade revela a fragilidade do sistema e a capacidade de superação e que a forma de reduzi-la é por meio do conhecimento dos processos e dispositivos para enfrentar a situação. Entretanto, a informação deve envolver a compreensão dos fenômenos de acordo com a capacidade do indivíduo em se apropriar dela no contexto de sua vivência, interesse e valores culturais (MINAYO; MIRANDA, 2002).

A educação tem ampla capacidade de estimular mudanças no ambiente. Uma das suas dimensões é a educação ambiental, definida na Lei Federal nº 9.795/1999 – Política Nacional de Educação Ambiental:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Art. 2º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal (BRASIL, 1999).

Pode, portanto, ser compreendida como uma estratégia de reflexão para a sociedade ou grupo, que permite recolher, selecionar, ordenar, gerir, utilizar e atualizar os conhecimentos, estabelecendo novos valores aos indivíduos em sua relação com a natureza e outros seres humanos. Dessa forma, os indivíduos podem se ver como críticos, formadores de opinião e hábeis para trabalhar em mudanças e soluções para os problemas apresentados (DA-ROSA-SILVA *et al.*, 2015; RIBEIRO; VIEIRA; TÔMIO, 2017). Permite ainda o reconhecimento e a percepção crítica sobre os processos socioambientais, a partir da desconstrução e reconstrução de alguns conceitos aprendidos (ALMEIDA; LEITE, 2018).

A educação voltada ao risco também significa uma cultura de segurança, o sentimento de autoestima por um lado e um nível de altruísmo para ações voltadas ao bem estar da comunidade (SELBY; KAGAWA, 2012).

De acordo com Ribeiro, Vieira e Tômio (2017), as questões ambientais tornaram-se parte importante na sociedade atual e devem ser abordadas em todos os níveis do processo educativo, especialmente nos anos iniciais de escolarização. Uma forma interessante de abordar o assunto pode ser pelo recurso do lúdico, com jogos e brincadeiras, muitas vezes adaptados de outros já tradicionais ou populares.

Povos de vários lugares do mundo utilizam o brincar como forma de resiliência, para empoderar crianças e adultos que sofrem os impactos das guerras, de desastre naturais como terremotos e tsunamis, o abandono de crianças e mulheres ou de políticas sociais autoritárias que não focam o bem estar do ser humano (KISHIMOTO, 2014, p. 85).

As instituições de pesquisa podem contribuir para a elaboração e acesso a esses materiais com um conteúdo voltado às crianças, de modo que o público alvo possa manifestar interesse, preferencialmente para se aproximar da realidade vivida além da escola, como observações nos locais onde moram ou no percurso que fazem habitualmente.

A UNICEF avaliou como ocorre a inclusão do tema de Redução do Risco de Desastres (RRD) nos currículos escolares e comparou estudos de caso em 30 países (SELBY; KAGAWA, 2012) e constatou que na maioria dos países os perigos naturais estudados são aqueles mais próximos da sua realidade.

Por exemplo, o Cazaquistão cobre terremotos, incêndios, enchentes, deslizamentos de terra e inundações; o Camboja se concentra principalmente em enchentes, abrangendo também as erupções vulcânicas, terremotos, furacões, secas e desmatamentos; as Ilhas Virgens Britânicas cobrem deslizamentos, furacões, terremotos e atividades vulcânicas (...). Por outro lado, uma série de países trazem riscos naturais e humanos induzidos pela tecnologia juntos em seus currículos de RRD. Por exemplo, Laos e Madagascar incluem, respectivamente, o conflito civil e a desnutrição ao lado de desastres naturais, enquanto o programa da Nova Zelândia se estende aos “não desastres naturais”, como pandemias, riscos biológicos, bombas terroristas e ameaças (...) (SELBY; KAGAWA, 2012, p. 20).

Algumas experiências no Brasil mostram bons resultados na aproximação do jovem leitor e dos conteúdos com base técnica, derivados dos projetos de Defesa Civil nas Escolas (em São Paulo ligado à Campanha Aprender para Prevenir), do projeto Desastre Zero (INPE), e os projetos derivados do programa Escolas Seguras – A redução de desastres começa na escola (UNICEF/ONU, 2008).

Um dos objetivos do programa Escolas Seguras é de educar para prevenir, onde as populações que estão cientes das ameaças às quais estão expostas aumentam suas chances de prevenir os desastres, ou pelo menos de reduzir seu impacto. Quanto maior for a educação e organização de uma comunidade, maior será sua capacidade de prevenir, reduzir e mitigar os fatores de risco e de se recuperar dos efeitos dos desastres. Algumas dessas iniciativas foram desenvolvidas em projetos de iniciação científica pelo IG em parcerias com escolas públicas (CACIANO; RIBEIRO; BRITO, 2017; FERNANDES; LEAL; MENDES, 2017; RAMOS; RIBEIRO; BRITO, 2017, RIBEIRO; LEAL; MENEZES, 2017; FERNANDES; LEAL, 2018; SILVA; LEAL; CORDEIRO, 2019).

A partir dos conceitos básicos aplicados de maneira lúdica, as crianças ficam cientes de perigos e passam a desenvolver a percepção dos riscos no seu cotidiano.

## **Materiais e Métodos**

As publicações destinadas às crianças devem conter linguagem simples e de fácil compreensão, com conteúdo sucinto (CASTELLAR, 1999).

Desta forma, como contribuição aos materiais educacionais para incentivo à percepção de desastres naturais, a metodologia de desenvolvimento da Coleção Geonatural seguiu quatro fundamentos básicos, com o objetivo de levar a informação para o público de 06 a 12 anos, articulando os conteúdos para essa faixa etária (AMARAL; SANTORO; SOUZA, 2016).

1. incentivar a motivação para a leitura;
2. ampliar os conhecimentos sobre diversos assuntos das Geociências;
3. apresentar ações práticas para o cotidiano, e;
4. o acesso gratuito e irrestrito às publicações.

O primeiro objetivo é o desafio de escrever sobre um assunto técnico para o público infantil é que a publicação trate o tema de forma atraente. Uma importante estratégia para obter o interesse e a motivação para a leitura é a promessa de uma descoberta que se inicia pelo título e pela ilustração da capa.

O segundo fundamento visa a apresentação e a utilização de alguns termos técnicos para tratar o fenômeno. Isso faz com que o público infantil possa expandir seu vocabulário, aprenda o termo corretamente e possa empregá-lo quando necessário.

Entretanto, buscou-se fazer as descrições da forma mais sucinta possível, com parágrafos curtos, para manter o interesse no tema e na continuidade das explicações, sempre utilizando esquemas e ilustrações coloridas a cada página, uma vez que na literatura infantil o foco narrativo deve contemplar duas naturezas – a verbal e a visual, ou seja, o texto deve ser sempre acompanhado de uma ilustração.

As cartilhas também devem apresentar curiosidades e relações com o meio ambiente sustentável, como fonte de informação e discussão, propiciando uma aproximação livro-leitor, contribuindo para a formação de indivíduos críticos, reflexivos e criativos (VON LINSINGER, 2008). O conteúdo é normalmente distribuído em uma média de 35 páginas em cada publicação (MOGILNER, 2006).

O terceiro fundamento é que a publicação faça com que o público alvo possa realizar ações práticas para a redução de perdas em desastres naturais com o que foi apreendido daquele conteúdo, como treinar a percepção, desempenhar ações preventivas e de segurança e, se necessário, saber como empregar ações práticas (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009; AMERICAN NATIONAL RED CROSS, 2016).

É nessa etapa que o público leitor pode se identificar com a possibilidade de se tornar uma pessoa atuante na preservação e conservação do meio ambiente e no bem estar da sociedade. Busca-se desenvolver o sentimento de que as crianças estejam

aprendendo algo que possa fazer diferença em sua vida e para ajudar também aos seus amigos e familiares.

O quarto fundamento importante é a disponibilização da publicação. Para garantir acesso ao público em geral, as cartilhas devem ser distribuídas gratuitamente nos eventos que tratam do tema e em cursos cujo público esteja envolvido nos trabalhos junto às Defesas Cíveis dos municípios, além de disponibilizá-las na internet, de forma a alcançar o maior público possível. Essa prática de disponibilização das informações sem custo também permite o uso educativo do material em salas de aula (FERREIRA, 1999).

Nesse sentido, há uma conexão entre a literatura infantil o ensino das questões técnicas, de forma a utilizar as cartilhas como um intermediário entre o senso comum e o conhecimento científico (VON LINSINGER, 2008).

## Resultados

A Coleção Geonatural, lançada em 2011, foi idealizada pelo Instituto Geológico (IG) com o intuito de colaborar com o aumento da consciência ambiental de cada indivíduo que pode atuar como um agente protetor do meio ambiente, de forma a ampliar o conhecimento sobre diversos temas de Geociências que se relacionam com o cotidiano da população.

Todos os volumes da coleção Geonatural apresentam títulos que se iniciam pela pergunta “Você sabe o que é?” e o fenômeno que será descrito ao longo da cartilha (Figura 1), com o objetivo de atrair o interesse do jovem leitor ao conteúdo explicativo de cada uma das publicações.



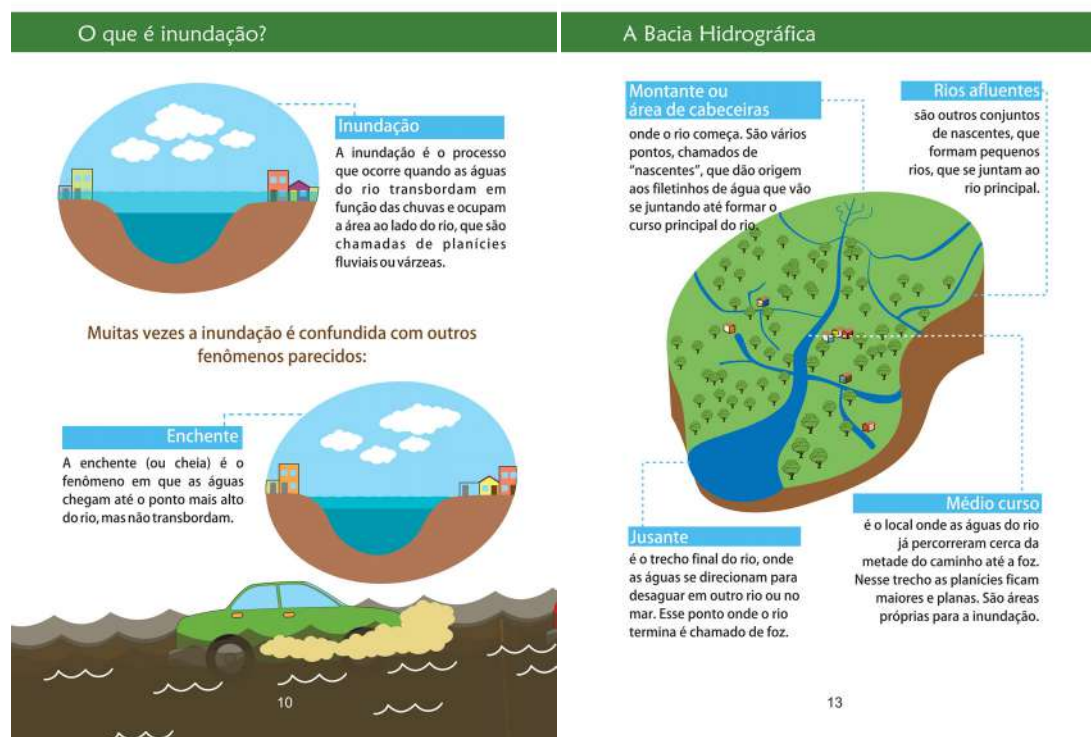
Fonte: Santoro, Amaral e Moni (2015) e Amaral e Moni (2020).

**Figura 1.** Exemplos das ilustrações das capas do nº 3 e nº 4 da Coleção Geonatural.

Os conceitos técnicos utilizados nas cartilhas são apresentados de forma breve e didática, com linguagem simples, de forma a relacionar o conteúdo abordado com o cotidiano das crianças.

Também são utilizados esquemas e figuras para ilustrar e relacionar o emprego dos termos técnicos (Figura 2), de forma que seu uso pode servir para atividades escolares que abordem o tema para essa faixa etária.

Neste aspecto, acredita-se que a inclusão deste tipo de material poderia contribuir também na formação continuada de professores. Diversos estudos a respeito do uso de livros infantis em formato de cartilhas concluíram que a literatura para crianças levada para o âmbito da escola será um dos grandes instrumentos para o processo na conscientização ecológica ou ambiental, pois promove um contato agradável e lúdico entre a leitura e o leitor (CARNEIRO; TOLEDO; ALMEIDA, 2004, VON LINSINGER, 2008).



Fonte: Amaral e Moni (2020).

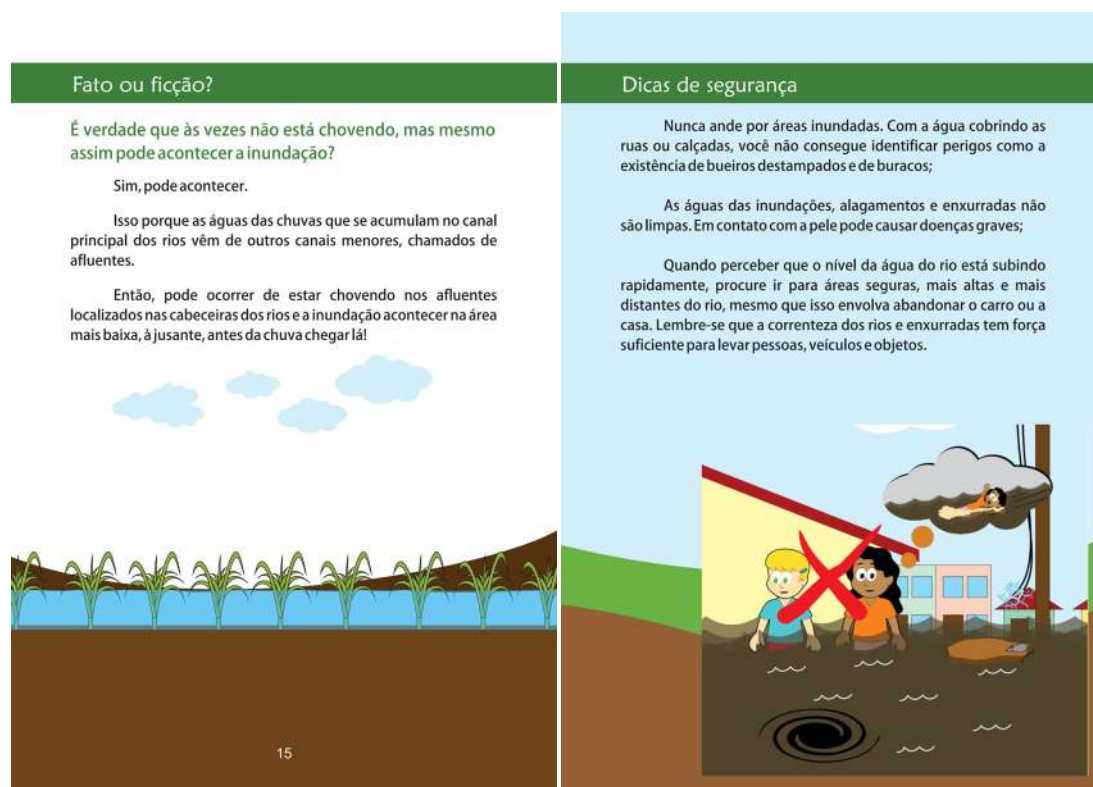
**Figura 2.** Esquemas e figuras de apresentação dos termos técnicos utilizados na cartilha “Você sabe o que é inundação?”.

A Lei Federal nº 9.795/1999 (BRASIL, 1999) também preconiza alguns dos princípios básicos da educação ambiental, que envolvem a concepção do meio ambiente a partir da relação entre a natureza, o socioeconômico e o cultural, a partir do enfoque as sustentabilidade, que também é um dos objetivos das publicações.

Como ações práticas para o cotidiano das crianças, as cartilhas trazem alguns temas de interesse comum, como a desmistificação de alguns conceitos em “Fato ou Ficção” e algumas dicas de segurança, que permitem ao leitor refletir em como devem agir caso estejam em uma situação de perigo (Figura 3). Dessa forma, a criança passa a ter uma percepção dos riscos e pode se proteger, assim como alertar colegas e outras pessoas.

O Marco de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres 2015-2030 (UNISDR, 2015) cita que embora os Estados tenham a responsabilidade geral de reduzir o risco de desastres, esta é uma responsabilidade compartilhada entre governos e partes interessadas. Aponta como um de seus objetivos a promoção de campanhas globais e regionais como instrumentos para a sensibilização e educação da sociedade para promover uma cultura de prevenção de desastres, resiliência e cidadania responsável.

Crianças e jovens são vistos como agentes de mudança e que devem ter a oportunidade de contribuir para a redução do risco de desastres em suas comunidades.



Fonte: Amaral e Moni (2020).

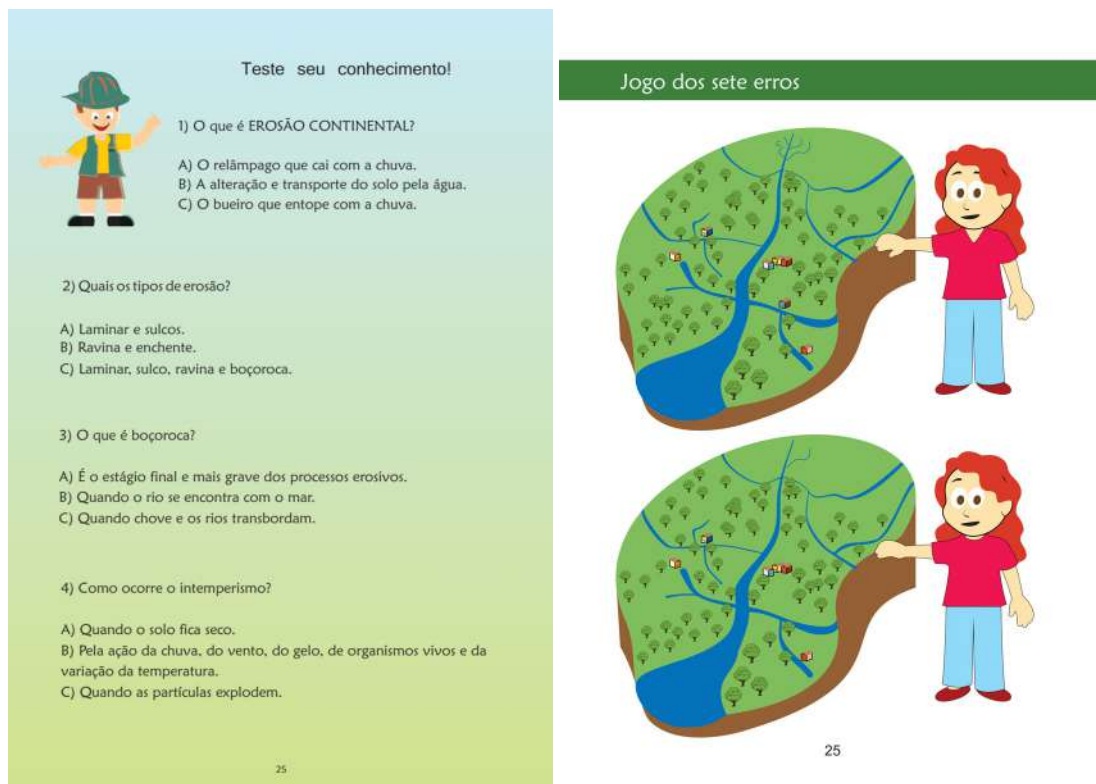
**Figura 3.** Exemplo de introdução à percepção de riscos na cartilha “Você sabe o que é inundação?”.

Após a exposição dos conceitos, a segunda parte das cartilhas apresenta atividades que propiciam treinar o uso das palavras aprendidas e colocar em prática o aprendizado dos conteúdos de maneira lúdica.

As atividades procuram se adequar a toda faixa etária alvo (6 a 12 anos), incluindo jogos como Encontre as palavras, Jogo das palavras, Teste seu conhecimento, Vamos colorir, Ache as sete diferenças, Cruzadinhas, Desembaralhe as letras, Ache o caminho e Decifre os códigos (Figura 4).

A cartilha “Você sabe o que é inundação?” apresenta também um jogo de tabuleiro, que pode ser aplicado em oficinas educacionais nas comunidades, atividades práticas nas escolas ou para uma atividade lúdica em família (Figura 5). A atividade busca apresentar toda a dinâmica da área marginal aos corpos d’água, com os riscos associados às instalações próximas nos eventos de chuva.

Com os jogos e brincadeiras, adaptados com base em outros jogos já comumente utilizados como passatempos ou lazer, os conceitos podem ser absorvidos de forma subconsciente, porém não menos eficaz. Muitas brincadeiras desenvolvem habilidades, valores e aprendizados importantes para a percepção de riscos de desastres e outros contextos ambientais que sejam abordados nas cartilhas.



Fonte: Santoro, Amaral e Moni (2015) e Amaral e Moni (2020).

**Figura 4.** Atividades lúdicas apresentadas na segunda parte das cartilhas “Você sabe o que é erosão continental?” e “Você sabe o que é inundação?”.



Fonte: Amaral e Moni (2020).

**Figura 5.** Jogo de tabuleiro “Siga o Rio”, que faz parte da cartilha “Você sabe o que é inundação?”.



As publicações da Coleção Geonatural têm sido impressas e distribuídas em cursos oferecidos aos agentes de defesa civil municipais, eventos, oficinas e ações institucionais como foco em Redução de Riscos de Desastres.

Também são disponibilizadas no sítio institucional, uma vez que a disseminação da informação técnica e científica também faz parte da missão da instituição, como órgão público que trabalha para subsidiar as políticas públicas do Estado e para promover ações de educação ambiental integradas aos programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente.

## Discussões e Conclusão

As diretrizes dos organismos internacionais e as legislações no âmbito da redução de riscos de desastres enfatizam a importância e necessidade de publicações técnicas informativas voltadas para o público infantil.

Com a Coleção Geonatural buscou-se romper a barreira entre a informação de assuntos técnicos e o público alvo, utilizando conteúdo sintetizado em publicação de poucas páginas, com utilização de ilustrações, linguagem simples e atividades lúdicas.

Com ações em parceria com a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC), o Instituto Geológico (IG) tem promovido oficinas, cursos e eventos com a finalidade de divulgar e distribuir gratuitamente as publicações, ampliando o público-alvo com acesso às informações relacionadas as ações de educação ambiental.

Dessa forma, procura-se colaborar com a elaboração de materiais educacionais que possam ser utilizados como instrumentos para percepção de riscos e resiliência aos desastres naturais e com a disseminação da informação técnica e científica.

Com a divulgação desses materiais de noções básicas sobre desastres naturais, se pretende criar uma cultura de prevenção, onde as crianças podem ser agentes de mudança de comportamento, se protegendo e alertando aos familiares e amigos sobre os riscos em situações futuras.

A participação das crianças e jovens na redução de desastres é fundamental para a construção da resiliência a longo prazo das comunidades em que vivem.

## Referências

ALMEIDA, C. V. C. L. S.; LEITE, A. F. As inundações em Uruaí e o ensino de geografia: uma análise da percepção desses eventos por adolescentes da rede pública de ensino. **Territorium**, v. 25, n. 2, p. 105-122, 2018.

AMARAL, R.; SANTORO, J.; SOUZA, S. M. O uso de cartilhas na divulgação da prevenção de riscos aos desastres naturais para o público infantil: a percepção sobre deslizamentos de encostas e erosão continental. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO AMERICANA, 3., 2016, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: IPT, 2016.

AMARAL, R.; MONI, S. **Você sabe o que é inundação?** São Paulo: Instituto Geológico, 2020. (Coleção Geonatural, n. 4).

AMERICAN NATIONAL RED CROSS. **Flood safety**. Disponível em: <http://www.redcross.org/get-help/prepare-for-emergencies/types-of-emergencies/flood#/About>. Acesso em: 25 fev. 2016.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 abr. 1999.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e defesa civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC; autoriza a criação

de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340 de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 11 abr. 2012

CACIANO, S.S.; RIBEIRO, F.S.; BRITO, R. O uso de SIG na caracterização de riscos geodinâmicos em escolas do município de Diadema, SP. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-IG, 7., 2017, São Paulo/SP. **Cadernos de Resumos [...]**. São Paulo: Instituto Geológico, 2017. p.6. Disponível em: [http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS\\_7-SIC-IG\\_2016.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf). Acesso em: 25 fev. 2016.

CARNEIRO, C. D. R.; TOLEDO, M. C. M., ALMEIDA, F. F. M. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 553-560, 2004.

CASTELLAR, S. M. V. A formação de professores e o ensino de Geografia. **Revista Terra Livre: as transformações no mundo da Educação – Geografia, Ensino e Responsabilidade Social**. São Paulo: AGB, n. 14, p. 51-59, 1999.

CUTTER, S. L. *et al.* **Hazards vulnerability and environmental justice**. Routledge, 2012.

DA-SILVA-ROSA, T. *et al.* A educação ambiental como estratégia para a redução de riscos socioambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 211-230, 2015.

EIRD. **Marco de Acción de Hyogo 2005-2015**: aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. 2015. Disponível em: <http://www.eird.org/mah/marco-de-accion-de-hyogo.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2016.

FERNANDES, V.S.; LEAL, P.C.B.; MENDES, E.D. Monitoramento da área de risco no Poço Fundo – Ubatuba (SP): subsídios à educação e prevenção. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-IG 7., 2017, São Paulo/SP. **Cadernos de Resumos [...]**. São Paulo: Instituto Geológico, 2017. p. 7. Disponível em: [http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS\\_7-SIC-IG\\_2016.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf). Acesso em: 25 fev. 2016.

FERNANDES, V.S.; LEAL, P.C.B. O uso de SIG na caracterização de risco geodinâmicos em escolas no município de Ubatuba (SP): Fase 03 – continuação da caracterização da vulnerabilidade. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC, 8., 2018, São Paulo/SP. **Cadernos de Resumos [...]**. São Paulo: Instituto Geológico, 2018, p. 12-17. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/2019/05/livro\\_pibic\\_2018\\_final\\_i.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/2019/05/livro_pibic_2018_final_i.pdf). Acesso em: 25 fev. 2016.

FERREIRA, C.C.M. Ensino de Geografia: uma proposta metodológica para o uso da literatura infanto-juvenil na sala de aula, por professores de Geografia. **Boletim Gaúcho de Geografia**, n. 25, p. 9-19, jun., 1999. Porto Alegre: AGB. Versão online. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/39724/26280>. Acesso em: 25 fev. 2016.

ISDR. International Strategy for Disaster Reduction. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. UN, 2004. v. 1.

KISHIMOTO, T. M. Jogos, brinquedos e brincadeiras do Brasil: Espacios en Blanco. **Revista de Educación**, n. 24, p. 81-105, 2014.

MINAYO, M.C, MIRANDA, A. C. Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1127-1132, jul./ago. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/csp/v20n4/30.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2016.

MOGILNER, A. **Children's writer's word book**. Writer's Digest Books, 2006.

RAMOS, K.C.; RIBEIRO, F.S.; BRITO, R. Monitoramento da área de risco no Bairro Serrania - Diadema (SP): subsídios à educação e prevenção. In SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-IG, 7., 2017, São Paulo/SP. **Cadernos de Resumos [...]**. São Paulo: Instituto Geológico, 2017. p. 13. Disponível em: [http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS\\_7-SIC-IG\\_2016.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf). Acesso em: 25 fev. 2016.

RIBEIRO, J.; VIEIRA, R.; TÔMIO, D. Análise da percepção do risco de desastres naturais por meio da expressão gráfica de estudantes do Projeto Defesa Civil na Escola.

**Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 42, 2017.

RIBEIRO, J.S.E.; LEAL, P.C.B.; MENEZES, D.S. O uso de SIG na caracterização de riscos geodinâmicos em escolas do município de Ubatuba, SP. *In*: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-IG, 7., 2017, São Paulo/SP. **Cadernos de Resumos [...]**. São Paulo: Instituto Geológico, 2017. p. 14. Disponível em: [http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS\\_7-SIC-IG\\_2016.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf). Acesso em: 25 fev. 2016.

SANTORO, J.; AMARAL, R.; MONI, S. **Você sabe o que é erosão continental?** São Paulo: Instituto Geológico, 2015. (Coleção Geonatural. n. 3).

SELBY, D.; KAGAWA, F. **Redução do risco de desastres nos currículos escolares:** estudos de casos de trinta países. UNESCO/UNICEF, 2012.

SILVA, A.L.G; LEAL, P.B.C.; CORDEIRO, T.L. Escola segura: plano de contingência para eventos de inundação na escola pública. *In*: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC, 9., 2019, São Paulo. **Cadernos de Resumos [...]**. São Paulo: Instituto Geológico, 2019, p. 38. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/sites/233/2020/06/resumos\\_ig\\_9\\_sic-ig-2019.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/sites/233/2020/06/resumos_ig_9_sic-ig-2019.pdf). Acesso em: 25 fev. 2019.

TOMINAGA L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

UNICEF/ ONU *et al.* **Escuela segura en territorio seguro.** Disponível em: <http://www.eird.org/publicaciones/escuela-segura.pdf>, Acesso em: 25 fev. 2008.

UN-ISDR. Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de riscos de desastres. **Marcos de Sendai para a redução de riscos de desastres 2015-2030.** 2015. Disponível em: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_63575sendaiframeworkportunofficialf%5B1%5D.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_63575sendaiframeworkportunofficialf%5B1%5D.pdf), Acesso em: 23 set 2020.

VEYRET, Y. **Os riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Editora Contexto, 2007.

VON LINSINGER, L. **Literatura infantil no ensino de Ciências:** articulações a partir da análise de uma coleção de livros. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2008.

ZANIRATO, S. H. Resenha: os riscos: paradoxos das sociedades ocidentais contemporâneas. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 86, p. 221-229, 2017.



# MANEJO DA ZONA RIPÁRIA PARA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES NO AMBIENTE MONTANHOSO

Masato Kobiyama<sup>1</sup>

Karla Campagnolo<sup>2</sup>

Danrlei de Menezes<sup>3</sup>

Maurício Andrades Paixão<sup>4</sup>

## 1 Introdução

Ao apresentar várias definições de montanha e diferentes maneiras de determinar suas características, tais como a altura em relação ao nível do mar ou em relação a sua base, Kobiyama *et al.* (2018) consideraram a montanha como uma região com encostas declivosas, sem detalhar sobre a relação entre altura mínima e declividade mínima. Sendo assim, este capítulo considera uma região (ou bacia hidrográfica) com diversas encostas inclinadas como sendo caracterizada por um ambiente montanhoso, e chamada então como a região (ou bacia) montanhosa.

Essa ótica permite nos dizer que a costa leste brasileira caracteriza-se predominantemente por bacias montanhosas. Nessas regiões, existem várias cidades de grande porte, com uma população que vem crescendo cada vez mais. Isso tem naturalmente intensificado o uso e ocupação da terra e a atividade humana, conseqüentemente aumentando a vulnerabilidade das comunidades que vivem nas regiões montanhosas (KOBİYAMA *et al.*, 2018).

Em ambientes montanhosos são comuns eventos de chuvas orográficas. No contexto das mudanças climáticas, a concentração espacial e temporal desses eventos nestes ambientes pode causar aumento da intensidade de chuvas extremas, gerando ainda mais eventos hidrológicos de média ou alta magnitude (ADAM *et al.*, 2015). Somadas à possibilidade do aumento de índices pluviométricos extremos, as mudanças climáticas poderão acarretar aumentos notáveis na incerteza das previsões em diversas regiões no mundo (REYNOLDS; SATTERFIELD; McLAY, 2017). Conforme matéria divulgada no THE GUARDIAN (2011), as mudanças nos padrões climáticos tornam a previsão das chuvas particularmente mais difícil.

A intensificação do regime pluviométrico e o uso intenso do solo sem um manejo adequado são fatores causadores e potencializadores, respectivamente, das ocorrências de fenômenos naturais nas bacias montanhosas, tais como os movimentos de massa (escorregamento e fluxo de detritos) e as inundações bruscas. Tais fenômenos

---

1 Professor, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br.

2 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: kbcampagnolo@gmail.com.

3 Mestrando, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: d.menezes18@gmail.com.

4 Doutorando, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: mauricio.paixao@ufrgs.br.

causam danos materiais, sociais, econômicos, culturais e ambientais, além da perda de vida humana (KOBİYAMA *et al.*, 2018). Além disso, a natureza repentina desses eventos torna a sua previsão um desafio, tanto técnico, quanto científico (COLLISCHONN; KOBİYAMA, 2019). Sabendo disso, a sociedade necessita urgentemente de medidas preventivas contra estes tipos de desastres.

O ambiente montanhoso é um local extremamente importante para a manutenção dos ecossistemas. Como trata-se de uma região com presença marcante de nascentes, é vital que seja protegida para que todos os processos que ocorrem a jusante possam continuar ocorrendo de forma sustentável. É conhecido pela sociedade em geral que a vegetação nativa em um ecossistema ripário tem a capacidade de regular o regime hidrológico e aumentar a resistência do solo através das raízes, por exemplo. No entanto, conforme abordaram Campagnolo *et al.* (2018), dependendo do formato da copa, comprimento do tronco, entre outros fatores, além de seu próprio peso, uma árvore pode desestabilizar a encosta, quando ocorre a sua queda, pela ação dos ventos ou de chuvas muito intensas.

Na tentativa de diminuir o risco de escorregamento na região serrana do Rio de Janeiro, autoridades brasileiras estão utilizando os conceitos de paisagem resiliente e serviços ecossistêmicos para reduzir a vulnerabilidade e o risco de desastres (NEHREN *et al.*, 2014). Entre as medidas adotadas, está a proteção de Áreas de Preservação Permanente – APP's com reflorestamento e restauração de rios.

Nehren *et al.* (2014) ressaltaram a importância de os governos optarem por soluções de planejamento urbano ecológico, considerando paisagens e sistemas ecossistêmicos como um todo e visando consequências a longo prazo para alcançar resiliência e apoiar o desenvolvimento sustentável. Esta abordagem para lidar com os riscos de desastres no processo de planejamento e implementação tem resultados a longo prazo, mas costumam ser mais eficazes do que soluções puramente técnicas. Além disso, os autores destacam que os custos geralmente são mais baixos e há outros benefícios associados, como aumento da biodiversidade e proteção da bacia hidrográfica como um todo.

As APP's são comumente consideradas similares ou intrínsecas à região de zona ripária. Portanto, o presente capítulo tem como objetivo apresentar o conceito geral de zona ripária e demonstrar alternativas para seu manejo a fim de reduzir riscos de desastres com ênfase no ambiente montanhoso.

## 2 A Floresta e os serviços ecossistêmicos

As florestas surgiram no planeta há cerca de 350 milhões de anos, e tiveram sua maior extensão e volume entre 320 milhões e 299 milhões de anos atrás durante o Período Carbonífero. O que atualmente entende-se por floresta é o resultado de sua própria evolução ao longo da história geológica da Terra (KOBİYAMA; MICHEL; GOERL, 2012). Embora existam diversas definições sobre floresta, uma definição *lato sensu* pode ser a proposta da FAO (2005), onde a floresta é conceituada “uma área que cobre mais de 0,5 ha com árvores que por sua vez possuem altura maior que 5 m e cuja copa cobre mais de 10% da área, ou árvores que por si só satisfaçam essas condições. Entretanto, esta definição não inclui áreas que são predominantemente de uso agrícola e/ou urbano, pois este tipo é considerado como sistema agroflorestal usado na agricultura”.

Tratando as florestas como recursos à sociedade, Kobiyama, Michel e Goerl (2012) classificaram-nas em dois tipos: os materiais (ou biológicos) e os ambientais. Os primeiros são associados à produção primária da floresta (papel, celulose, fertilizantes, remédios, alimentos, etc.) e à produção de solo (pedogênese). Podem ser aproveitados adequadamente quando as florestas estão inseridas no ciclo de materiais e de energia de maneira harmônica. Os recursos ambientais exercem sua função somente quando as florestas ocupam e

permanecem nas diferentes regiões do planeta. São eles: mitigação do clima; mitigação do regime hídrico; purificação do ar; melhoria da qualidade da água; conservação do solo; proteção contra movimentos de ar (vento, ruídos), água (chuva, neve, tsunamis), solo e rocha (escorregamento), e calor (incêndio); recreação; saúde; estética; educação/cultura; e bioindicador/história. Nota-se que os recursos ambientais descritos por Kobiyama, Michel e Goerl (2012) são conceitualmente muito similares a serviços ecossistêmicos.

Embora as árvores funcionem como dois importantes recursos acima mencionados, o conjunto das árvores por si só não é a floresta, mas apenas um dos componentes da floresta. Assim, o presente capítulo considera a floresta como um sistema composto por árvores (copa - folhas e galhos, troncos e raízes), arbustos, solos florestais, fauna (macro, meso e microfauna) e rochas. Neste aspecto, a floresta pode ser chamada de ecossistema florestal.

Com base em diferentes recursos de distintos componentes do ecossistema florestal, Kobiyama, Michel e Goerl (2012) apresentaram as principais funções das florestas: (i) mitigação do clima (temperatura e umidade), (ii) mitigação do hidrograma (redução da enchente e maior recarga ao rio), (iii) controle de erosão, (iv) melhoramento da qualidade da água no solo e no rio, (v) redução da poluição atmosférica, (vi) fornecimento de oxigênio ( $O_2$ ) e fixação do gás carbono ( $CO_2$ ), (vii) prevenção do vento e ruídos, (viii) recreação e educação, (ix) produção de biomassa, remédios, alimentos, etc. (x) fornecimento de energia, (xi) indicação (testemunha) da história, entre outras. Aqui é necessário salientar que a principal característica da floresta resulta da ocorrência simultânea de todas essas funções, mesmo que em maior ou menor grau. Segundo Sakals *et al.* (2006), essas florestas também são chamadas de florestas de proteção, já que frequentemente e efetivamente protegem as pessoas e seus bens contra perigos naturais (*natural hazards*).

Sabe-se que uma barragem pode funcionar melhor para a mitigação do hidrograma do que a floresta. Entretanto, as barragens não fixam gás carbono e tampouco produzem remédios. Já a floresta, pode exercer ambas as funções. Além disso, como medidas estruturais, a floresta pode apresentar longevidade maior do que aquelas construídas pela sociedade, pois há espécies de árvores que vivem mais de 1000 anos. Assim, espécies arbóreas de vida longa fazem também parte da história mundial. Como Shroder (1980), Bollschweiler e Stoffel (2010) e Stoffel *et al.* (2010) mostraram, a função da floresta para registrar a história é muito importante na pesquisa científica e também para a redução de riscos de desastres naturais.

A espécie humana sempre dependeu e continua dependendo dos bens e serviços providos pelos ecossistemas naturais, inclusive o florestal. Para que essa relação possa continuar existindo, a manutenção da dinâmica do fluxo de bens e serviços fornecidos por ecossistemas saudáveis e estáveis precisa ser mantida, para que assim continue sendo fonte de bem-estar para a sociedade.

Apesar disso, a atual escala de intervenção antrópica na dinâmica dos ecossistemas pode alterar definitivamente o fluxo de benefícios providos pelo sistema natural. Para tentar conscientizar a sociedade, a ONU lançou o programa Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005), que teve como objetivo avaliar as consequências das alterações nos ecossistemas para o bem-estar humano. Um exemplo de serviço ecológico prestado pela vegetação ripária protegida é que ela pode diminuir significativamente a concentração de herbicidas nos cursos d'água. Isso ocorre porque a maior parte dos nutrientes liberados dos ecossistemas terrestres chega aos cursos d'água através do transporte em solução no escoamento subsuperficial. Ao atravessar a zona ripária, esses nutrientes podem ser retidos por absorção pelo sistema radicular da vegetação ripária (AGUIAR JUNIOR *et al.*, 2015). Essa função de retenção de nutrientes e sedimentos como garantia de proteção da qualidade da água deve ser utilizada como um dos critérios de dimensionamento das APP's.

O conceito de serviço ecossistêmico é uma ferramenta eficaz para subsidiar a elaboração de políticas públicas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que é o processo de atribuir valores econômicos aos recursos ambientais, atrelando para isso aspectos socioeconômicos e ambientais, sendo assim, forma eficiente de promover a conservação ambiental (GUEDES; SEEHUSEN, 2011). Sob o aspecto social, considera-se que os PSAs podem gerar aumento da renda aos proprietários rurais que mantêm áreas nativas ou manejadas com práticas conservacionistas. Parron e Garcia (2015) ressaltam que a necessidade de preservação de determinados componentes do ecossistema, como vegetação ripária e vegetação nativa em topo de morro, implica um custo privado a determinados agentes econômicos como os produtores rurais, embora o benefício seja público. Os autores mencionaram ainda que não há consenso sobre as definições dos conceitos de “serviços ecossistêmicos” e “serviços ambientais”, relatando que isso ocorre tanto entre pesquisadores nacionais como internacionais, onde alguns diferenciam esses dois termos e outros não diferenciam.

Carvalho (2015) traz ainda a promissora tendência de serem utilizados os serviços ecossistêmicos como estratégia estrutural preventiva a desastres ambientais, atuando como infraestrutura verde, barreiras protetivas contra eventos climáticos extremos e fatores de ampliação da capacidade resiliente de comunidades atingidas. Pensar infraestruturas verdes e harmonizadas esteticamente com o ambiente permite assim maior integração entre os elementos naturais e aqueles construídos pelo homem, demonstrando assim o compromisso com a sustentabilidade.

A utilização dos serviços ecossistêmicos vem sendo inserida no contexto de gestão de risco de desastres cada vez mais. No passado, as ações no ciclo de gestão de riscos e desastres eram, principalmente, resposta e reconstrução ao invés de preventivas. Atualmente a engenharia deveria estar focada em planejar e utilizar as características da paisagem natural para prevenir desastres. Por isso, CNRD-PEDRR (2013) enfatizaram a abordagem: Redução de risco de desastre baseada em ecossistemas (*Ecosystem-based disaster risk reduction - Eco-DRR*), em que a gestão de riscos de desastres incorpora ferramentas de gestão de ecossistemas. Segundo Estrella e Saalismaa (2013), a Eco-DRR é definida como a gestão, conservação e restauração sustentável de ecossistemas para reduzir o risco de desastres, com o objetivo de alcançar um desenvolvimento sustentável e resiliente.

Ecossistemas bem manejados, como florestas e banhados, agem como uma infraestrutura natural, reduzindo a exposição física a muitos perigos e aumentando a resiliência socioeconômica das comunidades, sustentando os meios de subsistência locais e fornecendo os recursos naturais essenciais, como alimentos, água e materiais de construção. Estrella e Saalismaa (2013) conceituaram vários ecossistemas, tais como, florestas na montanha, florestas em áreas de inundação, e ecossistemas costeiros, indicando seus serviços reguladores para mitigar os perigos naturais. A capacidade de redução de risco físico dos ecossistemas depende de sua saúde e estrutura, e também da intensidade do evento de risco. Ecossistemas degradados ainda podem desempenhar um papel de proteção, embora em uma extensão muito menor do que ecossistemas em pleno funcionamento. Ecossistemas saudáveis reduzem a vulnerabilidade socioeconômica ao sustentar a subsistência humana e fornecer bens essenciais como alimentos, fibras, medicamentos e materiais de construção (CNRD-PEDRR, 2013). Os ecossistemas podem reduzir a exposição física a perigos naturais comuns, como escorregamentos, inundações, avalanches, tempestades, incêndios florestais e secas, servindo como infraestrutura natural, barreiras de proteção ou amortecedores (RENAUD; SUDMEIER-RINEUX; ESTRELLA, 2013). Como a exposição possui relação com a floresta, ou seja, com o meio ambiente, a gestão de risco deve ser tratada juntamente com a questão ambiental.

Assim, Potschin *et al.* (2016), Monty, Murti e Furuta (2016) e Moos *et al.* (2018) afirmam uma grande vantagem da Eco-DRR: ela tem o potencial de simultaneamente reduzir os riscos naturais e fornecer serviços ecossistêmicos. Embora o potencial de Eco-DRR é amplamente reconhecido, medidas estruturais tradicionais, ou seja, obras da engenharia são ainda preferidas em vez da Eco-DRR, principalmente porque são geralmente consideradas mais eficazes e mais rápidas de implementar (SUDMEIER-RIEUX; ASH; MURTI, 2013), além de apresentarem resultados em um prazo menor. Mesmo assim, Prabhakar, Scheyvens e Takahashi (2019) afirmam que uma grande vantagem da Eco-DRR é sua gama potencialmente ampla de cobenefícios que incluem mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade, redução do risco de desastres, proteção do solo, melhoria dos meios de subsistência e preservação de culturas tradicionais.

Vale ressaltar que apesar de vários pesquisadores (por exemplo, SUDMEIER-RIEUX; ASH; MURTI, 2013; MOOS *et al.*, 2018) considerarem as técnicas de Eco-DRR como medidas não estruturais, elas podem ser tratadas como as estruturais (CARVALHO, 2015). Essa consideração depende de cada gestor/pesquisador.

O exemplo mais proeminente de Eco-DRR em regiões montanhosas, segundo Moos *et al.* (2018), são as florestas que protegem as pessoas, assentamentos e infraestruturas contra perigos naturais tais como movimento de massa, inundação brusca, entre outros. Além da floresta em si, Monty, Murti e Furuta (2016) enfatizam a importância do aumento da biodiversidade.

No caso do Japão, a institucionalização da proteção florestal para prevenir escorregamentos e inundações começou no século XVII (NBSAP, 2016). Moos *et al.* (2018) relataram que muitos países possuem uma longa tradição de comunidades que se empenham em preservar as florestas protegendo suas vidas e bens.

Os países do Grupo dos 20 (G-20) vêm reconhecendo as abordagens de Eco-DRR, com as quais os governos esperam gerar uma ampla gama de benefícios (PRABHAKAR; SCHEYVENS; TAKAHASHI, 2019). A maioria dos países identificou áreas urbanas, áreas costeiras, áreas montanhosas e áreas marinhas como áreas prioritárias para abordagens de Eco-DRR.

### 3 Conceito da zona ripária

Em geral, a vegetação ou floresta ao longo do rio ou ao redor de lagos é chamada de mata ciliar cientificamente e tecnicamente (RODRIGUES; LEITÃO FILHO, 2000, ATTANASIO; GANDOLFI; RODRIGUES, 2006, CASTRO; MELLO; POESTER, 2012, KUNTSCHIK; EDUARTE; UEHARA, 2014). Segundo Gregory e Ashkenas (1990), o termo “ripária” (*riparian*) é derivado do latim, e significa banco de areia ou de terra depositada junto à margem dos rios e/ou terra perto da água e simplesmente refere-se à área próxima ao corpo da água, considerando os conceitos de distância e água. Por outro lado, o termo “ciliar” é originado de cílios, significando então, proteção. Neste sentido, floresta utilizada para quebra-vento poderia também ser mata ciliar (KOBİYAMA, 2003). Como a vegetação ripária possui função de proteger contra inundação brusca e movimento de massa, ela também é um tipo de floresta de proteção, ou seja, mata ciliar. No entanto, o presente capítulo trata exclusivamente a floresta que se localiza à beira do rio. Portanto, utiliza o termo “vegetação ripária” em vez de o termo “mata ciliar”.

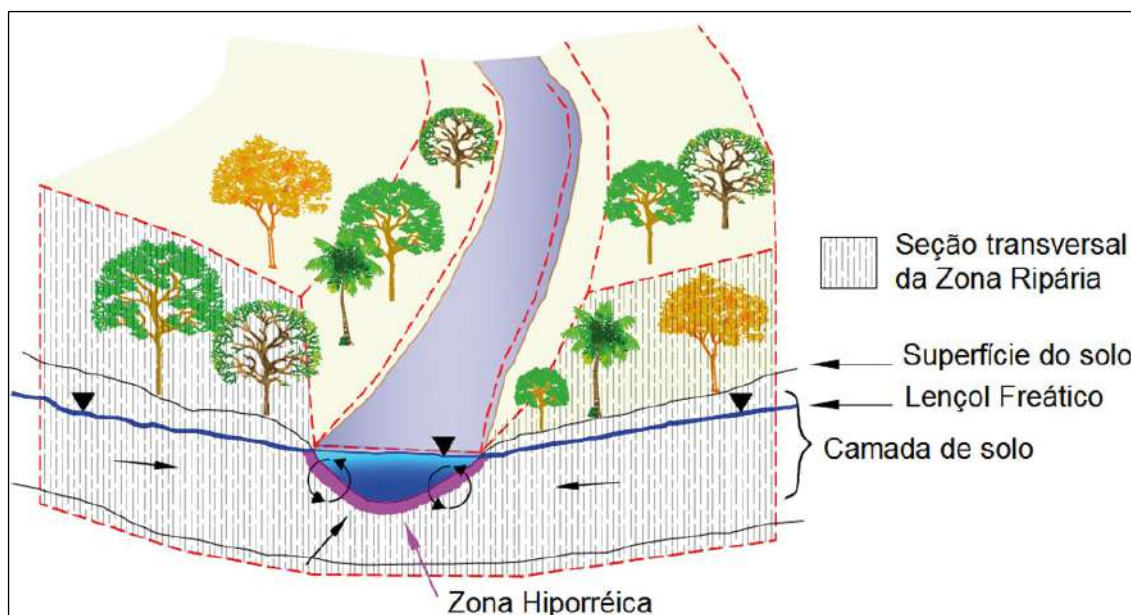
Seguindo a proposta de Gregory *et al.* (1991) sobre sua extensão horizontal e vertical, Kobiyama (2003) definiu a zona ripária. Modificando ainda a definição por Kobiyama (2003), o presente capítulo define a zona ripária como um espaço tridimensional, que contém vegetação, solo e rio, com sua extensão horizontal - até o alcance da inundação - e vertical - da parte inferior da camada do solo até o topo



da copa da floresta. A superfície do leito do rio se chama zona hiporréica. Segundo Mugnai, Messana e Di Lorenzo (2015), a zona hiporréica é um tipo de ecótono de ligação entre as águas superficial e subterrânea, tendo funções dos ecossistemas fluviais e das águas subterrâneas. As características hidrológicas, químicas, biológicas e metabólicas desta zona são diferentes com aquelas das águas superficial e subterrânea.

Nas regiões mais úmidas, normalmente os rios são perenes. Nessa condição, geralmente há boa conectividade subsuperficial que determina a dinâmica das áreas saturadas, ou seja, a zona hiporréica (KIRKBY, 2005). Por outro lado, na região semiárida, os rios são intermitentes, não possuindo a zona hiporréica durante o período seco. Neste caso, este tipo de zona hiporréica poderia ser chamada de hiporréica intermitente ou temporária.

Salienta-se que a zona ripária normalmente implica apenas em espaço. Quando se precisa tratar o sistema como um todo, os processos e mecanismos, recomenda-se usar o termo ecossistema ripário. Como este ecossistema é um sistema aberto, é considerado ecótono entre ecossistemas terrestres e aquáticos através da movimentação das águas superficial e subterrânea (Figura 1).



**Figura 1.** Definição da zona ripária.

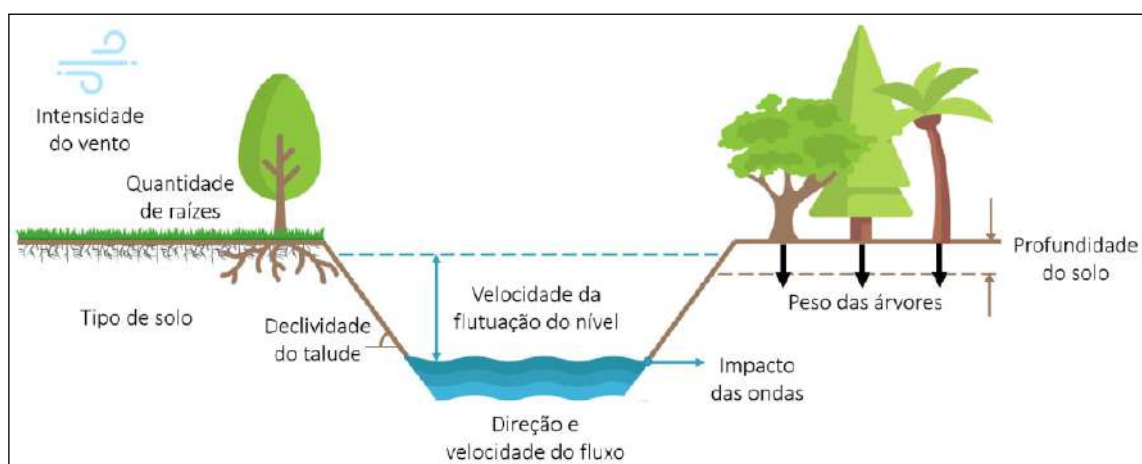
Dentro da bacia hidrográfica, a zona ripária é uma região intimamente relacionada ao curso d'água, sendo desta forma modificada constantemente ao longo do tempo. Não somente por englobar o próprio canal fluvial, mas também por influenciar diretamente os processos que ocorrem dentro dele. Seus limites laterais não são facilmente determinados na paisagem, e englobam toda a planície de inundação, variando assim em função do clima, da geologia e dos solos da região. Ainda, o padrão temporal dessa definição precisa ser considerado, já que a planície de inundação varia em função do tempo de recorrência das cheias.

Conforme Wohl (2019) a zona ripária (ou corredor ripário) pode ser descrita em relação ao processo e forma ou, entre ecologistas, função e estrutura. O processo descreve os fluxos de materiais dentro da zona ripária e as interações entre os materiais existentes no fluxo e a configuração física, características biogeoquímicas e comunidades bióticas. Do ponto de vista ecológico, a zona ripária destaca-se como um corredor extremamente importante para o movimento da fauna ao longo da paisagem. Estudando áreas da Amazônia, Lees e Peres (2008) concluíram que a faixa mínima de zona ripária para

mamíferos é, no mínimo, de 200 m em cada lado. Também se mostra como uma eficiente ferramenta para dispersão vegetal, formando ainda o banco de sementes dentro da bacia hidrográfica, já que em outros pontos da paisagem a antropização é mais recorrente.

A conservação da zona ripária está relacionada com a estabilidade do sistema hídrico da bacia, pois fatores como vegetação ripária estável ajudam a manter a qualidade e a quantidade de água, bem como na manutenção do ecossistema aquático como um todo. No ciclo hidrológico, é comprovada sua atuação na regularização das vazões, devido ao maior armazenamento de água no solo, pois atua aumentando a taxa de infiltração e diminuindo o escoamento superficial. A regularização das vazões significa, muitas vezes, o aumento da vazão na estação seca do ano.

A vegetação ripária atua também na estabilização dos taludes fluviais (marginais) e consequente diminuição da erosão e assoreamento do rio. A degradação das margens se dá principalmente pela ausência da proteção mecânica efetuada pelas raízes. Outros fatores que influenciam na estabilidade das margens ripárias estão demonstrados na Figura 2.

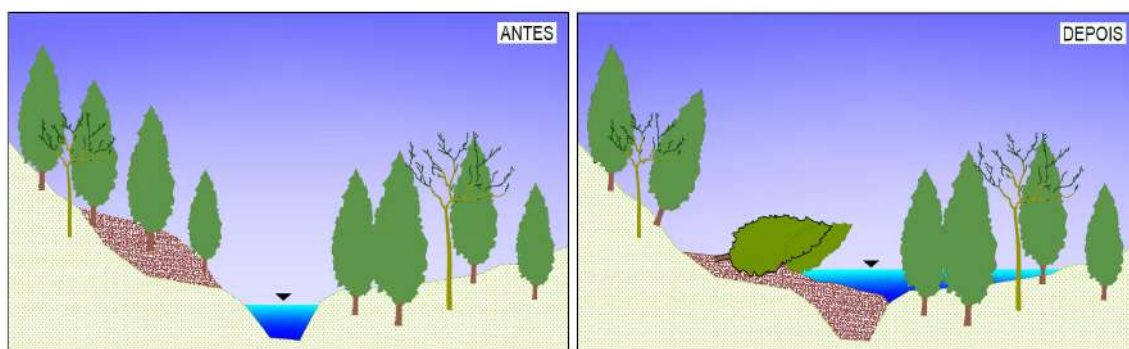


Fonte: Campagnolo *et al.* (2018).

**Figura 2.** Fatores mecânicos que influenciam a estabilidade das margens de rios.

A vegetação abastece continuamente o rio com material orgânico como galhos, folhas e troncos caídos, que são fonte nutricional para a biota aquática. A queda destes materiais orgânicos favorece o processo de retenção e deposição de sedimentos, que obstruem o fluxo d'água e criam zonas de piscinas, habitat favorável para muitos organismos aquáticos. Outro aspecto desta interação resulta da atenuação da radiação solar, favorecendo o equilíbrio térmico da água e influenciando positivamente a produção primária do ecossistema lótico.

Na zona ripária, os processos geomorfológicos, biológicos e hidrológicos, bem como as interações entre eles, são extremamente intensos e complexos. Justamente por isso, Kobiyama, Genz e Mendiondo (1998) mencionaram que o estudo da zona ripária seria um desafio da geobiohidrologia. A Figura 3 demonstra uma interação geobiohidrológica em uma seção de zona ripária. A dinâmica da água na encosta (processo hidrológico) causou um escorregamento (processo geomorfológico), consequentemente isso alterou a paisagem ripária (processo ecológico).



**Figura 3.** Seção da zona ripária antes e depois da ocorrência de escorregamento.

Na zona ripária no ambiente montanhoso, frequentemente ocorrem fenômenos naturais tais como escorregamento, fluxo hiperconcentrado, fluxo de detritos, erosão do solo, erosão fluvial, desbarrancamento, e inundação brusca. Muitas vezes eles prejudicam a sociedade, tornando-se desastres naturais. Considerando os processos geobiohidrológicos na zona ripária, Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) sugeriram chamar esses desastres naturais, que ocorrem na zona ripária, como desastres geobiohidrológicos.

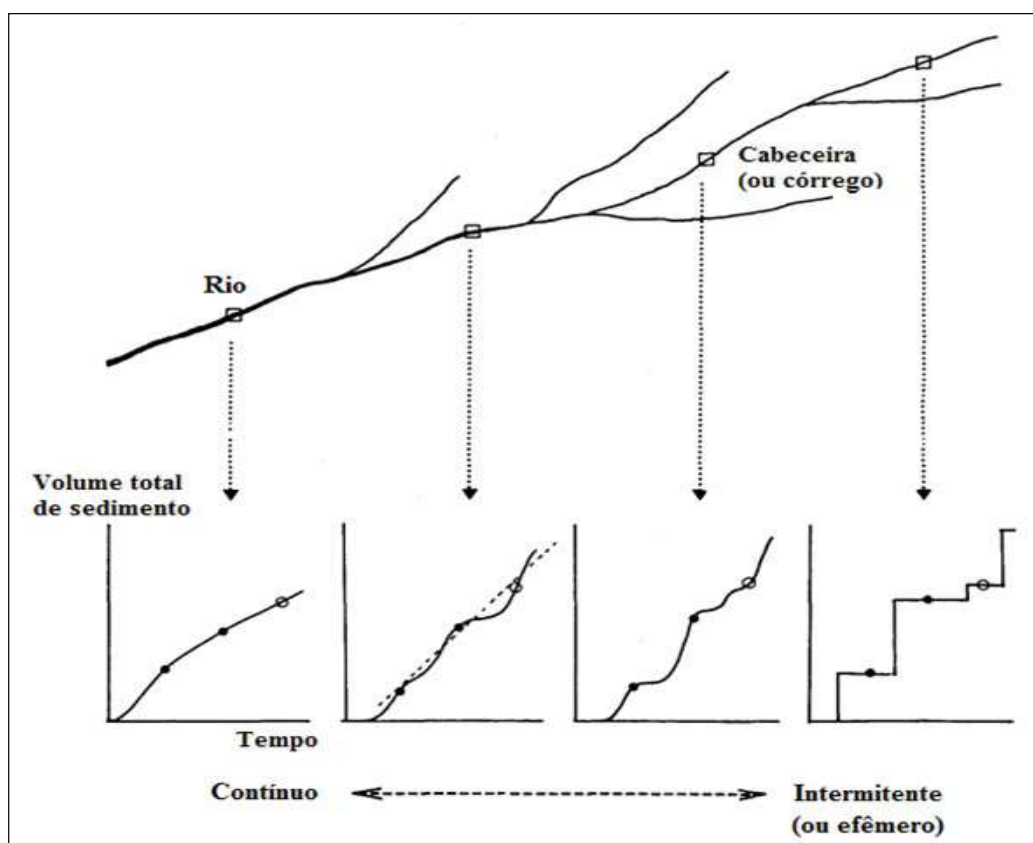
#### 4 Dinâmica de materiais (sedimentos e detritos lenhosos) no rio montanhoso

Dentro da zona ripária, é o rio que apresenta a maior dinâmica de material e energia. A partir desse contexto, destaca-se os rios montanhosos. Vários pesquisadores tais como Armanini (2005), Wohl (2010) e Paixão e Kobiyama (2019), mencionaram as características distintas do rio montanhoso e também a importância de seu estudo.

De acordo com Wohl (2010), as características relevantes dos rios montanhosos são: (i) gradientes médios acentuados; (ii) alta resistência superficial de canal e alta rugosidade de leito rochoso e sedimentos grossos; (iii) fluxo altamente turbulento e movimento de sedimento estocástico resultante do gradiente íngreme e superfícies irregulares de canal; (iv) regime fortemente sazonal com alta variabilidade espacial e temporal de vazão, resultante do efeito de mudanças na chuva com a altitude e a orientação da bacia; e (v) morfologia do canal que tem alta variabilidade espacial devido ao controle geológico, mas baixa variabilidade temporal porque apenas inundações bruscas ou fluxos de detritos infrequentes são capazes de exceder a resistência superficial do canal. Armanini (2005) mencionou que a maior característica do rio montanhoso é a sua grande declividade, especificando que a maior parte do seu trecho deve possuir a declividade superior a 0,02 m/m.

Em geral, o rio atua como um sistema de mão única que transporta água, sedimentos e solutos a jusante, em direção ao mar. A força gravitacional impulsiona esse sistema unilateral e a água geralmente é seu agente direto ou indireto. E os materiais que alteram a paisagem fluvial são sedimentos.

Os processos chuva-vazão são considerados como os não-lineares. Embora a dinâmica dos sedimentos seja associada à da água, a não linearidade da dinâmica dos sedimentos é muito mais marcada do que a da água. De acordo com Maita, Marutani e Nakamura (1994), quanto mais próximo à cabeceira do rio, o que muitas vezes coincide com o ambiente montanhoso, maior o volume dos sedimentos transportados eventualmente. Em outras palavras, nessa região, a quantidade dos sedimentos transportados usualmente é nula, mas, quando o transporte ocorre, a quantidade é elevada. Por outro lado, quanto mais a jusante, a quantidade de sedimento transportado é normalmente menor, mas mantém-se constante (Figura 4).



Fonte: Maita, Marutani e Nakamura (1994)

**Figura 4.** Conceito de transporte de sedimentos de montante para jusante.

Em geral, é dito que um rio transporta, além de água, sedimentos, detritos lenhosos (*woody debris*), solutos. No entanto, via de regra, materiais produzidos, transportados e depositados dentro de uma bacia podem ser classificados em dois: materiais sedimentares (CHURCH, 2010) que são usualmente chamados sedimentos; e materiais orgânicos, que são tratados cientificamente como detritos lenhosos (SWANSON *et al.*, 2020) somados aos detritos menores, ou seja, matéria orgânica particulada grossa (*coarse particulate organic matter* – CPOM) que consiste em folhas, fragmentos de madeira, galhos, flores, sementes e frutos (IROUMÉ; RUIZ-VILLANUEVA; SALAS-COLIBORO, 2020).

Como quaisquer fósseis dentro de rochas sedimentares são considerados como sedimentos, quaisquer materiais orgânicos, independente do seu tamanho, devem ser tratados junto com materiais sedimentares no estudo de sedimentologia, hidrogeomorfologia e hidrossedimentologia. Entretanto, sedimentos e detritos lenhosos vêm sendo tratados separadamente, como por exemplo, Nakamura e Swanson (1993), Gomi *et al.* (2001), May e Gresswell (2003) e Wohl e Scott (2017). Para avançar essas ciências, detritos lenhosos deverão ser tratados junto com materiais sedimentares, o que permitirá o verdadeiro estudo de sedimentos fluviais.

O excesso e a falta desses materiais certamente prejudicam a sociedade, tendo como consequência em muitas vezes, desastres. Os solutos não são visíveis e não alteram a morfologia fluvial, conseqüentemente estes não participam em processos de evolução da paisagem. Portanto, foi dado enfoque somente nos sedimentos e detritos lenhosos, cujas dinâmicas causam frequentemente desastres no ambiente montanhoso. Salienta-se que, para conveniência, os sedimentos e detritos lenhosos serão tratados separadamente, havendo assim uma coerência com outros trabalhos existentes.

## 4.1 Conceitos e classificação

A cobertura florestal em uma bacia hidrográfica interfere no ecossistema de várias maneiras, bem como na qualidade e quantidade de vazão no rio. Altera as características da chuva através dos processos de escoamento pelo tronco e chuva interna, e absorve nutrientes do solo e libera pela decomposição da serrapilheira, sendo assim importantes fatores na variação temporal das concentrações de nutrientes no sistema. Outro fato importante é a queda direta de detritos vegetais na água, os chamados detritos lenhosos.

Conforme destacaram Campagnolo, Kobiyama e Fan (2020) as pesquisas sobre detritos lenhosos ganharam evidência a partir dos anos 70, principalmente nos EUA, devido a campanhas de remoção desses detritos para melhorar a navegação. Isso porque, podem permanecer no rio como peças individuais ou formando acumulações. Além disso, são habitat para peixes e outros organismos e conhecida fonte de material para renaturalização de rios, técnica de baixo custo difundida mundialmente.

Ao longo de um curso d'água, os detritos lenhosos podem influenciar no arrastamento, transporte e armazenamento de sedimentos minerais e matéria orgânica particulada (GOMI *et al.*, 2001). Além disso, formam degraus e modificam a hidráulica dos canais dos rios montanhosos (WOHL; SCOTT, 2017) podendo, inclusive, mudar a composição do leito (WOOD-SMITH; BUFFINGTON, 1996). Por esse motivo, o entendimento dos processos que envolvem detritos lenhosos e transporte de sedimentos em rios são muito importantes. No ambiente montanhoso, em geral, a zona ripária possui abundantes florestas, dentro as quais, segundo Church (2010), detritos lenhosos têm uma influência importante na morfologia do canal.

Em um rio natural, os sedimentos podem ser oriundos das encostas ou do seu próprio leito. Eles são originados por meio de processos de intemperismo das rochas, erosão hídrica ou eólica e através dos processos de movimentos de massa (ação gravitacional). Quando transportados pela água em um canal eles ocorrem em duas maneiras principais: em suspensão e/ou em arrasto sobre o leito (saltando e/ou rolando). O sedimento em suspensão é composto basicamente de partículas finas como as frações argila e silte (<0,062 mm). Já as partículas maiores (areia, cascalho e pedregulhos) são transportadas em arrasto sob o leito.

Ambos os tipos de transporte estão relacionados com a força da água. Assim, para a determinação e quantificação dos sedimentos em um rio, é necessário também conhecer o fluxo de água. Desse modo, frequentemente é utilizado o termo “descarga em suspensão” para os sedimentos em suspensão e “descarga de leito” ou “descarga de arraste” para os sedimentos transportados sobre o leito. A soma das duas frações é o que chamamos de descarga total de sedimentos ou descarga sólida total.

## 4.2 Monitoramento

Para o conhecimento de sua dinâmica, é necessário primeiramente quantificar os sedimentos em uma dada seção sendo, então, realizado o monitoramento. Existem diversas metodologias de quantificação dos sedimentos em um trecho ou seção de um curso d'água. No entanto, todas as abordagens devem levar em consideração as características *in situ* para que não haja sub ou superestimativa. Depois de escolhido o melhor local, inicia-se a seleção e instalação dos equipamentos e definição das principais abordagens relacionadas.

O monitoramento da descarga sólida envolve a determinação do nível do curso d'água, da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) e do material transportado em arraste. Os processos são sintetizados a seguir:

- O nível de água é transformado, por meio de uma curva-chave, em vazão ou descarga líquida ( $Q$ ). Para isso, geralmente são utilizadas réguas linimétricas e sensores automáticos de pressão, instalados no exutório de uma bacia hidrográfica, ou simplesmente em um local onde se está investigando;
- Para a determinação da CSS, frequentemente são realizadas coletas de amostras de água e sedimentos que, posteriormente, são analisadas em laboratório. No entanto, esta técnica é onerosa e exige mão-de-obra qualificada para realizar as coletas a campo e análises em laboratório. Uma alternativa é a utilização de turbidímetros, que registram os valores em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) que pode ser relacionado com a CSS, desde que realizada a calibração com as amostras coletadas *in situ* (MERTEN *et al.*, 2014). Após determinada a CSS, é realizada a multiplicação pela  $Q$  para definição da descarga sólida em suspensão;
- O material transportado em arraste tem uma determinação mais difícil, pois geralmente ocorre durante eventos de chuva que incrementam a  $Q$  e a velocidade do escoamento. A alta velocidade do escoamento, associada aos diferentes tamanhos/quantidades de sedimentos transportados em arraste, põe em risco a vida do operador responsável pela coleta, bem como o equipamento eficiente para realizar a coleta. Nesse sentido, muitas vezes são utilizadas equações empíricas para determinação do transporte de sedimentos de arraste, por exemplo, Meyer-Peter e Müller (1948), Einstein (1950) e Van Rijn (1984). Embora existam inúmeras equações, é muito difícil escolher a mais adequada, pois diferentes equações geram resultados drasticamente diferentes (HADDADCHI; OMID; DEGHANI, 2013). Portanto, quando há apropriada condição e determinado interesse, é recomendado utilizar amostradores como o Helley-Smith (para areias e pedregulhos >16mm), armadilhas instaladas dentro do rio (para pedregulhos) ou traçadores (para grandes blocos de sedimentos).

De acordo com Muhammad *et al.* (2019), existem várias técnicas de amostragem de sedimentos disponíveis para sedimentos em suspensão e de arraste em rios (Tabela 1). A coleta de amostras representativas imparciais de sedimentos, usando amostradores físicos, ajuda a usar diretamente os dados coletados para quantificar as descargas de sedimentos e servir como calibração de outros com meios de amostragem de tecnologia avançada. No entanto, a decisão de escolher uma técnica depende de fatores como a mão de obra disponível, da restrição orçamentária, a disponibilidade de instrumentos e características da seção.

**Tabela 1.** Técnicas de medição de sedimentos. Fonte: Adaptado de Muhammad *et al.* (2019).

Abordagens	Mode de operação	Vantagens	Desvantagens	Referências
Amostragem de garrafas	A amostra de água carregada de sedimentos é coletada diretamente submergindo um recipiente no fluxo d'água até uma profundidade conhecida e analisada subsequentemente.	Amplamente aceito; permite avaliação da concentração; fácil de usar; calibração de outras técnicas são feitas comparando amostradores de garrafas.	Para extração dos dados requer análise laboratorial; pessoal no local necessário; perturba o fluxo.	Felix, Albayrak e Boes (2016); Wren <i>et al.</i> (2000)
Acústico	A concentração de sedimentos e a distribuição do tamanho é determinada por seu som retrodifundido.	Grande alcance de cobertura vertical; boa resolução e livre de interferências.	A tradução da retrodifusão é complicada; a alta concentração de partículas diminui o sinal.	Wilson e Hay (2015); Wren <i>et al.</i> (2000)

continua

continuação

Abordagens	Mode de operação	Vantagens	Desvantagens	Referências
Amostragem com bombas	A amostra de água carregada de sedimentos é bombeada do curso d'água e analisada posteriormente.	Amplamente aceito; testado ao longo do tempo; permite a avaliação da concentração e distribuição de tamanho (DT).	Requer análise laboratorial; a amostragem não é isocinética.	Breault e Granato (2003)
Difração a laser	Medição do ângulo de refração do laser incidente sobre partículas de sedimentos.	Medição in-situ da DT; valores volumétricos do CSS independem do DT.	Caro; pequena faixa de tamanho de partícula; medição apenas pontual; perturba o fluxo.	Santos et al. (2019); Agrawal e Pottsmith (1994)
Nuclear	Medição de raios X ou transmissão de radiação gama através de sedimentos de água.	Ampla faixa de medição de concentração e tamanho de partículas; baixa utilização de energia.	Regulação; apenas medição pontual; baixa sensibilidade; decaimento da fonte radioativa; perturba o fluxo.	Tazioli (1981)
Óptica	Medição de amostra de sedimento e água através da visibilidade de luz infravermelha ou transmissão/retrodifusão.	Relativamente barato e simples; registro de dados e implantação remota é possível; boa resolução temporal.	Permite apenas amostragem pontual; é intrusiva; altamente dependente do tamanho da partícula.	Guerrero et al. (2017); Wren et al. (2000)
Armadilhas de descarga do leito (Colorado State University/Forest Service)	As amostras são coletadas de uma armadilha colocada no leito do rio e, posteriormente, pesadas.	Instalação fácil e relativamente barata; ampla gama de armadilhas de sedimentos.	Fluxo intrusivo; necessário de pessoal no local; causa erosão no leito do curso d'água.	Bunte (2007)
Armadilha de descarga do leito do rio (River Bedload traps - RBT)	As amostras presas nas redes do amostrador são coletadas, drenadas e pesadas.	Fácil montagem; medição direta e contínua; carga do leito é medida com base no peso e volume; análise granulométrica facilmente realizada.	A limpeza dos sacos do amostrador e a substituição são necessários; requer uma base relativamente plana; o tamanho do amostrador.	Rachlewicz et al. (2017)
Amostrador Helley-Smith	O amostrador é abaixado no leito do riacho por um tempo de medição e a captura é pesada.	Amplamente aceito; testado ao longo do tempo; permite o exame no local de amostras coletada.	Perturba o fluxo e altera a condição hidráulica das partículas; pode causar desgaste; o abaixamento em pontes pode ser difícil; requer pessoal no local.	Adnan et al. (2018)
Amostrador do Serviços Hidrológicos Poloneses (PIHM)	O amostrador é colocado no leito do rio na direção da corrente e das amostras da armadilha.	Fácil instalação; as amostras coletadas podem ser examinadas no local; de baixo custo.	A entrada pequena impede a coleta; é intrusiva; requer pessoal no local.	Rachlewicz et al. (2017)
Poços e valas	As amostras ficam contidas em recipientes enterrados no canal do rio.	Oferece excelentes resultados; retém grandes partículas; adequado para uso em rios efêmeros.	Inadequado para fluxos elevados ou fixados em um local; deve ser recolhido após cada evento.	Diplas et al. (2008)

continua

continuação

Abordagens	Mode de operação	Vantagens	Desvantagens	Referências
Tubo de vórtice	Armadilhas de sedimentos atrás de barragens erguidas no rio.	Coleta a maior parte do sedimento no transporte; adequado para taxas de transporte baixas e altas; um lado retém o sedimento.	O custo de instalação inicial é alto; não é portátil; tem outros problemas semelhantes ao amostrador de poços.	Rachelly et al. (2019); Robinson (1960)
Traçadores radioativos	Traçadores radioativos semelhantes ao material do leito são introduzidos no rio e o movimento é medido.	A dinâmica dos sedimentos pode ser verificada durante o transporte; os traçadores podem ser detectados in situ.	Os traçadores são restritos à superfície da partícula exposta; a medição só pode ser feita após eventos de chuva-vazão; é um método oneroso.	Papangelakis e Hassan (2016); Bradley e Tucker (2012)
Tecnologias de substituição para descarga de leito	Usam luz ou som para deduzir estimativas de sedimentos.	Maioria não intrusiva ao fluxo; estimativas precisas e confiáveis.	A maioria das tecnologias ainda está em fase de teste e calibração.	Gray, Laronne e Marr (2010)

Em ambientes montanhosos, o tamanho dos sedimentos é relativamente maior. Quase não há sedimentos em suspensão, principalmente durante o escoamento de base, onde a energia do escoamento é menor. Durante eventos de inundação, grandes blocos de sedimentos são transportados (RAINATO; MAO; PICCO, 2018), influenciados pela alta velocidade do escoamento e a alta declividade do leito e das encostas desse tipo de ambiente. Enfatizando a importância de estudos de rios montanhosos, Paixão e Kobiyama (2019) apresentaram os parâmetros relevantes para caracterizá-los, entre os quais citam o tamanho de sedimento.

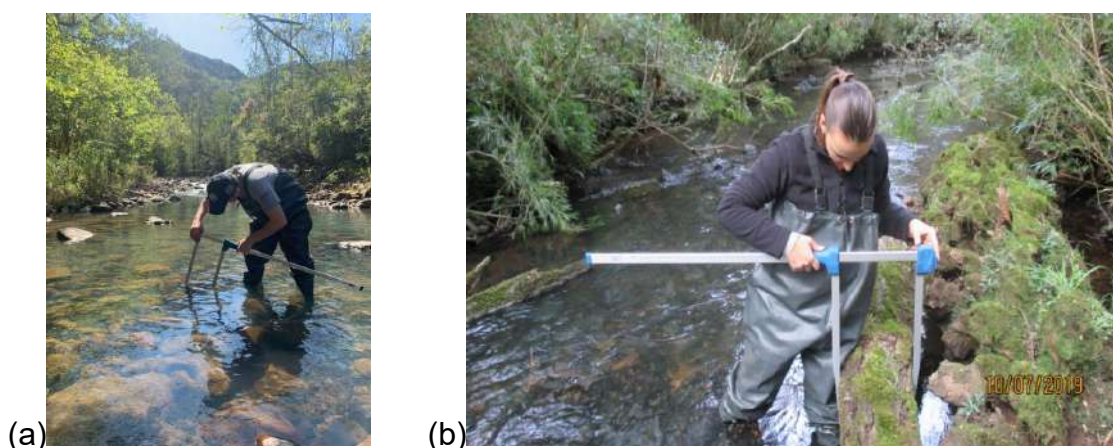
Na prática, a caracterização do tamanho de grandes sedimentos pode ser feita com o procedimento de contagem de seixos em zigue-zague (*zig-zag pebble-count*) (BEVENGER; KING, 1995). A medição para cada seixo segue a descrição de Bunte e Abt (2001), ou seja, os três diâmetros (eixos *a*, *b* e *c*) devem ser medidos e computados. Em seguida, o diâmetro nominal pode ser calculado para cada sedimento:

$$d_n = (a \cdot b \cdot c)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

onde  $d_n$  é o diâmetro nominal em mm; *a* é o maior diâmetro em mm; *b* é o diâmetro intermediário em mm; e *c* é o menor diâmetro em mm.

No caso do monitoramento de detritos lenhosos, todas as peças de madeira com mais de 10,0 cm de diâmetro e 1,0 m de comprimento, usualmente, são medidas. Este critério de medição com tamanho é muito comum entre os cientistas que estudaram a dinâmica de detritos lenhosos no canal, por exemplo, Abbe e Montgomery (2003), Andreoli, Comiti e Lenzi (2007), Comiti *et al.* (2008) e Galia *et al.* (2018). Estes autores consideram esse critério adequado para representar as características de detritos lenhosos em relação às dimensões do canal. As medidas de detritos lenhosos podem ser feitos com suta florestal ou fita métrica. Essa técnica é comum tanto para detrito lenhoso quanto para seixos em campo (Figura 5).





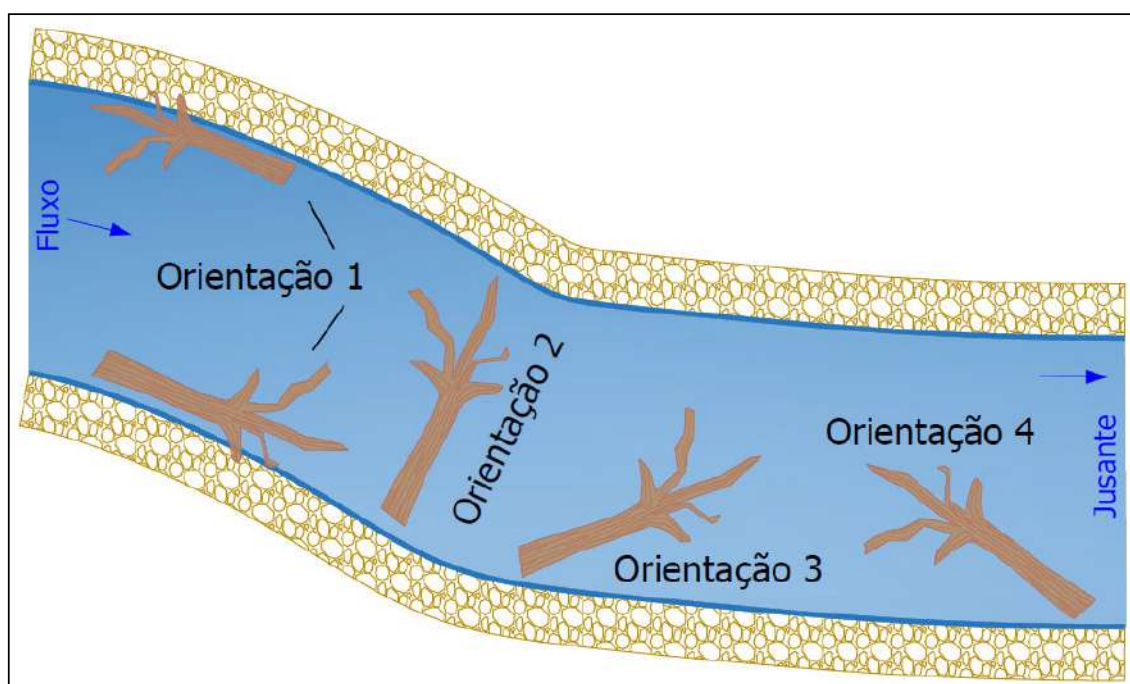
**Figura 5.** Medição do tamanho de sedimento com suta: (a) bloco de rocha no rio Forqueta/RS; e (b) detrito lenhoso no arroio Perdizes/RS.

O volume de cada fragmento de madeira ( $V$ ) é calculado a partir de seu diâmetro máximo, aplicando um fator de forma e assumindo uma forma cilíndrica sólida, como é comumente feito em inventários florestais:

$$V = L \cdot \left( \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \right) \cdot f \quad (2)$$

onde  $L$  é o comprimento do detrito lenhoso (m);  $d$  é o diâmetro (m); e  $f$  é o fator de forma, sendo normalmente utilizado 0,7.

A orientação individual de cada detrito em relação ao fluxo é uma informação muito importante no monitoramento. Com base na metodologia proposta por Magilligan *et al.* (2008), Campagnolo e Kobiyama (submetido) classificam quatro tipos de orientação do indivíduo: paralela, perpendicular e dois tipos de oblíqua (Figura 6).



Fonte: Campagnolo e Kobiyama (submetido)

**Figura 6.** Categorias de orientação de detritos lenhosos no rio.

A medição de sedimentos e detritos lenhosos ao longo do rio montanhoso e seu monitoramento são extremamente onerosos e também perigosos. Entretanto, esse trabalho em campo é indispensável para compreender suas dinâmicas.

### 4.3 Balanço de sedimentos e detritos lenhosos

Reid e Dunne (1996) definiram o balanço de sedimentos (*sediment budget*) como uma contabilização das fontes e disposição dos sedimentos à medida que se deslocam desde o seu ponto de origem até a sua eventual saída de uma bacia. Portanto, esse balanço de sedimento trata do aspecto mais fundamental da evolução do relevo: a conservação da massa, uma vez que é obtida por processos morfogenéticos que atuam dentro das condições de contorno impostas por controles naturais ou antropogênicos (REID; DUNNE, 2016). Para realizar um trabalho com esse balanço, são requeridas diversas etapas e atividades, dentre as quais o monitoramento descrito no item 4.2 é fundamental.

Em princípio, todos os balanços são conceitualmente expressos pela equação de continuidade para a transferência de sedimentos, isto é, (entrada de sedimentos para um sistema geomorfológico) = (saída de sedimentos do sistema) + (mudança no armazenamento de sedimentos). Conforme o interesse de estudo, essa equação é então modificada.

A técnica de balanço de sedimento fornece uma ferramenta para cientistas e gestores que julgam a importância relativa das fontes de sedimentos, locais de armazenamento e processos de transferência, incluindo como eles mudam com o tempo. Além disso, o balanço é útil para a gestão de recursos naturais quando se torna importante distinguir os impactos humanos nos sistemas geomorfológicos, tais como bacia hidrográfica, zona ripária e trecho do rio (REID; DUNNE, 1996). Como o balanço de sedimentos lida com as fontes, armazenamento, fluxo direto e saídas de sedimentos em um sistema geomorfológico, Marson e Pearson (2006) consideram o balanço como um método fundamental na compreensão de sistemas de processos de cascata (*cascade-process systems*).

Sendo assim, pode-se dizer que o balanço de sedimentos representa uma abordagem geral para a solução de problemas geomorfológicos, e conseqüentemente para a gestão de risco de desastres (REID; DUNNE, 2016). Theule *et al.* (2011) realizaram um programa de monitoramento de balanço de sedimentos em uma bacia montanhosa onde ocorrem frequentemente fluxos de detritos, localizada perto de Grenoble (França). Construindo esse balanço de sedimentos baseados em cada ocorrência, os autores conseguiram identificar melhor os mecanismos de produção, transporte e deposição dos sedimentos na área, o que certamente será útil para a gestão de risco contra fluxos de detritos no local. Complementando, ao realizar uma revisão conceitual do balanço de sedimentos, Slaymaker (2003) demonstrou que as implicações de gestão incluem, além de riscos de desastres, mudanças climáticas e distúrbios no uso da terra.

Por outro lado, a dinâmica dos detritos lenhosos também pode ser compreendida por meio do estudo do balanço que considera o recrutamento, armazenamento e transporte de detritos lenhosos em rio. O monitoramento da taxa deste recrutamento é realizado de forma a avaliar a importância de todos os processos envolvidos. Entre eles, estão mortalidade natural, tempestades de vento, incêndios florestais, erosão de margens e escorregamentos (BENDA; SIAS, 2003).

Neste sentido, para avaliar o balanço de madeira em rios do norte da Califórnia (EUA), Benda e Bigelow (2014) utilizaram, entre outros fatores, um modelo para prever a distância média percorrida pelos detritos lenhosos. Assim, verificaram que o recrutamento das maiores peças de detritos lenhosos se dava principalmente pela erosão de taludes em florestas manejadas e por mortalidade natural em florestas

não manejadas. Essa informação é importante para conhecimento dos impactos das florestas plantadas, discussão muito recorrente nos biomas brasileiros.

Segundo a constatação de Wohl *et al.* (2012), muitas vezes não há dados suficientes para avaliação de balanço de detritos lenhosos na área de estudo. Para resolver isso, os autores propuseram o método de dois membros extremos (*two end-member model*).

Usando o método de balanço de detritos lenhosos como uma estrutura organizacional, Wohl (2017) identificou lacunas relacionadas ao recrutamento, transporte e armazenamento de madeira. A autora demonstrou que abordar essas lacunas de conhecimento requer mais estudos de caso, em diversos rios. A falta de estudos de caso ainda é nítida no caso do Brasil (CAMPAGNOLO; KOBAYAMA; FAN, 2020).

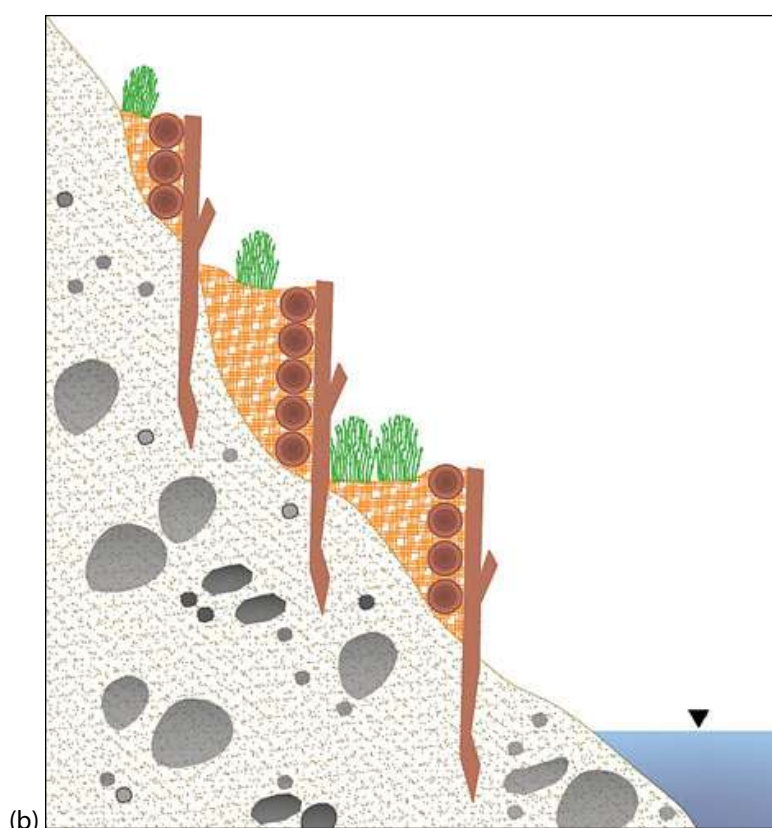
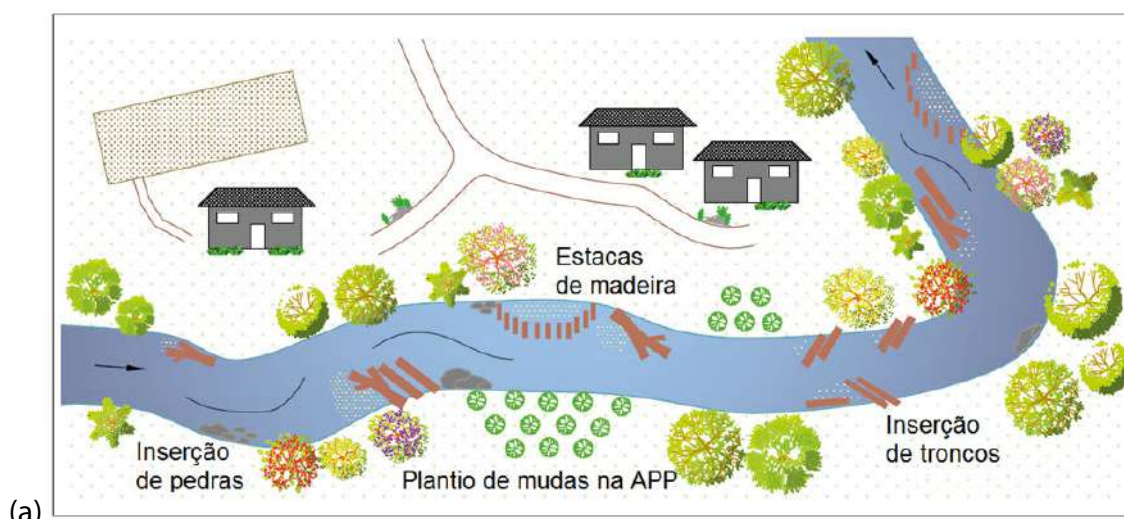
## 5 Renaturalização de rios

### 5.1 Aspecto geral

Segundo Souza e Kobiyama (2003) há diversos objetivos na renaturalização de rios, os quais se destacam: a recuperação da qualidade das águas; a estabilização de encostas e margens com objetivo de reduzir a erosão; a recuperação da biodiversidade do ecossistema ripário (fauna e flora); o restabelecimento de áreas naturais de inundação; e a recuperação da paisagem natural. Apesar de existirem diversos objetivos importantes, com base em Binder (1998), encontra-se dois princípios: (i) recuperar os rios de modo a regenerar o mais próximo possível da sua biota natural, através do manejo regular ou de programas de renaturalização; e (ii) preservar as áreas naturais de inundação e impedir quaisquer usos que inviabilizem tal função.

Quando é necessário renaturalizar um rio, não somente o seu canal deve ser o objeto de ação, mas também ambas as margens do rio devem ser tratadas. Assim, surge um enfoque indispensável na zona ripária. Portanto, a renaturalização dos rios pode ocorrer dentro do contexto de manejo da zona ripária e/ou do ecossistema ripário. Devido à intensificação mundial dos problemas sócio-econômico-ambientais da zona ripária, hoje existem diversos manuais para executar projetos de renaturalização dos rios, manejos de zona riparia, entre outros. Por exemplo, JSECE (2000) no Japão; Brooks *et al.* (2006) e Lovett e Price (2007) na Austrália; Arizpe, Mendes e Rabaça (2008) na Europa; Gregory e Ashkenas (1990), USBR e ERDC (2016), Johnson *et al.* (2018), Quinn, Wilhere e Krueger (2019), Carothers *et al.* (2020), Kratzer (2020) nos EUA; Binder (1998), Durlo e Sutili (2014), Souza *et al.* (2020) no Brasil.

Kratzer (2020) gerou um manual demonstrando técnicas de utilização de grandes detritos lenhosos para melhorar o habitat de riachos. Conforme ressalta o autor, esse material lenhoso sempre foi um componente natural e importante dos habitats de riachos no nordeste dos EUA, indicando que a melhor ação que se pode fazer pelos rios é proteger e restaurar suas florestas ribeirinhas, deixando as árvores caídas onde estão. Acontece que restaurar taxas de recrutamento de madeira natural é um processo extremamente longo. Sendo assim, a adição estratégica de madeira apresenta-se como um método para restaurar esse fornecimento natural. A Figura 7 apresenta esquematicamente um tipo de renaturalização de rio.



**Figura 7.** Renaturalização de rios: (a) Vista panorâmica; e (b) estabilização do talude fluvial.

Um fator importante para o sucesso da renaturalização é a consideração das unidades geomorfológicas. A combinação dessas unidades e também de outros parâmetros caracteriza um rio e também os trechos do rio. Um rio caracterizado por determinados fatores contém diferentes processos fluviais, o que requer a classificação dos rios e também uma metodologia apropriada para cada tipo na classificação. Segundo Harman e Starr (2011), nos EUA a maior parte dos projetos de renaturalização é feita com base na classificação de Rosgen (1994).

A classificação de Rosgen permite identificar 94 diferentes tipos de rios com base em sua morfologia geral, tipos e condição fluvial. Embora seja a classificação mais utilizada, também é a mais polêmica. Segundo Simon *et al.* (2007), a utilização irrestrita da classificação de Rosgen pode ser falha especialmente por não considerar processos governados pela

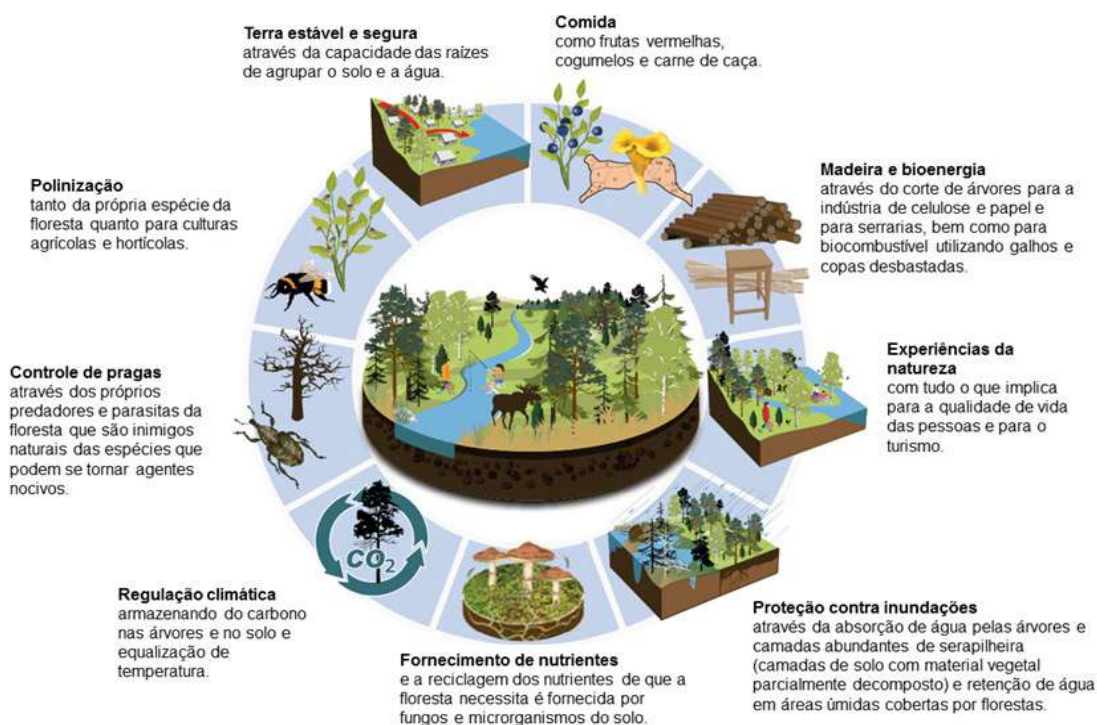
ação de forças de cisalhamento/resistência, e pelo desequilíbrio entre o fornecimento e o poder de transporte de sedimentos em sistemas fluviais. Diversas classificações, no entanto, vêm sendo desenvolvidas com base em processos, tais como Montgomery (1999) e Buffington e Montgomery (2013), as quais classificam os rios conforme a fonte, transporte e mecanismos de resposta dos sedimentos nos rios. Mais detalhadamente, diversos tipos de classificações de rios encontram-se em Paixão e Kobiyama (2019).

Como a geomorfologia trabalha com a identificação de padrões, esta ciência permite identificar características inerentes aos rios em estudo para compreender os processos que neles ocorrem e estabelecer uma apropriada estratégia de renaturalização. Portanto, pode-se dizer que a geomorfologia fluvial e/ou hidrogeomorfologia é fundamental para executar a renaturalização. Segundo Gilvear (1999), os cinco princípios da geomorfologia fluvial no âmbito da engenharia fluvial são: (i) as alterações morfológicas, de água e de sedimentos em um canal acontecem nas dimensões longitudinal, transversal e vertical; (ii) o rio apresenta resposta de acordo com as variações na entrada de água e sedimentos a montante; (iii) a morfologia de um rio se altera temporalmente mas a dinâmica de ajuste do canal varia ao longo do próprio rio; (iv) alterações provocadas no uso da terra, no leito do rio e nas margens podem afetar a estabilidade do sistema; e (v) os processos de alteração da morfologia definem os habitats para a biota e tem importante papel nas alterações dos processos fluviais.

O sucesso da renaturalização do rio traz a saúde do mesmo, o que melhoraria a qualidade da água, aumentaria a biodiversidade do ecossistema fluvial, agradaria a paisagem fluvial, reduziria significativamente o odor desagradável à sociedade, regulamentaria o regime fluviométrico, entre outros benefícios. Assim, Paixão, Kobiyama e Campagnolo (2017) comentaram uma forte relação entre a geomorfologia fluvial, a renaturalização do rio e o saneamento ambiental.

No Brasil, a hidrogeomorfologia e a renaturalização de rios não são uma novidade, por exemplo, Goerl, Kobiyama e Santos (2012) e Brocaneli e Machado (2008), respectivamente. Entretanto, não estão bem difundidas nos setores da ciência e da gestão, respectivamente. Apesar disso, a execução da renaturalização com base científica é uma tendência global: utilizar recursos da própria natureza para recuperar ambientes. Assim, a renaturalização dos rios pode ser compreendida como um conjunto de abordagens técnicas para a gestão de ecossistemas ripários, buscando melhorias nas condições de um rio.

A vegetação ripária é normalmente caracterizada com a floresta que fornece incontáveis serviços ecossistêmicos. Sendo assim, igual como uma floresta qualquer, a recuperação da vegetação ripária é veemente desejada pela sociedade a fim de melhoria do meio ambiente e também redução de desastres que ocorrem frequentemente na mesma. A Figura 8 demonstra os serviços ecossistêmicos que podem ser esperados com uma vegetação ripária manejada sustentavelmente.



Fonte: Naturvårdsverket (2018).

**Figura 8.** Serviços ecossistêmicos da vegetação ripária e da floresta qualquer.

## 5.2 Estudos de caso

Diversas atividades de renaturalização de rio ou recuperação da zona ripária foram realizadas no Brasil.

Devido aos efeitos antropogênicos de transformação de bacia hidrográfica, tais como intensa atividade agrícola e construção excessiva de usinas hidrelétricas, a região do baixo rio São Francisco vem sofrendo uma extensa degradação ambiental na zona ripária. A fim de controlar erosão em encostas e em margens do rio e, conseqüentemente, recuperar a vegetação ripária, Holanda, Rocha e Oliveira (2008) e Araújo-Filho, Holanda e Andrade (2013) apresentaram várias técnicas de bioengenharia de solos na margem do rio São Francisco, nos municípios de Propriá e de Amparo do São Francisco, respectivamente. Ambos os trabalhos demonstraram bom desempenho ecológico da bioengenharia de solos através dos trabalhos em campo. Além disso, Araújo-Filho, Holanda e Andrade (2013) relataram que a combinação das técnicas de bioengenharia com a engenharia tradicional possibilitou maior proteção à base do talude e o desenvolvimento da vegetação.

Um dos fatores mais importantes na estabilização do talude fluvial por meio da aplicação da bioengenharia é a escolha da espécie apropriada para o plantio. Para procurar a melhor espécie, Machado, Magistral e Araldi (2017) investigaram caracterizações biotécnicas de 4 espécies com ensaios de parcelamentos que se localizavam a 20 m de um arroio no município de São João do Polêsine, RS. Analisando as variáveis: taxa de sobrevivência das espécies no campo; número, diâmetro, comprimento, somatório dos brotos primários e comprimento do maior broto primário; número, comprimento dos brotos secundários e somatório do comprimento dos brotos secundários, os autores concluíram que *Phyllanthus sellowianus* é a espécie mais apropriada para obras de bioengenharia na região.

Por meio de revisão bibliográfica, Pinto, Agra e Furley (2017) confirmaram que a colocação de troncos de madeira dentro do rio reduz a velocidade da água e aumenta a

abundância, biomassa e sobrevivência de peixes, e também que ainda existem poucos estudos desse efeito em rios tropicais. Ao realizar um experimento com tronco de eucalipto em um trecho do Rio Mangaraí/ES, os autores demonstraram que essa técnica aumentou a diversidade hidromorfológica do canal e a abundância de peixes. Nesse estudo, foram apontados o fácil manuseio das estruturas de eucalipto e o potencial de replicabilidade das técnicas em outros locais. Vale salientar que atualmente, a Fundação Renova, criada para coordenar as ações de recuperação do desastre de Mariana/MG, utiliza essa técnica para minimizar os impactos ao ecossistema.

O rio Taquari, que pertence à Bacia Hidrográfica Taquari-Antas na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, vem sofrendo com a supressão da vegetação ripária há mais de quatro décadas. Para melhorar a questão socio-econômico-ambiental, Paula e Musskopf (2020) avaliaram o desempenho ambiental de cinco técnicas de engenharia natural (banquetas vegetadas, esteira viva, enrocamento vivo, parede krainer e râmprolas), aplicadas na margem esquerda do Rio Taquari, no Parque da Lagoa do Município de Estrela/RS. Com base nos resultados satisfatórios, os autores elaboraram uma proposta de revegetação e estabilização dos taludes fluviais.

Embora não ocorram muitos estudos de caso no Brasil, percebe-se que estes tratam exclusivamente do canal ou do talude. Para alcançar ao objetivo final de melhoria do ambiente da zona ripária, é recomendado que pesquisadores e gestores tratem da zona ripária como um todo, considerando um acoplamento de rio e encosta. Assim, aumenta a necessidade de difusão da definição de zona ripária.

### 5.3 SABO

Existem diversas tendências nacionais e internacionais que buscam a estabilização de quaisquer taludes (não somente talude fluvial), onde são comumente utilizados os termos “engenharia biotécnica”, “bioengenharia”, “ecoengenharia”, “engenharia ecológica”, e “engenharia natural”. Apesar de vários cientistas e engenheiros que diferenciam esses termos, o princípio dessas engenharias deve ser igual, isto é, utilizar funções dos organismos vivos e/ou materiais de origem orgânica. Quando essas engenharias atuam no contexto de redução de desastres em taludes, podem ser perfeitamente utilizadas na abordagem de Eco-DRR. Além disso, essas engenharias tentam aproveitar-se ou buscar um sistema que exerce os serviços ecossistêmicos.

Por outro lado, quando cientistas, engenheiros e gestores trabalham para solucionar problemas de rios, eles utilizam mais comumente os termos “renaturalização do rio”, “restauração do rio”, “recuperação do rio”, entre outros. As ações planejadas e/ou executadas correspondem às engenharias acima mencionadas. Como Moos *et al.* (2016) mencionaram, a renaturalização de rio pode ser entendida como um tipo de Eco-DRR.

Como a zona ripária consiste em o curso de água superficial (rio), zona hiporréica e encosta (ou talude), sua recuperação, manutenção ou estabilização deve ser realizada, considerando um trabalho em conjunto. Para atingir essa meta, existem diversas metodologias, entre as quais pode ser a introdução de SABO.

No início do século XXI, o Brasil sofreu grandes tragédias relacionadas aos desastres hidrológicos, por exemplo, Vale do Itajaí/SC em 2008 (FRANK; SEVEGNANI, 2009) e na serra fluminense em 2011 (COELHO NETTO *et al.*, 2013). Devido à magnitude destes eventos, foi estabelecida a Lei 12.608/12, que instituiu a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil (PNPDEC) no Brasil em 2012. Neste contexto, o governo brasileiro estabeleceu uma cooperação técnica entre o Brasil e o Japão via a *Japan International Cooperation Agency* (JICA) e realizou o Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos e Desastres Naturais (Projeto GIDES) no período de 2013 a 2017. Os

resultados obtidos nesse projeto podem ser encontrados em diversos relatórios técnicos e científicos (YAMAKOSHI *et al.*, 2018; DI GREGORIO *et al.*, 2019; GIUSTINA, 2019).

Para realizar esses trabalhos, os especialistas em gestão de riscos e desastres, no lado japonês, foram da área de SABO. Em outras palavras, a JICA tentou fortalecer a estratégia brasileira por meio da introdução de conhecimentos técnico-científicos de SABO, os quais são desenvolvidos tradicionalmente no Japão há séculos. No Brasil, encontra-se uma obra de SABO, a qual foi construída no município de Cubatão/SP, dentro da região de Serra do Mar. Essa obra foi realizada para simular uma possível destruição da refinaria da Petrobras, devido à ocorrência de escorregamentos e fluxos de detritos (KANJI; CRUZ; MASSAD, 2008; CRUZ *et al.*, 2019).

A tradução direta do termo japonês SABO, 砂防, é “proteção de areia”. Atualmente no Japão o trabalho de SABO significa sistemas de proteção da montanha, com ênfase de desastres relacionados a sedimento. Como Kaibori (2018) comentou, o SABO está tornando-se hoje um termo universal, podendo ser considerado uma ciência integradora a fim de reduzir os desastres por sedimentos.

Como foi mencionado no item 2, no século XVII, o Japão já tinha institucionalizado a proteção florestal para prevenir escorregamentos e inundações (NBSAP, 2016). Segundo Kurishima (2014), em 1873 o termo SABO apareceu oficialmente pela primeira vez na promulgação da “Lei de SABO em Mananciais do rio Yodo”. Logo depois, em 1897, em nível nacional, a Lei de SABO foi estabelecida. Para avançar as atividades de SABO no Japão, o governo japonês teve necessidade de ter pesquisadores da área e criou o primeiro laboratório de SABO no país, dentro do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Tokyo em 1900 (NISHIMOTO, 2018). No Japão, o primeiro livro técnico sobre SABO foi publicado em 1916 (YAMAGUCHI; OSANAI, 2012). Isso resultou do fato que o povo japonês pensava que o controle de sedimento e água deve ser feito juntamente com a floresta. Para melhorar as práticas de SABO, o governo começou então a se preocupar com a educação sobre o tema.

O objetivo inicial de SABO era controlar a dinâmica da natureza (especialmente água e sedimento) e buscar um equilíbrio entre os processos naturais, com enfoque a longo prazo. Diversas leis e práticas foram executadas há mais de dois milênios buscando este equilíbrio.

Os pesquisadores japoneses na área de SABO, na tentativa de explicar ou aplicar SABO no exterior, comumente utilizavam o termo “*erosion control*” como uma tradução adequada. Entretanto, o termo japonês SABO vem sendo popularizado em outras partes do mundo. O uso direto do termo SABO na literatura inglesa tem sido cada vez mais comum, pois na realidade, SABO não é somente o controle de erosão. Por exemplo, Chanson (2004) apresentou as barragens de SABO como a estrutura física principal no sistema de proteção de desastres de sedimento em regiões montanhosas no Japão. Segundo Chanson (2004), um projeto bem sucedido está intimamente ligado a uma abordagem global de bacias hidrográficas, combinando hidrologia, geomorfologia, engenharia hidráulica e ambiental, e eventualmente, estética. Essa abordagem do sistema deve ser combinada com o planejamento ambiental em longo prazo.

Para explicar melhor o SABO, Mizuyama (2008) comentou que as práticas de controle de erosão (que fazem parte do SABO) no Japão são mais intensivas do as utilizadas na Europa. Segundo esse autor, as obras do SABO protegem não apenas a erosão da superfície e o transporte de sedimentos em rios montanhosos, mas também de escorregamentos translacionais, rotacionais e avalanches de neve. Os trabalhos de SABO também protegem terras contra perigos vulcânicos, incluindo: (i) fluxos de cinzas vulcânicas (*lahars*); (ii) fluxos de lava; e (iii) fluxos piroclásticos. Medidas contra o transporte de sedimentos pelo vento nas praias e nas margens dos desertos também fazem parte das obras de SABO.



Durante a década de 1990, houve uma maior preocupação ambiental na comunidade de SABO no Japão. Considerando a grande contribuição de SABO para preservação ambiental, Nakamura (1992) definiu o SABO como uma ciência que desenvolve as teorias e técnicas para evitar os desastres da erosão, sem interromper os diversos processos nos ecossistemas naturais. Ohta e Takahashi (1999) enfatizaram a importância do manejo de rios montanhosos, especialmente suas zonas ripárias, na gestão integrada de desastres e de ecossistemas.

Sabe-se que o Japão tem elevada intensidade e frequência de diversos desastres naturais ao longo da sua história. Por isso, nem sempre técnicas puramente biológicas ou ecológicas conseguem satisfatoriamente proteger a sociedade, o que obriga a utilização também da engenharia tradicional com materiais inorgânicos, isto é, concretos, aços, etc. Como Araújo-Filho, Holanda e Andrade (2013) demonstraram, a combinação das técnicas da engenharia tradicional com engenharia que aproveita os serviços ecossistêmicos pode ser melhor alternativa na gestão integrada.

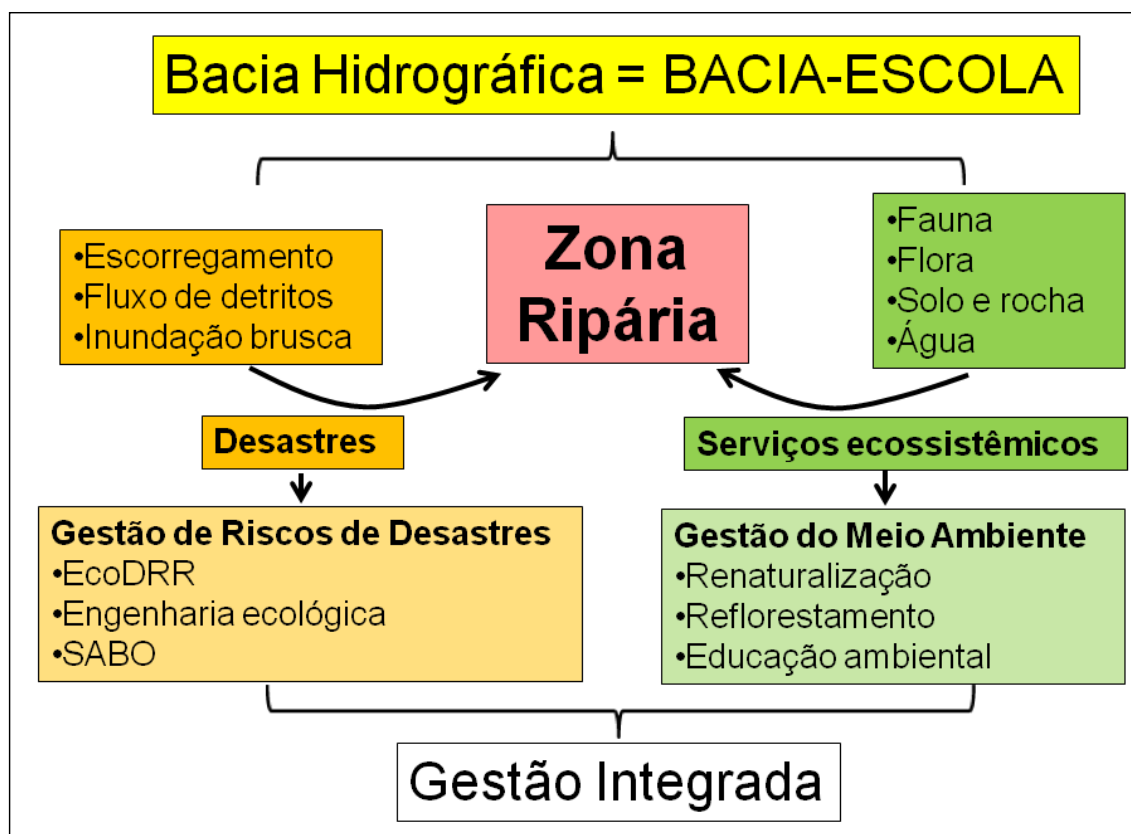
Resumindo, o SABO é um conjunto de ciência e tecnologia que tem como objetivo reduzir desastres de sedimentos em quaisquer bacias hidrográficas, com ênfase em ambiente montanhoso, incluindo os rios e a zona ripária, buscando a harmonia com a natureza. Para atingir esse objetivo, o SABO procura diversas técnicas de aproveitamento de serviços ecossistêmicos e da engenharia tradicional, tais como barragens e diques. Para avançar o SABO ainda mais, é necessário incrementar aos conhecimentos a área de hidrologia, hidráulica, geomorfologia, ecologia, mecânica do solo, entre outros.

## 6 Gestão integrada com base na bacia-escola

A zona ripária no ambiente montanhoso é um lugar onde os processos geomorfológicos, biológicos e hidrológicos e suas interações são intensos e complexos. Entre os processos inseridos, estão fauna, flora, sedimento e água, seus transportes e suas deposições nessa zona, o que permite criar uma rica vegetação ripária. Com isso, a sociedade naturalmente espera desfrutar dos serviços ecossistêmicos que tal vegetação oferece. Para obter o maior aproveitamento desses serviços, é necessário realizar uma gestão do meio ambiente de forma mais adequada possível. Nessa gestão, além de educação ambiental, devem ser realizados a renaturalização de rios, o reflorestamento de espécies nativas em encostas, entre outros.

Por outro lado, o alto dinamismo dos materiais sedimentares (materiais rochosos e detritos lenhosos) e da água na zona ripária, intensifica a ocorrência de escorregamentos, fluxos de detritos, e inundações bruscas, os quais são considerados perigos naturais. Essa ocorrência aumenta significativamente o potencial dos riscos de desastres à sociedade. A fim de reduzir os riscos de desastres, a sociedade precisa fazer diversas ações, como por exemplo, o estabelecimento de leis, treinamento e conscientização da população, Eco-DRR, engenharia ecológica, e SABO. Todas as ações fazem parte da gestão de riscos de desastres.

Assim sendo, as gestões do meio ambiente e de riscos de desastres devem ser feitas de maneira integrada a fim de manejar adequadamente a zona ripária (Figura 9). A zona ripária recebe os materiais e a energia da parte montante, os armazena durante um período e lança-os à jusante. Para estudo dessa dinâmica, recomenda-se criar uma bacia-escola que contenha a zona ripária, a fim de exercer essa gestão integrada.



**Figura 9.** Gestão integrada de riscos de desastres e do meio ambiente junto com bacia-escola.

### Considerações finais

Monty, Murti e Furuta (2016) e Moos et al. (2018) enfatizaram a necessidade de avançar ainda mais a ciência e tecnologia para auxiliar as Eco-DRR. Conforme Kangas (2004), a base central da bioengenharia do solo sob uma perspectiva filosófica e técnica é a compreensão da interface entre hidrologia, geomorfologia e ecologia. Para executar o SABO, além dessas ciências, Tsukamoto e Kobashi (1991) adicionaram a hidráulica, a mecânica dos solos e a geologia. Essas ciências adicionais são de extrema importância na engenharia tradicional de obras, por exemplo, a construção de barragens e diques.

O estudo dessas ciências acima mencionadas certamente facilita a combinação das técnicas da engenharia tradicional com a engenharia que aproveita os serviços ecossistêmicos. Para que essa combinação tenha melhor desempenho (ARAÚJO-FILHO; HOLANDA; ANDRADE, 2013), a comunidade científica (universidades, institutos de pesquisa, etc.) precisa ainda mais avançar tais ciências.

A gestão integrada do meio ambiente e de riscos de desastres é indispensável para manter a zona ripária saudável e assim também permitir sua utilização. As palavras-chave são zona ripária, zona hiporréica, Eco-DRR, serviços ecossistêmicos, engenharia ecológica, SABO, entre outras. Tais palavras-chave não são muito populares entre os cidadãos brasileiros. Então, além de avançar as ciências voltadas à gestão integrada a fim de manejar a zona ripária, os conhecimentos adquiridos nessas ciências devem ser repassados à comunidade local. Sem a conscientização dos moradores e usuários locais, não haverá sucesso no manejo da zona ripária para a redução de risco de desastres.

## Referências

- ABBE, T.B.; MONTGOMERY, D.R. Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. **Geomorphology**, v. 51, p. 81-107, 2003.
- ADAM, K. N.; FAN, F.M.; COLLISCHONN, W.; PONTES, P.R.M.; BRAVO, J.M. Mudanças climáticas e vazões extremas na bacia do rio Paraná. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, p. 999-1007, 2015.
- ADNAN, M.S.; NDA, M.; RAZI, M.A.M.; YUSOFF, M.A.M.; RAHMAT, S.N.; ABUSTAN, M.S.; TAJUDIN, S.A.A. Bedload Sediment Concentration of Sungai Kahang Downstream Kahang Dam in Johor. **International Journal of Integrated Engineering**, v. 10, n. 2, p. 146-150, 2018.
- AGRAWAL, Y.C.; POTTSMITH, H.C. Laser diffraction particle sizing in STRESS. **Continental Shelf Research**, v. 14, n. 10-11, p. 1101-1121, 1994.
- AGUIAR JR., T.R.; RASERA, K.; PARRON, L.M.; BRITO, A.G.; FERREIRA, M.T. Nutrient removal effectiveness by riparian buffer zones in rural temperate watersheds: The impact of no-till crops practices. **Agriculture Water Management**, v. 149, p. 74-80, 2015.
- ANDREOLI, A.; COMITI, F.; LENZI, M.A. Characteristics, distribution and geomorphic role of large woody debris in a mountain stream of the Chilean Andes. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 32, p. 1675-1692, 2007.
- ARAÚJO-FILHO, N.; HOLANDA, F.S.R.; ANDRADE, K.R. Implantação de técnicas de bioengenharia de solos no controle da erosão no baixo São Francisco, estado de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 9, n. 7, p. 070203, 2013.
- ARIZPE, D.; MENDES, A.; RABAÇA, J.F. (eds.) **Sustainable riparian zones: a management guide**. Alpiarça: RIPIDURABLE, 2008. 287 p.
- ARMANINI, A. Mountain streams. In: ANDERSON, M.G. (ed.). **Encyclopedia of Hydrological Sciences**, Chichester: John Wiley & Sons, 2005. p. 2187-2198.
- ATTANASIO, C.M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. **Manual de recuperação de matas ciliares para produtores rurais**. São Paulo: SEMA, 2006. 46 p.
- BENDA, L.; SIAS, J. A quantitative framework for evaluating the wood budget. **Forest Ecology and Management**, v. 172, p. 1-16, 2003.
- BENDA, L.; BIGELOWA, P. On the patterns and processes of wood in northern California streams. **Geomorphology**, v. 209, p. 79-97, 2014.
- BEVENGER, G.S.; KING, R.M. **A pebble count procedure for assessing watershed cumulative effects**. Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1995. 17 p.
- BINDER, W. **Rios e córregos: preservar, conservar, renaturalizar: a recuperação de rios, possibilidades e limites da engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: SEMADS, 1998. 39 p.
- BOLLSCHWEILER, M.; STOFFEL, M. Tree rings and debris flows: recent developments, future directions. **Progress in Physical Geography**, v. 34, p. 625-645, 2010.
- BRADLEY, D.N.; TUCKER, G.E. Measuring gravel transport and dispersion in a mountain river using passive radio tracers. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 37, n. 10, p. 1034-1045, 2012.
- BREAULT, R.F.; GRANATO, G.E. A synopsis of technical issues of concern for monitoring trace elements in highway and urban runoff. **The National Highway Runoff Data and Methodology Synthesis**, v. 1, n. 4, p. 113-163, 2003.
- BRONCANELI, P. F.; STUERMER, M. M. Renaturalização de rios e córregos no município de São Paulo. **Exacta**, v. 6, n. 1, p. 147-156, 2008.
- BROOKS, A. et al. **Design guideline for the reintroduction of wood into Australian streams**. Canberra: Land & Water Australia, 2006.
- BUFFINGTON, J.M., MONTGOMERY, D.R. Geomorphic classification of rivers. In:

- SHRODER, J. (Editor in Chief); WOHL, E. (ed.). **Treatise on Geomorphology**. San Diego: Academic Press, 2013. v. 9: fluvial geomorphology, p.730–767.
- BUNTE, K. **Guidelines for using bedload traps in coarse-bedded mountain streams: construction, installation, operation, and sample processing**. Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2007. 91 p.
- BUNTE, K.; ABT, S.R. **Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring**. Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 2001. 428 p.
- CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M. Woody debris characterization in a small basin with Araucaria Forest. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, (submetido).
- CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M.; FAN, F.M. Panorama geral sobre estudos da influência dos detritos lenhosos na dinâmica de rios do mundo e do Brasil. **Ciência e Natura**, v. 42, e 62, 2020.
- CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M.; MAZZALI, L.H.; PAIXÃO, M.A. A influência da vegetação na estabilidade de encostas com ênfase em margem de rio. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 1., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2018. 8 p.
- CAROTHERS, S.W.; JOHNSON, R.R.; FINCH, D.M.; KINGSLEY, K.J.; HAMRE, R.H. (eds.) **Riparian research and management: past, present, future**. Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2020. v. 2, 268 p.
- CARVALHO, D.W. Os serviços ecossistêmicos como medidas estruturais para prevenção dos desastres. **Revista de Informação Legislativa**, ano 52, n. 206, p. 53-65, 2015.
- CASTRO, D.; MELLO, R.S.P.; POESTER, G.C. (orgs.). **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse, 2012. 60 p.
- CHANSON, H. Sabo check dams - mountain protection systems in Japan. **International Journal of River Basin Management**, v. 2, n. 4, p. 301–307, 2004.
- CHURCH, M. Mountains and Montane Channels. In: BURT, T.; ALLISON, R. (eds.) **Sediment Cascades: an integrated approach**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. p. 17-53.
- CNRD-PEDRR. Center for Natural Resources and Development, Partnership on Environment and Disaster Risk Reduction. **Disasters, environment and risk reduction: eco-drr master's module, instructor's manual**. Nairobi: UNEP, 2013. 100 p.
- COELHO NETTO, A.N.; SATO, A.M.; AVELAR, A.S.; VIANNA, L.G.G.; ARAÚJO, I.S.; FERREIRA, D.L.C.; LIMA, P.H.; SSILVA, A.P.A.; SILVA, R.P. January 2011: the extreme landslide disaster in Brazil. In: MARGOTTINI, C.; CANUTI, P.; SASSA, K. (eds.). **Landslide Science and Practice**. Berlin: Springer-Verlag, 2013.v. 6, p. 377-384.
- COLLISCHONN, W.; KOBIYAMA, M. A hidrologia da cabeça d'água (3) Síntese. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2019. 7 p.
- COMITI, F.; ANDREOLI, A.; MAO, L.; LENZI, M.A. Wood storage in three mountain streams of the Southern Andes and its hydro-morphological effects. **Earth Surface Processes and Landforms**. v. 33, p. 244-262, 2008.
- CRUZ, P.T.; MASSAD, F.; KANJI, M.A.; UEHARA, K.; ISHITANI, H.; TEZUKA, Y.; ARAÚJO FILHO, H.A. Sabo works: A pioneering experience in Brazil. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v. 11, p. 39-50, 2019.
- DI GREGORIO, L.T.; GRAMINHA, C.A.; LEAL, P.J.V.; NERY, T.D. Contributions of GIDES Project for Sediment Disaster Early Warnings in Brazil. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v. 11, p. 73-84, 2019.
- DIPLAS, P.; KUHNLE, R.; GRAY, J.; GLYSSON, D.; EDWARDS, T. Sediment transport measurements. **Sedimentation Engineering: Theories, Measurements, Modeling, and Practice**. **ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice**, v. 110, p. 165-252, 2008.
- DURLO, M.A.; SUTILI, F.J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. 3. ed.

- Santa Maria: Autores, 2014. 192 p.
- EINSTEIN, H.A. **The bed-load function for sediment transportation in open channel flows**. Washington: USDA, 1950. 71 p. (Technical Bulletin, n. 1026).
- ESTRELLA, M.; SAALISMAA, N. Ecosystem-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR): An Overview. In: RENAUD, F.; SUDMEIER-RINEUX, K.; ESTRELLA, M. (eds.). **The role of ecosystem management in disaster risk reduction**. Tokyo: UNU Press, 2013. p. 26-54.
- FAO. **Global Forest Resources Assessment 2005: progress towards sustainable forest management**. Rome: FAO, 2005. 320p. (Forestry Paper, 147)
- FELIX, D.; ALBAYRAK, I.; BOES, R.M. Continuous measurement of suspended sediment concentration: Discussion of four techniques. **Measurement**, v. 89, p. 44-47, 2016.
- FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (eds.) **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. 192 p.
- GALIA, T.; RUIZ-VILLANUEVA, V.; TICHAVSKÝ, R.; SIHÁN, K.; HORÁČEK, M.; STOFFEL, M. Characteristics and abundance of large and small instream wood in a Carpathian mixed-forest headwater basin. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 468-82, 2018.
- GILVEAR, D. J. Fluvial geomorphology and river engineering: future roles utilizing a fluvial hydrosystems framework. **Geomorphology**, v. 31, p. 229-245, 1999.
- GIUSTINA, Y.R.D. Project for Strengthening National Strategy of Integrated Natural Disaster Risk Management, GIDES Project, in Brazil. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v. 11, p. 51-53, 2019
- GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M.; SANTOS, I. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, p. 103-111, 2012.
- GOMI, T.; SIDLE, R. C.; BRYANT, M. D.; WOODSMITH, R. D. The characteristics of woody debris and sediment distribution in headwater streams, southeastern Alaska. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, n. 8, p. 1386-1399, 2001.
- GRAY, J.R.; LARONNE, J.B.; MARR, J.D.G. **Bedload-surrogate monitoring technologies**. Reston: US Department of the Interior, US Geological Survey, 2010. 37 p. (USGS Scientific Investigations Report 2010-5091)
- GREGORY, S.V.; ASHKENAS, L. **Riparian Management Guide**. USDA Forest Service Pacific Northwest Region, 1990. 120 p.
- GUEDES, F.B.; SEEHUSEN, S.D. (orgs.). **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: MMA, 2011. 272 p.
- GUERRERO, M.; RÜTHER, N.; HAUN, S.; BARANYA, S. A combined use of acoustic and optical devices to investigate suspended sediment in rivers. **Advances in Water Resources**, v. 102, p. 1-12, 2017.
- HADDADCHI, A.; OMID, M.H.; DEGHANI, A.A. Bedload equation analysis using bed load-material grain size. **Journal of Hydrology and Hydromechanics**, v. 61, p. 241-249, 2013.
- HARMAN, W.; STARR, R. **Natural Channel Design Review Checklist**. Annapolis: US Fish and Wildlife Service/ Washington: US-EPA, 2011. 96 p. (EPA 843-B-12-005).
- HOLANDA, F.S.R.; ROCHA, I.; OLIVEIRA, V.S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 570-575, 2008.
- IROUMÉ, A.; RUIZ-VILLANUEVA, V.; SALAS-COLIBORO, S. Fluvial transport of coarse particulate organic matter in a coastal mountain stream of a rainy-temperate evergreen broadleaf forest in southern Chile. **Earth Surface Processes and Landforms**, 2020. 12 p. doi: 10.1002/esp.4961
- JOHNSON, R.R.; CAROTHERS, S.W.; FINCH, D.M.; KINGSLEY, K.J.; STANLEY, J.T. (eds.). **Riparian research and management: past, present, future** Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2018. v. 1, 226 p.
- JSECE. **Management of Riparian Zone**. Tokyo: Kokon-Shoin, 2000. 329 p. (em japonês com título inglês)

- KAIBORI, M. SABO as integrated science. **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, v.71, n.2, p.1-2, 2018. (Em japonês com título inglês)
- KANGAS, P. **Ecological engineering: principles and practices**. Boca Raton: CRC Press, 2004. 472 p.
- KANJI, M.A.; CRUZ, P.T.; MASSAD, F. Debris flow affecting the Cubatão Oil Refinery, Brazil. **Landslides**, v. 5, p. 71–82, 2008.
- KIRKBY, M. Organization and Process. In: ANDERSON, M.G. (ed.). **Encyclopedia of hydrological sciences**. Chichester: John Wiley & Sons, 2005. p. 41-58.
- KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 1., 2003, Alfredo Wagner. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC/PPGEA, 2003. p. 1-13.
- KOBIYAMA, M.; SILVA, R.V. Uso da zona ripária na prevenção de desastres naturais. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 1., 2003, Alfredo Wagner. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC/PPGEA, 2003. p. 102-111.
- KOBIYAMA, M.; GENZ, F.; MENDIONDO, E.M. Geo-Bio-Hidrologia. In: FÓRUM GEO-BIO-HIDROLOGIA: ESTUDO EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 1., 1998, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: FUPEF, 1998. p. 1-25.
- KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.; GOERL, R.F. Relação entre desastres naturais e floresta. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 6, p. 17-48, 2012.
- KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A.; CORSEUIL, C.W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160 p.
- KOBIYAMA, M.; REGINATTO, G.M.P.; MICHEL, G.P. Contribuição da engenharia de sedimentos ao planejamento territorial com ênfase em redução de desastres hidrológicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 9., 2010, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: EMBRAPA, 2010. 18 p.
- KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P.L.B.; ROCHA, H.L.; CORSEUIL, C.W.; MALUTTA, S.; GIGLIO, J.N.; MOTA, A.A.; SANTOS, I.; RIBAS JUNIOR, U.; LANGA, R. Implementation of school catchments network for water resources management of the Upper Negro River region, southern Brazil. In: TANIGUCHI, M.; BURNETT, W.C.; FUKUSHIMA, Y. HAIGH, M.; UMEZAWA, Y. (orgs.). **From Headwaters to the Ocean: hydrological changes and watershed management**. London: Taylor & Francis Group, 2009. p. 151-157.
- KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; FAN, F.M.; CORSEUIL, C.W.; MICHEL, G.P.; DULAC, V.F. Abordagem integrada para gerenciamento de desastres em região montanhosa com ênfase no fluxo de detritos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. esp, p. 31-65, 2018.
- KOBIYAMA, M., VANELLI, F. M, VASCONCELLOS, S. M. CAMPAGNOLO, K.; BRITO, M. M. School catchment for hydrology education and water resources management at local community level. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2019. 10 p.
- KRATZER, J. **Vermont strategic Wood addition handbook: techniques and tactics for using large woody material to improve stream habitats**. Montpelier: Vermont Fish and Wildlife Department, 2020. 36 p.
- KUNTSCHIK, D.P.; EDUARTE, M.; UEHARA, T.H.K. **Matas ciliares**. 2. ed. São Paulo: SMA, 2014. 80 p.
- KURISHIMA, A. Administrative background of the term “Sabo”. **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, v. 67, n. 1, p. 35-40, 2014. (Em japonês com resumo inglês)
- LEES, A.C.; PERES, C.A. Conservation Value of Remnant Riparian Forest Corridors of Varying Quality for Amazonian Birds and Mammals. **Conservation Biology**, v. 22, n. 2, p. 439–449, 2008.

- LOVETT, S.; PRICE, P. (eds.). **Principles for riparian lands management**. Canberra: Land & Water Australia, 2007. 174 p.
- MACHADO, L.M.; MAGISTRAIL, I.C.; ARALDI, D.B. Comparação das características biotécnicas de *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.) Müll. Arg., *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll. Arg., *Salix humboldtiana* Willd., e *Salix x rubens* Shrank. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 635-641, 2017.
- MAGILLIGAN, F.J.; NISLOW, K.H.; FISHER, G.B.; WRIGHT, J.; MACKEY, G.; LASER, M. The geomorphic function and characteristics of large woody debris in low gradient rivers, coastal Maine, USA. **Geomorphology**, v. 97, p. 467-82, 2008.
- MAITA, H.; MARUTANI, T.; NAKAMURA, F. The significance and the role of geomorphologic studies of mountain streams. **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, v. 46, n. 5, p. 19-28, 1994. (em japonês com resumo inglês).
- MARSTON, R.A.; PEARSON, M.E. Sediment budget. In: GOUDIE, A.S. (ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**, London: Taylor & Francis, 2006. p. 927-930.
- MAY, C.; GRESSWELL, R.E. Processes and rates of sediment and wood accumulation in headwater streams of the Oregon Coast Range, USA. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 28, p. 409-424, 2003.
- MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P.G.; HOROWITZ, A.J.; MORO, M. **Determinação da concentração de sedimentos em suspensão em rios com o uso de turbidímetro**. Porto Alegre: IPH-UFRGS, 2014. 97 p.
- MEYER-PETER, E.; MULLER, R. Formulas for bed load transport. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC STRUCTURES RESEARCH, 2., 1948, Delft. **Proceedings [...]**. Delft, 1948. p. 39-64.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and human well-being: synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137 p.
- MIZUYAMA, T. Sediment hazards and SABO works in Japan. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v. 1, p. 1-4, 2008.
- MONTGOMERY, D.R. Process domains and the river continuum. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 35, p. 397-410, 1999.
- MONTY, F.; MURTI, R.; FURUTA, N. (orgs.) **Helping nature help us: transforming disaster risk reduction through ecosystem management**. Gland: IUCN, 2016. 82 p.
- MOOS, C.; BEBIC, P.; SCHWARZ, M.; STOFFEL, M.; SUDMEIER-RIEUXG, K.; DORREN, L. Ecosystem-based disaster risk reduction in mountains. **Earth-Science Reviews**, v. 177, p. 497-513, 2018.
- MUGNAI, R.; MESSANA, G.; DI LORENZO, T. The hyporheic zone and its functions: revision and research status in Neotropical regions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. 524-534, 2015.
- MUHAMMAD, N.; ADNAN, M.S.; YOSUFF, M.A.M.; AHMAD, K.A. A review of field methods for suspended and bedload sediment measurement. **World Journal of Engineering**, v. 16, n. 1, p. 147-165, 2019.
- NAKAMURA, F. New environmental perspectives for Japanese Erosion Control Engineering. **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, v. 45, n. 3, p. 29-37, 1992. (Em japonês com resumo inglês)
- NAKAMURA, F.; SWANSON, F.J. Effects of coarse woody debris on morphology and sediment storage of a mountain stream system in western Oregon. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 18, p. 43-61, 1993.
- NATURVÅRDSVERKET **Guide to valuing ecosystem services**. Stockholm: Naturvårdsverket, 2018. 88 p.
- NBSAP. **Ecosystem-based disaster risk reduction in Japan: a handbook for practitioners**. Tokyo: Ministry of the Environment, 2016. 24 p.

- NEHREN, U.; SUDMEIER-RIEUX, K.; SANDHOLZ, S.; ESTRELLA, M.; LOMARDA, M.; GUILLÉN, T. **The ecosystem-based disaster risk reduction case study and exercise source book**. Geneva: Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction: Cologne: Center for Natural Resources and Development, 2014. 98 p.
- NISHIMOTO, H. Condition of the education on SABO in the incipient period of modern SABO. **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, v. 70, n. 5, p. 15-23, 2018. (Em japonês com resumo inglês)
- OHTA, T.; TAKAHASHI, G. (eds.). **Erosion control and ecological management of mountain streams**. Tokyo: University of Tokyo Press, 1999. 246 p. (Em japonês com título inglês)
- PAIXÃO, M. A.; KOBİYAMA, M. Revelant parameters for characterizing mountain rivers: a review. **Brazilian Journal of Water Resources**, v. 24, p. 1-13, 2019.
- PAIXÃO, M. A.; KOBİYAMA, M.; CAMPAGNOLO, K. Importância da geomorfologia fluvial no contexto do saneamento ambiental. **Revista Afluente**, v. 1, n. 2, p. 6-11, 2017.
- PAPANGELAKIS, E.; HASSAN, M.A. The role of channel morphology on the mobility and dispersion of bed sediment in a small gravel-bed stream. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 41, p. 2191-2206, 2016.
- PARRON, L.M.; GARCIA, J.R. Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. *In*: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (orgs.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: EMBRAPA, 2015. p. 29-35.
- PAULA, T.; MUSSKOPF, E.L. Avaliação e Proposta de Novas Obras de Engenharia Natural para Estabilização de Taludes Fluviais do Rio Taquari no Município de Estrela, RS. **Geografia**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 163-183, 2020.
- PINTO, C.F.; AGRA, J.U.M.; FURLEY, T.H.F. Uso da madeira de eucalipto na recuperação de rios: Projeto Renaturalize. **O Papel**, v. 78, n. 8, p. 106-113, 2017.
- POTSCHIN, M.; KRETSCH, C.; HAINES-YOUNG, R.; FURMAN, E.; BERRY, P.; BARÓ, F. Nature-based solutions. *In*: POTSCHIN, M.; JAX, K. (eds.). **OpenNESS ecosystem services reference book**. EC FP7, 2016. 5 p. (Grant Agreement, n. 308428).
- PRABHAKAR, S.V.R.K.; SCHEYVENS, H.; TAKAHASHI, Y. **Ecosystem-based Approaches in G20 Countries: current status and priority actions for scaling up**. IGES Discussion Paper. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies, 2019. 19 p.
- QUINN, T.; WILHERE, G.F.; KRUEGER, K.L. (eds.). **Riparian Ecosystems**. Olympia: Washington Department of Fish and Wildlife, 2019. v. 1: science synthesis and management implications, 296 p.
- RACHELLE, C.; ALBAYRAK, I.; BOES, R.M.; WEITBRECHT, V. Bed-Load Diversion with a Vortex Tube System. *In*: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRO-ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND RESEARCH WORLD CONGRESS, 38., 2019, IAHR. **Proceedings [...]**. IAHR, 2019. 10 p.
- RACHLEWICZ, G.; ZWOLIŃSKI, Z.; KOCIUBA, W.; STAWSKA, M. Field testing of three bedload samplers' efficiency in a gravel-bed river, Spitsbergen. **Geomorphology**, v. 287, p. 90-100, 2017.
- RAINATO, R.; MAO, L.; PICCO, L. Near-bankfull floods in an Alpine stream: Effects on the sediment mobility and bedload magnitude. **International Journal of Sediment Research**, v. 33, n. 1, p. 27-34, 2018.
- REID, L.M.; DUNNE, T. **Rapid Evaluation of Sediment Budgets**. Reiskirchen: Catena Verlag, 1996. 164 p.
- REID, L.M.; DUNNE, T. Sediment budgets as an organizing framework in fluvial geomorphology. *In*: KONDOLF, M.; PIÉGAY, H. (eds.). **Tools in Fluvial Geomorphology**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2016. p. 357-379.



- RENAUD, F.; SUDMEIER-RINEUX, K.; ESTRELLA, M. The relevance of ecosystems for disaster risk reduction. In: RENAUD, F.; SUDMEIER-RINEUX, K.; ESTRELLA, M. (eds.). **The role of ecosystem management in disaster risk reduction**. Tokyo: UNU Press, 2013. p. 3-25.
- REYNOLDS, C.A.; SATTERFIELD, E.A.; McLAY, J.G. Impact of climate change on forecast perturbation growth. In: CONFERENCE ON CLIMATE VARIABILITY AND CHANGE, 29., 2017, Washington. **Proceedings [...]**. Washington: AMS, 2017.
- ROBINSON, A.R. Vortex Tube and Sand Trap. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 86, n. 4, p. 1-34, 1960.
- RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F.L. (eds.) **Matas ciliares: conversação e recuperação**. São Paulo: EdUSP, 2000. 320 p.
- ROSGEN, D. L. A classification of natural rivers. **Catena**, v. 22, p. 169-199, 1994.
- SAKALS, M.E.; INNES, J.L.; WILFORD, D.J.; SIDLE, R.C.; GRANT, G.E. The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards. **Forest Snow and Landscape Research**, v. 80, n. 1, p. 11-22, 2006.
- SANTOS, B.B.D.; MIRANDA, R.B.D.; ESTIGONI, M.V.; VILLELA, J.M.; MAUAD, F.F. Evaluation of the laser diffraction method for the measurement of suspended sediment concentration in Mogi-Guaçu reservoir (São Paulo, Brazil). **International Journal of River Basin Management**, v. 17, n. 1, p. 89-99, 2019.
- SHRODER, J.F.JR. Dendrogeomorphology; review and new techniques of tree-ring dating and geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v. 4, p. 161-188, 1980.
- SIMON, A.; DOYLE, M.; KONDOLF, M.; SHIELDS JR, F.D.; RHOADES, B.; MCPHILLIPS, M. Critical evaluation of how the Rosgen classification an associated “natural channel design” methods fails to integrate and quantify fluvial processes and channel response. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 43, p. 1117-1131, 2007.
- SLAYMAKER, O. The sediment budget as conceptual framework and management tool. **Hydrobiologia**, v. 494, p. 71-82, 2003.
- SOUZA, D.P.; KOBAYAMA, M. Ecoengenharia em zona ripária: Renaturalização de rios e recuperação de vegetação ripária. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 1., 2003, Alfredo Wagner. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC/PPGEA, 2003. p.121-131.
- SOUZA, R.S.; MAFFRA, C.R.B.; DEWES, J.J.; PINHEIRO, J.B.; SUTILI, F.J. Engenharia natural: o uso e avaliação de plantas de uma perspectiva de engenharia. **Scientia Vitae**, v. 9, n. 27, p. 1-13, 2020.
- STOFFEL, M.; BOLLSCHWEILER, M.; BUTLER, D.R.; LUCKMAN, B.H. (eds.). **Tree rings and natural hazards: a state-of-the-art**. Berlin: Springer, 2010. 505 p.
- SUDMEIER-RIEUX, K.; ASH, N.; MURTI, R. **Environmental Guidance Note for Disaster Risk Reduction: Healthy Ecosystems for Human Security and Climate Change Adaptation**. Gland: IUCN, 2013. 34 p.
- SWANSON, F.J.; GREGORY, S.V.; IROUMÉ, A.; RUIZ-VILLANUEVA, V.; WOHL, E. Reflections on the history of research on large wood in rivers. **Earth Surface Processes and Landforms**, 2020. 12 p. doi: 10.1002/esp.4814
- TAZIOLI, G.S. Nuclear techniques for measuring sediment transport in natural streams-examples from instrumented basins. **IAHS Publication**, v. 133, p. 63-81, 1981.
- THE GUARDIAN **How will climate change affect rainfall?** 2011. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2011/dec/15/climate-change-rainfall>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- THEULE, J.; LIEBAULT, F.; LOYE, A.; LAIGLE, D.; JABOYEDOFF, M. Sediment budget monitoring of a debris-flow torrent (French Prealps). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEBRIS-FLOW HAZARDS MITIGATION: MECHANICS, PREDICTION AND ASSESSMENT, 5., 2011, Padua, Italy. **Proceedings [...]**. Padua, Italy, 2011. p. 779-786.
- TSUKAMOTO, Y.; KOBASHI, S. (eds.). **New SABO Engineering**. Tokyo: Asakura-Shoten, 1991. 193 p. (Em japonês).

USBR; ERDC **National Large Wood Manual**: assessment, planning, design, and maintenance of large wood in fluvial ecosystems: restoring process, function, and structure. Boise: USBR: Vicksburg: ERDC, 2016. 628 p.

VAN RIJN, L.C. Sediment transport. Part I: Bed load transport. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 110, n. 10, p. 1431–1456, 1984.

WILSON, G.W.; HAY, A.E. Acoustic backscatter inversion for suspended sediment concentration and size: A new approach using statistical inverse theory. **Continental Shelf Research**, v. 106, p. 130-139, 2015.

WOHL, E. **Mountain rivers revisited**. Washington: American Geophysical Union, 2010. 573 p.

WOHL, E. Bridging the gaps: An overview of wood across time and space in diverse rivers. **Geomorphology**, v. 279, p. 3–26, 2017.

WOHL, E. Forgotten legacies: Understanding and mitigating historical human alterations of river corridors. **Water Resources Research**, v. 55, p. 5181-5201, 2019.

WOHL, E.; SCOTT, D.N. Wood and sediment storage and dynamics in river corridors. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 42, p. 5-23, 2017.

WOHL, E.; BOLTON, S.; CADOL, D.; COMITI, F.; GOODE, J.R.; MAO, L. A two end-member model of wood dynamics in headwater neotropical rivers. **Journal of Hydrology**, v. 462–463, p. 67–76, 2012.

WOOD-SMITH, R.D.; BUFFINGTON, J.M. Multivariate geomorphic analysis of forest streams: implications for assessment of land use impacts on channel condition. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 21, p. 377-393, 1996.

WREN, D.G., BARKDOLL, B.D., KUHNLE, R.A., DERROW, R.W. Field techniques for suspended-sediment measurement. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 126, n. 2, p. 97-104, 2000.

YAMAGUCHI, S.; OSANAI, N. History and transition of the policies on Sabo projects. **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, v. 65, n. 2, p. 40-50, 2012. (Em japonês com título inglês)

YAMAKOSHI, T.; NARUTO, A.; IWANAMI, H.; NISHIMURA, T.; GONAI, Y.; SHIMADA, Y.; TAKESHITA, H.; YANG, P. Project for strengthening national strategy of integrated national disaster risk management. **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, v. 71, n. 1, p. 43-52, 2018. (Em japonês com título inglês).



# EVOLUÇÃO TEMPORAL DA ATUAÇÃO ENOS SOBRE ELEMENTOS CLIMÁTICOS NO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ E A INFLUÊNCIA SOBRE EVENTO EXTREMO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAFEZAL EM JANEIRO DE 2016

Maurício Moreira dos Santos<sup>1</sup>

Maria José Sartor<sup>2</sup>

Ângela Cristina Alves de Melo<sup>3</sup>

## 1 Introdução

As interferências naturais tais como eventos climáticos e meteorológicos extremos, podem ocorrer de diversas formas, como secas prolongadas, ondas de calor, tufões e enchentes, sendo que sua intensidade e frequência podem ser influenciadas de acordo com as mudanças climáticas e impactar diferentes escalas de análise. Entre os desastres hidrológicos mais comuns estão as enxurradas, alagamentos e inundações, que podem causar impactos sociais, econômicos e ambientais significativos (MARENGO, 2015). Em escala local, as mudanças climáticas têm sua origem a partir das alterações no uso e ocupação do solo afetando, além dos desastres mencionados, o ciclo hidrológico de uma bacia, a qualidade da água e sua disponibilidade.

Marques (2015) destaca que o aumento da escala de intervenção humana no meio ambiente tem resultado no surgimento de inúmeros problemas ambientais em escala global, e não o contrário. Como exemplo, o desmatamento contribui para a redução da capacidade natural de retenção da umidade do solo e diminuição da taxa de infiltração da água, acelerando assim a erosão hídrica, perdas do solo, o assoreamento dos cursos de drenagem e a ocorrência de cheias e inundações (GARCIA *et al.*, 2018). Nessa condição destaca-se a influência antrópica negativa sobre as diferentes fases do ciclo hidrológico no contexto das bacias hidrográficas.

Os desastres ambientais quando afetam determinada região expõe a população a riscos distintos, prejudicando principalmente as zonas de maior vulnerabilidade socioambiental. A vulnerabilidade socioambiental está relacionada à fragilidade de um determinado ambiente e a probabilidade de o indivíduo ou grupo ser afetado ou contaminado por um evento, ou ainda a suscetibilidade, por parte do ser humano, a um perigo ou dano, englobando elementos de ordem socioeconômicos e/ou físico-naturais (BRAGA; OLIVEIRA; GIVIZIEZ, 2006).

Segundo Guerra e Cunha (1996), mudanças significativas nas bacias hidrográficas, causadas por condições naturais e/ou atividades humanas, podem gerar alterações e impactos à jusante e nos fluxos energéticos de saída. De acordo com Souza, Souza e Cardoso (2017), é importante conhecer a dinâmica do ciclo hidrológico de cada bacia para uma melhor gestão e manejo dos recursos hídricos e ambientais de uma região.

---

<sup>1</sup> Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR Campus Londrina) Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental. E-mail: mmsantos@utfpr.edu.br.

<sup>2</sup> Gestora Ambiental da Universidade Estadual de Londrina (UEL). E-mail: mjsartor@uel.br.

<sup>3</sup> Docente do Centro Universitário Filadélfia (UniFil). Departamento de Engenharia Civil. E-mail: angela.melo@unifil.br.

No norte do estado do Paraná, após a região sofrer com altos índices pluviométricos acumulativos durante o mês de dezembro de 2015 e com registro de um evento extremo natural de precipitação no dia 11 de janeiro de 2016, superando em um único dia a média esperada para todo o mês de janeiro, foram registrados diversos casos de alagamentos, inundações e de movimentos gravitacionais de massa, resultando em prejuízos socioeconômicos e impactos ambientais, por desastre natural, significativos para a região levando municípios a decretarem estado de emergência (CALDANA *et al.*, 2019).

Dessa forma, estudos que contemplem o balanço hídrico e a bacia hidrográfica relativos à variabilidade climática, frequência e intensidade de ocorrência de eventos extremos são de suma importância para compreensão dos desastres que afetam o meio ambiente e a população de maior vulnerabilidade socioespacial considerando a perspectiva temporal histórica e futura.

Além disso, segundo Santos e Ferreira (2014) em prazos mais ou menos longos, as vazões máximas e mínimas das drenagens superficiais podem apresentar tendências de incrementos ou de redução e essas são importantes para identificar possíveis interferências causadas pelas mudanças de uso e ocupação do solo.

Para além do impacto socioeconômico e ambiental a que são submetidos a bacia hidrográfica por ação dos eventos naturais extremos, compreender a ação das anomalias climáticas pertencentes a circulação atmosférica global e suas interações com distribuição da precipitação se torna fundamental, até mesmo em recortes espaciais de escala local e episódicos.

Nesse sentido, o El Niño e a La Niña são partes de um mesmo fenômeno que possui dois componentes, um oceânico e outro atmosférico e que ocorre no oceano Pacífico Equatorial e adjacências, denominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS). O ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média climatológica normal histórica, produzindo assim efeitos globais na temperatura e precipitação.

Para o presente estudo foi selecionada a bacia hidrográfica do ribeirão Cafezal que possui 41 Km de extensão, um dos mais importantes mananciais de abastecimento das cidades de Rolândia-PR, Cambé-PR e Londrina-PR e integram a Região Metropolitana de Londrina (RML) localizada no norte do estado do Paraná. Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o comportamento fluviométrico de uma série histórica de 13 anos desta bacia, apresentando um comparativo evolutivo com o balanço hídrico regional e possíveis tendências futuras de aumento da frequência de eventos extremos associados a precipitação pluviométrica e a anomalia climática ENOS.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Localização da Área de Estudo

O ribeirão Cafezal nasce no município de Rolândia-PR, passando pelo município de Cambé-PR e Londrina-PR com foz no ribeirão Três Bocas, importante afluente rio Tibagi (Figura 1). Segundo Silva (2006), a bacia do ribeirão Cafezal apresenta uma área de 20.621,7 hectares aproximadamente, composto por 23 afluentes diretos e 10 afluentes indiretos, distribuídos ao longo dos 41 Km de extensão, passando por uma paisagem que intercala áreas rurais e urbanas.

Além disso, o ribeirão Cafezal é um dos principais mananciais responsáveis para suprir a demanda por recursos hídricos destes municípios, com destaque para a área urbana de Londrina-PR (principal município da região norte do estado do Paraná), representando 36% da água captada (ANA, 2019).

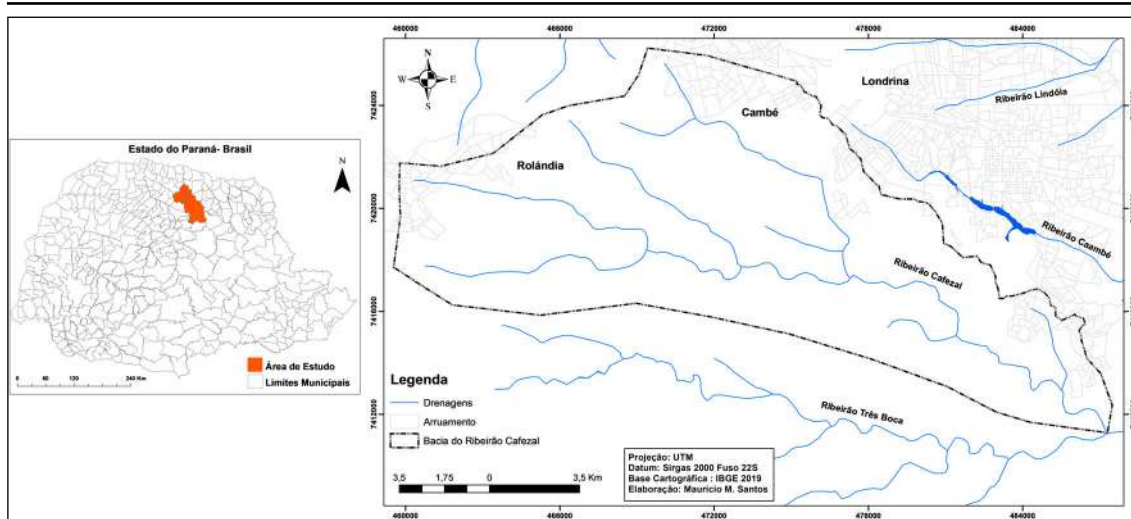


Figura 1. Localização geográfica da bacia hidrográfica do ribeirão Cafezal.

## 2.2 Caracterização da Área de Estudo

As condições médias da atmosfera que identificam o clima de uma dada região são definidas, principalmente, segundo sua situação geográfica. Assim, situado no hemisfério sul e cortado pelo Trópico de Capricórnio, o estado do Paraná sofre influências de alguns fatores macroclimáticos que lhe garantem o predomínio do clima subtropical. Porém, a conformação topográfica paranaense atribui algumas diferenciações em relação aos subtipos climáticos, destacando-se o Cfa (Subtropical Úmido Mesotérmico), Cfb (Subtropical Super-Úmido Mesotérmico) e Af (Clima tropical super úmido) (Nimer, 1989).

O clima regional é do tipo subtropical úmido ou Cfa, conforme a classificação de Köppen, embora tenha estação seca bem evidenciada no inverno, esse tipo climático caracteriza-se por precipitação em todas as estações do ano. A temperatura média do mês mais quente é superior a 25,5 °C e a do mês mais frio, inferior a 16,4 °C, tendo umidade relativa do ar média de 69%. Além disso, dados do IAPAR (2019) demonstram que a precipitação anual total para o município de Londrina-PR tem valores históricos que variam de 1600 a 1800 mm ao ano.

De acordo com Silva, Caramori e Faria (2012), Londrina-PR por estar em zona de transição climática possui grande variabilidade climática quando comparado a região sul e norte paranaense.

A rede hidrográfica da região de Londrina-PR localizadas na porção centro-sul apresenta padrão dendrítico, enquanto as da região norte possuem canais fluviais predominantemente retilíneo, isto é, caracterizado por margens fluviais com poucos meandros. De acordo com Barros (2011) as bacias hidrográficas dos ribeirões Jacutinga, Cambé, Lindóia, Limoeiro, Três Bocas e Cafezal compõem os principais afluentes do rio Tibagi na área de estudo, sendo esse último afluente do rio Paranapanema, que por sua vez, é um dos principais afluentes da bacia do rio Paraná.

A hidrografia da área de estudo, inclusive a bacia do ribeirão Cafezal, é caracterizada por leitos fluviais na forma de vales côncavos, corpos hídricos perenes e com orientação predominante NW, obedecendo ao sentido de fluxo magmático de origem fissural que deram origem a Formação Serra Geral. A rede de drenagem possui um regime hidrográfico fluvial caracterizado por uma grande quantidade de afluentes e subafluentes, sendo assim considerada numerosa e bem distribuída.

A Formação Serra Geral, de maneira generalizada, é composta principalmente por rochas vulcânicas básicas, toleíticas e andesitos basálticos subordinadas a ocorrência riodacitos e riolitos de textura afanítica, coloração cinza e negra. Os topos dos derrames é geralmente amigdaloidal, apresentando grande desenvolvimento de juntas verticais

e horizontais com intrusões alcalinas e de pequenas lentes de arenito, com manto de intemperismo pouco espesso em algumas localidades e de até 30 metros nas regiões mais elevadas topograficamente. (MILANI, 1997; MINEROPAR, 2001).

Essa formação possui descontinuidades estruturais, como falhas (de menor incidência) e fraturas que permitem o armazenamento e a circulação de água subterrânea, constituindo então uma importante unidade hidrogeológica denominada Sistema Aquífero Serra Geral (SASG).

A bacia do ribeirão Cafezal possui evolução geomorfológica sobre a bacia sedimentar do Paraná, inserida no Terceiro Planalto Paranaense, onde se desenvolve a estrutura das Cuestas Areníticas Basálticas caracterizada pela sucessão de camadas sedimentares e basálticas de desigual resistência, trabalhadas pela erosão.

Maack (1981) descreve que os vales dos rios Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu dividem o Terceiro Planalto em regiões geográficas naturais, sendo a porção norte, no denominado Planalto de Apucarana, a escarpa declina a partir da Serra do Cadeado numa extensão de 150 Km, cuja superfície apresenta, ao lado de pequenos espigões, apenas suaves colinas e platôs com vales mais profundos em direção ao rio Ivaí. A porção nordeste está no planalto de Araiporanga, prolonga-se dos rios Tibagi e Itararé, sendo baixa e cortada em platôs isolados e mesetas pelos rios Cinza, Laranjinha e Congonhas. O planalto de Campo Mourão, inserido na porção noroeste, inclina-se da Serra da Boa Esperança a uma altitude de 1150 metros acima do nível do mar, à 225 m nas margens do rio Paraná.

Na área de estudo, nos topos e altas vertentes predomina o Latossolo Vermelho, de textura argilosa. A partir daí, em direção à jusante, nas médias e baixas vertentes aparece o Nitossolo Vermelho (NAKASHIMA; NÓBREGA, 2003).

### 2.3 Características do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Ribeirão Cafezal

De acordo com Silva (2006) a bacia do ribeirão Cafezal é muito utilizada na horticultura e criação de animais e seu entorno vem sofrendo alterações nos últimos anos, devido à expansão urbana, tanto na região da nascente, como no trecho final, margeado por bairros e condomínios de alto padrão e de chácaras da região sul.

Conforme dados da Tabela 1, em 1980, apenas 5,6% da área da bacia estavam urbanizadas, passando a 12,7% em 2004, sendo que o percentual de área de loteamentos também dobrou neste período. As culturas perenes e pastagens sofreram reduções significativas, com um leve aumento de culturas temporárias.

**Tabela 1.** Uso do solo na bacia do ribeirão Cafezal, 1980 e 2004.

Classificação Área	Ocupação da Bacia (ha)			
	1980		2004	
Área urbanizada	1152,6	5,6%	2618,9	12,7%
Loteamentos	542,3	2,6%	1010,5	4,9%
Cultura temporária	7894,9	38,3	8475,5	41,1%
Cultura perene	3464,2	16,8%	2268,4	11,01%
Pastagem ou solo nú	6070,1	29,4%	3959,4	19,2%
Vegetação	1120,2	5,5%	1773,5	8,6%
Várzea	377,4	1,8%	82,5	0,4%
Área não imageada (nuvens)	-	-	433,0	2,1%
Total				20.621,7

Fonte: Adaptado de Silva (2006).

A região norte da bacia do ribeirão Cafezal, onde estão estabelecidas as áreas metropolitanas das cidades de Rolândia-PR, Cambé-PR e região sul de Londrina-PR, é a mais densamente povoada e com maior cobertura de solo impermeabilizado (MORAIS, 2015). Segundo esta autora, o valor relativamente menor da cobertura com solo impermeabilizado, a intensa ocupação urbana da região norte da bacia pode indicar que a mesma esteja em significativo processo de ocupação, ou seja, evoluindo de um perfil rural para urbano.

Segundo Morais (2015), o processo de urbanização tende a criar áreas com superfícies impermeáveis, que elevam o escoamento superficial das águas pluviais nas cidades, alterando as estruturas e dinâmicas das bacias. Porém, de acordo com dados da Tabela 2, a maior parte da bacia continua sendo explorada pela agricultura (50,85%), seguida pela área com solo nu (25,66%).

**Tabela 2.** Uso e ocupação do solo na Bacia do Ribeirão Cafezal, 2015.

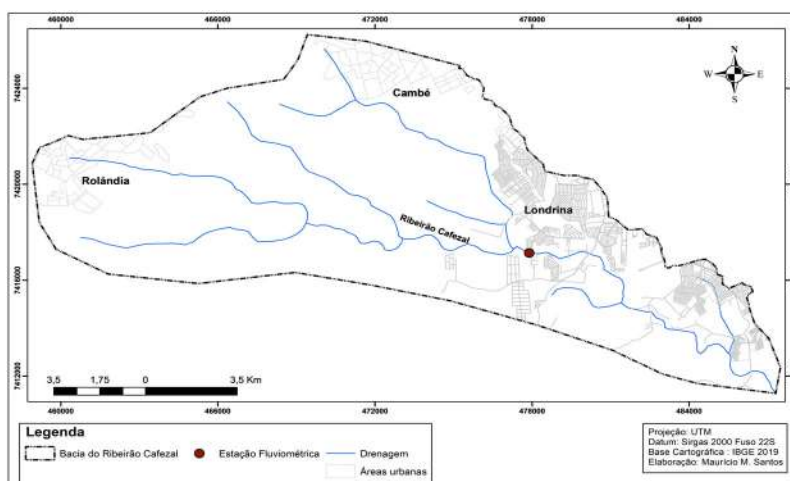
Classificação	Área (ha)	Ocupação da Bacia (%)
Impermeabilizada (urbanizada)	28.148,3	13,70
Agricultura	104.517,7	50,85
Solo nu	52.739,1	25,66
Vegetação	18.912,9	9,20
Espelho d'água	1.212,2	0,59
Área Total	205.530,2	100,00

Fonte: Adaptado de Morais (2015).

Dessa forma, a caracterização geral do uso e ocupação do solo demonstra, mesmo com a evolução urbana, principalmente da cidade de Londrina-PR, que a bacia do ribeirão Cafezal caracteriza-se por predominância de uso do solo em meio rural.

## 2.4 Fluviometria e Balanço hídrico

Para o estudo foram utilizados dados de série histórica disponibilizados pelo Instituto Água e Terra (INSTITUTO ÁGUA E TERRA, 2019) órgão gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, relativos à vazão do ribeirão Cafezal, no período de 1994 a 2017, coletados na estação pluviométrica Cafezal, localizada às margens da Rodovia Mábio Gonçalves Palhano (Figura 2).



**Figura 2.** Localização da estação fluviométrica do ribeirão Cafezal.

Ainda foram utilizados dados meteorológicos da estação agrometeorológica fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2019) relativos à série histórica de temperatura e precipitação da região de Londrina-PR, no período de 1988 a 2018 que contribuiriam para o cálculo e estimativas do balanço hídrico regional. Para essa avaliação optou-se por 30 anos de medições para melhor análise sobre as relações fluviométricas, precipitação e os intervalos de ocorrências ENOS.

Para a organização dos dados foi utilizado planilha eletrônica, onde foram calculadas médias históricas anuais e mensais da temperatura, precipitação e vazão, posteriormente estes dados foram organizados em gráficos, para uma melhor análise e compreensão.

Para o cálculo e estimativas relacionados ao balanço hídrico regional, adotou-se a metodologia empregada por Thornthwaite e Mather (1955), utilizando-se aplicativo desenvolvido sob uma planilha eletrônica do *software* livre *BHnorm* v5.

Segundo Damião *et al* (2006), no balanço hídrico é contabilizada toda a água que cai no solo e a estimativa da que sai pelo processo de evapotranspiração. Dessa forma a finalidade desse método é fornecer subsídios para avaliação dos ganhos e perdas constantes no ciclo hidrológico, pois as chuvas influenciam diretamente o comportamento da variação da vazão dos corpos hídricos, assim como a contribuição do fluxo de base em relação ao volume de água que infiltra na bacia como recarga das águas subterrâneas.

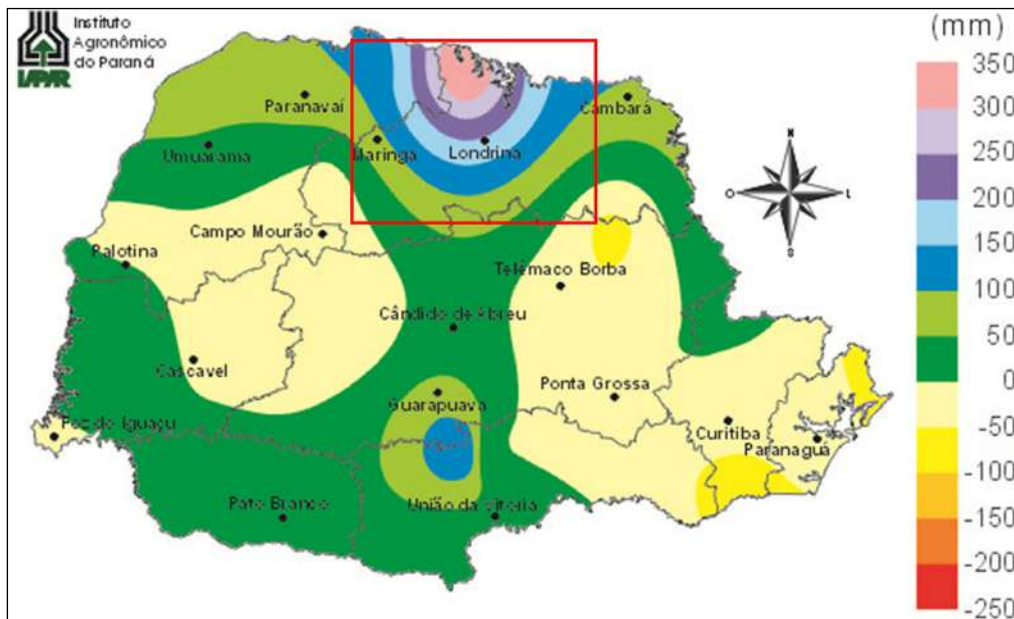
O método utilizado para cálculo e estimativas do balanço hídrico regional se baseia em dois elementos climáticos principais, ou seja, a precipitação pluviométrica e a temperatura. Deste modo, a metodologia utilizada neste trabalho foram calculadas a soma das médias mensais de precipitação e temperatura da série histórica selecionada para o estudo (1988 a 2017) obtendo-se assim os seguintes fatores: o armazenamento máximo de água no solo em cada período, ou seja, a Capacidade de Água Disponível (CAD), a Precipitação total (P) e também a estimativa da Evapotranspiração Potencial (ETP), a partir disso é estimado: a Evapotranspiração real (ETR), a Deficiência hídrica (DEF), o Excedente hídrico (EXC) e o total de água retida no solo em cada período (ARM).

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Distribuição histórica de dados meteorológicos e evento extremo

Entre os últimos dias do mês de dezembro do ano de 2015 e os primeiros dias de janeiro de 2016, a região norte do estado do Paraná sofreu impacto de um volume acumulado de precipitação acima das normais climatológicas, com destaque para o dia 11 de janeiro de 2016 que, segundo dados do IAPAR (2019) (Figura 3), registrou o maior índice pluviométrico durante todo o período mencionado com um acumulado de aproximadamente 274 mm no intervalo de 24 horas, considerado desse modo, como evento extremo, pois além do grande volume de chuvas, a atuação das grandes massas de umidade sobre a região estavam associadas ao ápice do fenômeno climático El Niño (DIONISIO, 2017; INPE, 2019).

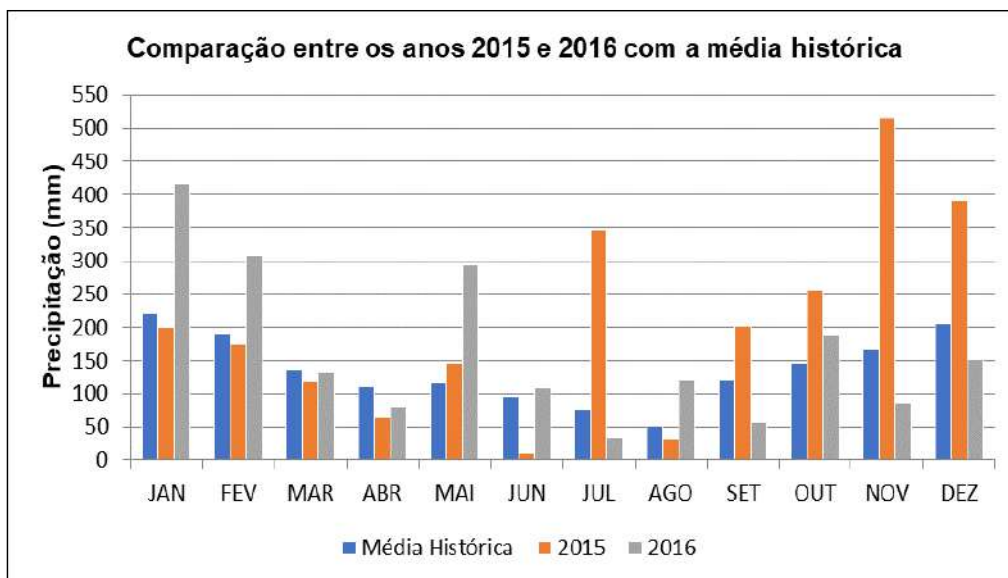




Fonte: IAPAR, 2020.

**Figura 3.** Desvio da precipitação em janeiro de 2016 em relação à média histórica (1976 a 2016) com destaque para a região do norte do estado do Paraná.

A magnitude do evento quanto a ocorrência do grande volume precipitado na área de estudo pode ser visualizada na Figura 4. Quando se compara a média histórica entre os anos de 1976 a 2016, observa-se que entre julho de 2015 e fevereiro de 2016 todos os dados mensais de precipitação foram superiores à média histórica, alcançando volume máximo acumulado mensal acima de 500 mm, quando a média histórica é representada por valor máximo em torno de 220 mm.



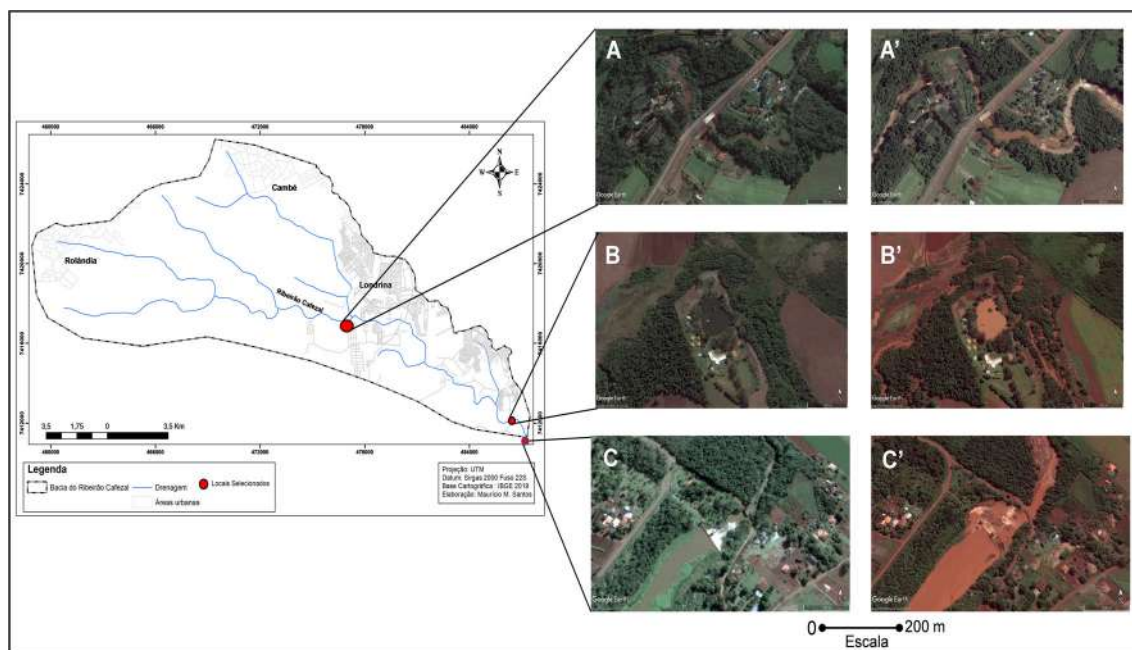
Elaboração: Dionísio (2017). Fonte de dados: IAPAR (2020).

**Figura 4.** Dados de precipitação dos anos 2015 e 2016 em comparação com a média histórica.

Como resultado desse evento, alguns municípios que integram a RML, tiveram estado de calamidade pública reconhecido pelo Governo Federal em função de prejuízos socioeconômicos e impactos ambientais provocados por movimentos de

massa, enxurradas, processos erosivos inundações e alagamentos que atingiram a região e suas bacias hidrográficas.

Análise de imagens de satélite de alta resolução capturadas no Google Earth exibidas na Figura 5 mostram algumas localidades selecionadas ao longo das margens do ribeirão Cafezal e, por último, na confluência do ribeirão Três Bocas (Figura 5C e C') atingidas pelo evento extremo do dia 11 de janeiro de 2016, com classificação de datas de antes (A, B e C) e depois da ocorrência do evento (A', B' e C').



Fonte: Google Earth (2020).

**Figura 5.** Imagens de satélite evidenciando localidades na bacia do ribeirão Cafezal e adjacência, apresentando impactos por evento extremo em 11 de janeiro de 2016. Imagem (A) de 27/07/2015 em destaque: ponte de travessia da rodovia Mábio Gonçalves Palhano, importante ligação a zona sul do município de Londrina-PR. Imagem (A') de 11/03/2016, pós evento. Impactos principais: destruição parcial da ponte, processo erosivo marginal e perda de mata ciliar. Imagem (B) de 27/07/2015 em destaque: área de lazer particular, provável pesqueiro do tipo pesque e pague. Imagem (B') de 02/02/2016, pós evento. Impactos principais: inundações e assoreamentos das zonas marginais e do lago pertencente ao pesqueiro. Imagem (C) de 27/07/2015 em destaque: Parque Ecológico Dr. Daisaku Ikeda. Imagem (C') de 09/02/2016, pós evento. Impactos principais: movimento de massa, erosão fluvial e perda severa de mata ciliar.

Todas as localidades mostradas na Figura 5 ao longo de trechos da bacia do ribeirão Cafezal e adjacência (Figura 5C e C') representam apenas alguns exemplos dos impactos produzidos pelo evento extremo natural de janeiro de 2016 que atingiu o norte do estado do Paraná, embora os tipos de impactos se diferenciem, apresentam como condição comum, graves prejuízos econômicos e ambientais (assoreamento, movimento de massa, erosão marginal fluvial, etc.) para a sociedade.

### 3.2 ENOS e evento extremo

Com relação ao fenômeno ENOS, a Tabela 3 apresenta os anos de ocorrência de El Niño bem como sua classificação com relação a intensidade de ocorrência.

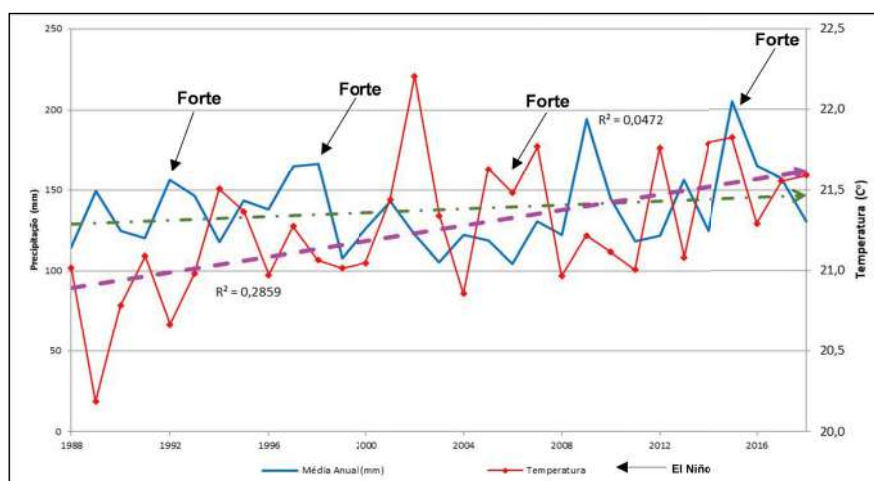
**Tabela 3.** Anos de ocorrência de El Niño e classificação.

Anos	El Niño (Classificação)
1986-1988	Intensidade moderada
1990-1993	Forte intensidade
1994-1995	Intensidade moderada
1997-1998	Forte intensidade
2002-2003	Intensidade moderada
2004-2005	Fraca intensidade
2006-2007	Forte intensidade
2009-2010	Intensidade moderada
2015-2016	Forte intensidade
2018-2019	Fraca intensidade

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.

A Tabela 3 mostra a ocorrência de dois El Niño de forte intensidade no intervalo de tempo de 10 anos, embora esse fenômeno atue normalmente na intensificação de precipitação e aumento de temperaturas durante a primavera e verão na região Sul do Brasil, a classificação destacada aumenta a probabilidade de ocorrência de eventos extremos (ARAÚJO et al., 2013; GRIMM, 2015; MINUZZI, 2010).

A Figura 6 mostra as médias anuais da temperatura, precipitação, linhas de tendências obtida a partir da média histórica ao longo dos anos de 1988 e 2018 e marcações que representam o intervalo de ocorrência de El Niño de forte intensidade para a mesma série.



Fonte: Elaborado a partir de dados do IAPAR (2019).

**Figura 6.** Médias históricas, linhas de tendência da temperatura, precipitação e vetor destacando intervalo de anos com forte El Niño entre 1988 e 2018.

Pode se observar alguns picos de elevação e diminuição da temperatura ao longo da evolução da série histórica analisada, embora o coeficiente  $R^2$  apresente baixa correlação entre a série histórica e a elevação dos índices e temperatura (29%) e menor ainda para precipitação (5%), as linhas de tendência com emprego de função regressão linear apontam para uma contínua elevação.

Em relação à precipitação, as médias mensais anuais (Tabela 4) tem se mantido com certa constância com um discreto aumento na última década, saindo de 120 mm entre 1999 e 2008 para 151 mm entre 2009 e 2018.

Contudo, os índices de precipitação em anos de ocorrência de El Niño de intensidade forte (Tabela 3 e Figura 6) têm se elevado constantemente para os últimos 30 anos. Uma exceção foi para os anos de 2007/2008 quando se registrou pico máximo mensal anual de 130 mm (abaixo da média), com precipitação acima da média histórica atingida entre 2009/2010 para El Niño de intensidade moderada com pico de 194 mm (Tabela 5).

**Tabela 4.** Distribuição estatística da média mensal anual de precipitação entre 1988 e 2018.

Ano	Estatística	Precipitação (mm)
1988/2018	Média	137,5
	Mediana	130,5
	Desvio Padrão	24,6
2006	Mínimo	104,5
2015	Máximo	205,0

Fonte: Próprio autor, 2020.

**Tabela 5.** Picos de acúmulo de precipitação médio mensal anual em anos de El Niño entre 1988 e 2018.

Ano	Precipitação (mm)	El Niño (Classificação)
1992	156	Forte intensidade
1998	167	Forte intensidade
2009	194	Média intensidade
2015	205	Forte intensidade

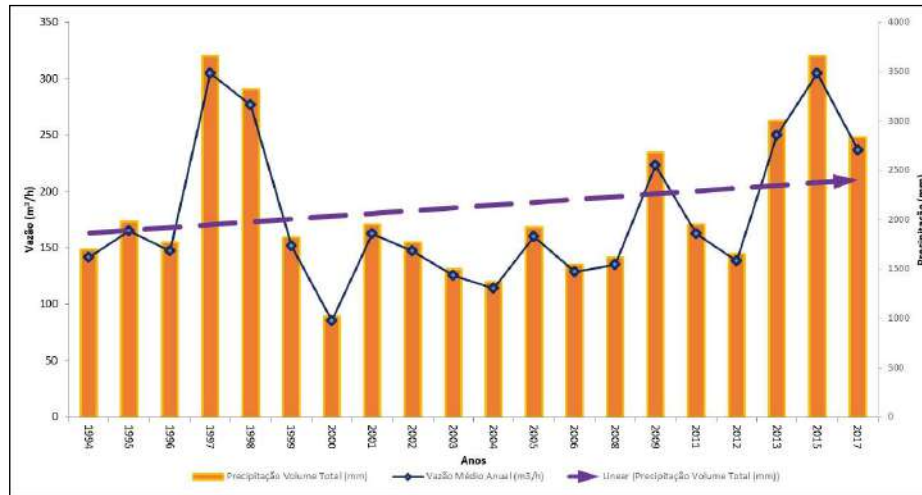
Fonte: Próprio autor, 2020.

Em relação as tabelas 4 e 5, nota-se que todos os picos de acúmulo de precipitação mensal anual para a série climatológica estudada estão acima do valor médio (137,5 mm), destaca-se os anos de 2009 e 2015, com índice superior à soma média do desvio padrão (162,1 mm). Além disso, 2015 é o ano quando se atinge o valor máximo em 30 anos de medições (205 mm).

A anomalia de precipitação registrada entre 2009 e 2010, pode ser explicada por um fenômeno incomum, mas cada vez mais frequente, representado pelo aquecimento anômalo e forte das águas do Pacífico central durante os anos de El Niño e que marcou o recorde de temperatura quente da superfície do mar (TSM) no Pacífico central no período mencionado (KIM *et al.*, 2011). Tal anomalia pode ter contribuído para o acúmulo de umidade na atmosfera em ascensão desde 2007 sobre influência do El Niño de intensidade forte no pacífico Sul e a interação com a circulação atmosféricas antes do seu declínio rápido para o fenômeno La Niña pode ter levado a maior precipitação na região Sul do Brasil, incluído o norte do estado do Paraná.

### 3.3 Evolução Fluviométrica e Balanço Hídrico Regional

Para avaliação da evolução fluviométrica, a Figura 7 mostra relação entre o volume total anual da vazão e a média anual da precipitação para o período de 1994 a 2017.

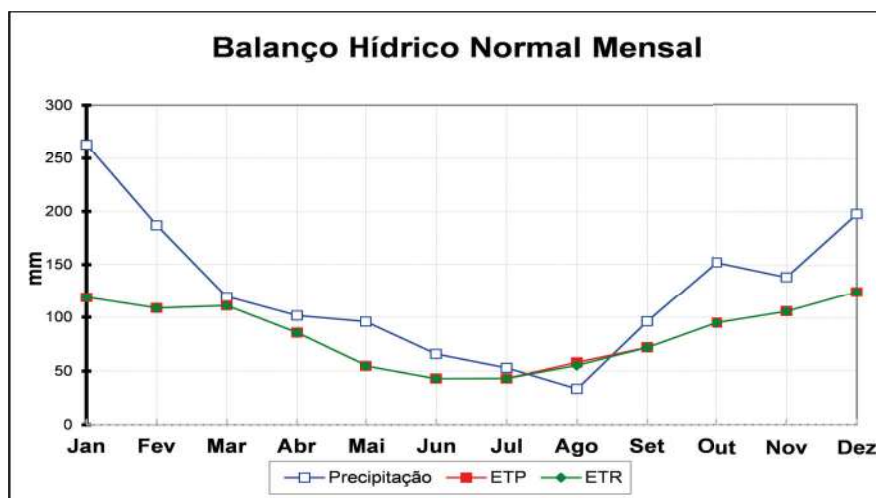


Fonte: Elaborado a partir de dados do IAPAR (2019) e INSTITUTO ÁGUA E TERRA (2019).

**Figura 7.** Média histórica de fluviometria e volume total anual de precipitação entre os anos de 1994 e 2017.

A partir da Figura 7 é possível verificar que o comportamento médio dos valores de vazão tem uma relação direta com a precipitação, além disso, a linha de tendência de função linear aponta para ascensão: tanto para a precipitação, quanto para a vazão, o que indica uma condição preocupante quanto o aumento da frequência de eventos extremos no futuro. Visto que em 2015 o índice de vazão se aproximou da máxima histórica de 22 anos de levantamentos, com valor de 304,9 m<sup>3</sup>/h.

Para melhor compreensão da evolução da precipitação e fluviometria na bacia estudada, foi realizado o cálculo do balanço hídrico regional no período de 1988 a 2018, mostrando primeiro a variação do comportamento médio dos valores mensais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) (Figura 8).

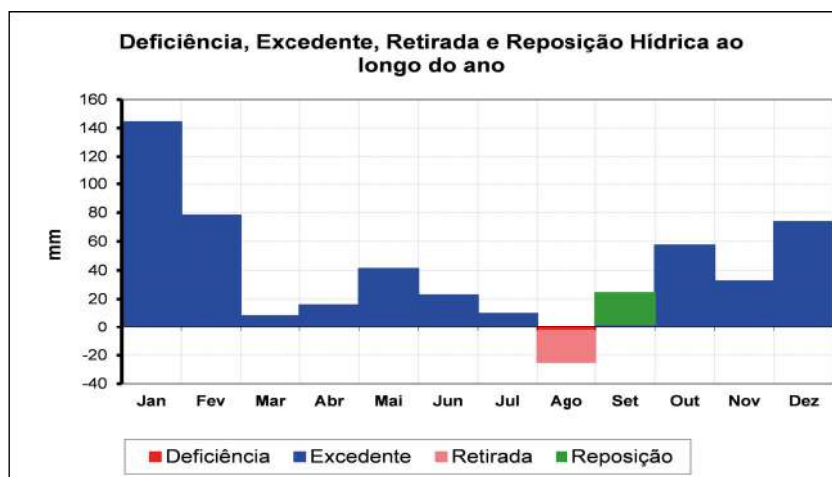


Fonte: Elaborado a partir de dados do IAPAR (2019).

**Figura 8.** Variação dos dados mensais médios de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) entre 1988 e 2018.

A variação dos dados mensais médios meteorológicos para a bacia do ribeirão Cafezal (Figura 8) evidencia que os meses de janeiro, fevereiro e, outubro a dezembro (verão no hemisfério sul) são os mais chuvosos, com índice em janeiro acima de 250 mm, sendo que os meses de maio a agosto apresentam os menores índices históricos de precipitação (inverno no hemisfério sul), com valor mínimo 50 mm médio em agosto.

A Figura 9 apresenta o comportamento do balanço hídrico da bacia estudada ao longo das médias anuais da série histórica selecionada.



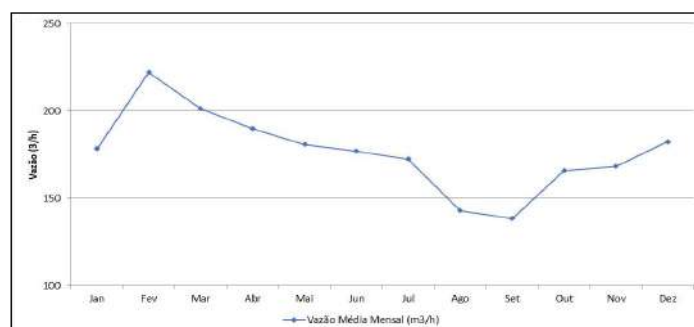
Fonte: Elaborado a partir de dados do IAPAR (2019).

**Figura 9.** Extrato do balanço hídrico mensal médio de 1988 a 2018.

É possível observar (Figura 9) que de janeiro a julho, os valores médios do extrato do balanço da série histórica de 1988 a 2018, apresentou excedente hídrico com índice máximo acima de 140 mm, com declínio em março, pequena recuperação em maio com altura de aproximadamente 40 mm e partir de junho contínua queda do excedente devido a ocorrências de chuvas cada vez menos frequentes (Figura 8), resultando no mês de agosto como o único período mensal médio que apresenta deficiência hídrica e retirada hídrica, com valores negativos de aproximadamente 5 e 25 mm, respectivamente.

A recuperação do déficit hídrico médio é rápida e ocorre durante o mês de setembro com índice médio de reposição hídrica de aproximadamente 30 mm.

Essa condição demonstrada está de acordo com as características da classificação climática da área de estudo, como apresentado, do tipo Cfa, com período de seca curto e chuvas bem distribuídas ao longo de todo ano hidrológico. Dessa forma, para melhor compreensão das relações entre balanço hídrico e fluviometria a Figura 10 mostra a média mensal histórica das vazões no ribeirão Cafezal entre os anos de 1994 e 2017.



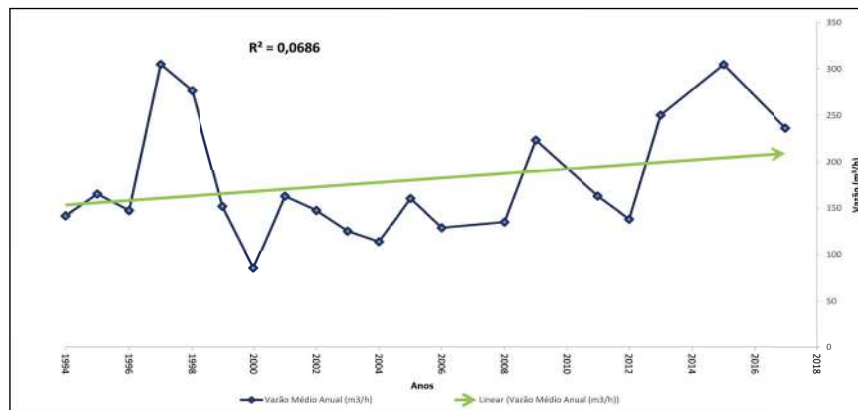
Fonte: Elaborado a partir de dados do IAPAR (2019) e Instituto Água e Terra (2019).

**Figura 10.** Média mensal histórica fluviométrica entre 1994 e 2017.

O comportamento médio das vazões mensais em 23 anos de levantamentos é condizente com ganhos e perdas hídricas representadas no balanço hídrico médio entre os anos de 1988 e 2018 (Figuras 8 e 9). Por exemplo, o mês de setembro caracteriza-se por ser um mês de recuperação hídrica (Figura 9), assim os reflexos de elevação da vazão média mensal da bacia ocorrem somente a partir do final deste mês, ao mesmo tempo que atinge o menor índice histórico de vazão com valor de 144 m<sup>3</sup>/h, a partir desse pico mínimo, os índices fluviométricos se tornam ascendente ao longo dos demais meses de verão atingindo a máxima média em meados do mês de fevereiro com 277 m<sup>3</sup>/h de vazante.

Tal condição ocorre, pois a reposição hídrica indica o momento de início de recuperação da umidade dos solos que, após ser sanada, quando se evidencia os meses de excedente hídrico, inicia-se a infiltração da água para zonas mais profundas que proporcionará a recarga das águas subterrâneas, aumentando assim o volume de água no fluxo de base do ribeirão Cafezal, que, por sua vez, contribuirá para a elevação média da vazão.

Diante desse contexto, a Figura 11 ilustra o comportamento da vazão nos meses identificados pelo balanço hídrico (figuras 8 e 9) como os de menor precipitação média e déficit hídrico, ou seja, julho a setembro e como fenômeno ENOS interfere nessa condição da distribuição fluviométrica ao longo da série histórica anual durante o período seco (predominante inverno).



Fonte: Elaborado a partir de INSTITUTO ÁGUA E TERRA (2019).

**Figura 11.** Média histórica de fluviometria dos meses de menor média de precipitação (julho a setembro) entre 1994 e 2017.

Com valor médio anual de vazão em torno de 178 m<sup>3</sup>/h (Tabela 6), a Figura 11 mostra um dos aspectos mais relevantes dos resultados da presente pesquisa para os últimos 23 anos de levantamentos fluviométricos, revelando evolução positiva no aumento das vazões médias para o período seco para os últimos 8 anos da bacia estudada, saltando de valores médios anuais 136,9 m<sup>3</sup>/h entre 1998 e 2005 para 232,5 m<sup>3</sup>/h entre 2006 e 2016, ou seja, os anos de ocorrência de invernos com valores médios de vazão cada vez mais elevados.

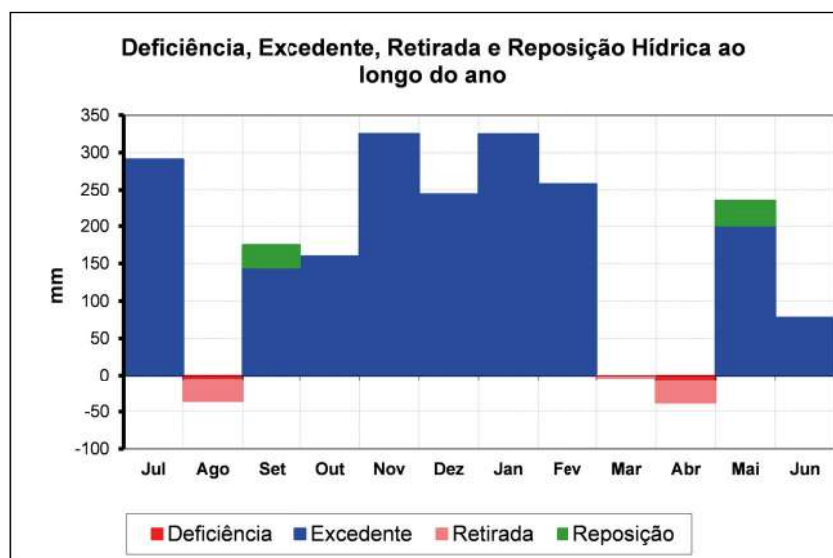
**Tabela 4.** Distribuição estatística da distribuição média mensal anual de precipitação entre 1988 e 2018.

Média	Mediana	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
178,2	156,1	64,4	305,1	85,3
Ano de Ocorrência =====>			1997	2000
ENOS e Classificação =====>			El Niño Forte	La Niña

Fonte: Próprio autor, 2020.

O presente trabalho mostra que a distribuição histórica anual média dos fatores climáticos do balanço hídrico, fluviometria e valores de regressão linear, indicam grande variabilidade de distribuição de períodos secos e úmidos ao longo das séries históricas avaliadas, ocorrendo alternâncias significativas entre essas características, influenciados, principalmente pela ação de ENOS e suas intensidades, ao mesmo tempo, os resultados evidenciam tendências de elevação nos valores médios anuais e mensais de precipitação e vazão na bacia, aumentando o temor de eventos extremos cada vez mais frequentes relacionados a chuva.

O ano de 2015 e 2016 foi o último período de ação de El Niño de forte intensidade, e como já mencionado, levando a graves prejuízos econômicos e socioambientais para bacia hidrográfica do ribeirão Cafezal. Diante disso, foi estimado o balanço hídrico regional para esse período (Figura 12).



Fonte: Próprio autor, 2020.

**Figura 12.** Extrato do balanço hídrico mensal médio entre 2015 e 2016.

Comparando a Figura 12 com o extrato histórico médio mensal entre 1988 e 2018 (Figura 9), a média histórica de 30 anos da série de dados para julho não excede 28 mm, por exemplo, enquanto que para o mês de julho de 2015 o excedente hídrico acumulado era de 291 mm. Além disso, nota-se que o acumulado de excedente entre outubro de 2015 e janeiro de 2016 ultrapassou 1050 mm mensais, enquanto que na série histórica os valores acumulados médios mensais foram de 305,5 mm, ou seja, o excedente hídrico para os meses comparados em 2015/2016 está aproximadamente 300% acima da média histórica para esse período. Dessa forma, a Figura 12 deixa evidente o comportamento anômalo das médias mensais do extrato do balanço hídrico em 2015/2016.

## Conclusões

Os estudos aqui desenvolvidos relacionados a evolução da fluviometria e balanço hídrico da bacia do ribeirão Cafezal mostraram que a precipitação e temperaturas médias mensais anuais durante a série histórica estudada, apresenta tendência de crescimento.

Apesar de Londrina estar na zona de transição intertropical, o fenômeno climático ENOS tem afetado a dinâmica de chuvas e fluviometria da região, principalmente os eventos considerados de moderado à forte, quando Londrina-PR tem registrado um grande volume de precipitação, impactando nos níveis fluviométricos da bacia e, inclusive a ocorrência de eventos extremos, como ocorreu entre os anos de 2015 e 2016.



O balanço hídrico mostrou que os meses de menor volumes de precipitação são julho e setembro, sendo agosto o mês médio menos chuvoso e setembro o período de recuperação hídrica e os grandes volumes de precipitação médio ocorrem entre janeiro e fevereiro.

As médias mensais da série histórica analisada de fluviometria apontam a partir da análise das linhas de função linear de tendência, o crescimento contínuo da vazão para a bacia do ribeirão Cafezal, mesmo para os períodos históricos mais secos, influenciados pelo aumento contínuo do total de precipitação e das médias de temperatura, evidenciando assim o temor de aumento de frequência de eventos extremos ligados a fenômenos climáticos como o El Niño, algo que necessitará de estudos mais aprofundados sobre o comportamento climático da Região de Londrina-PR e suas bacias para confirmação ou não desta hipótese.

Em relação ao evento extremo registrado em 11 de janeiro de 2016, o acumulado de excedente hídrico de 1050 mm mensais entre outubro e janeiro sobre influência de El Niño de forte intensidade foi de fundamental importância para a produção de graves impactos econômicos e socioambientais, não apenas para a bacia do ribeirão cafezal, como ficou comprovado, mas também para toda a região do norte do estado do Paraná.

## Referências

- ANA (Agência Nacional de Águas). **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos.** Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: ANA, 2011.
- ARAÚJO, R. G. et al. A influência do evento El Niño - Oscilação Sul e Atlântico equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 469–480, 2013.
- BARROS, M. V. F. B.; BARROS, O. N.; POLIDORO, M.; PEREIRA, A. C. F. Atlas Digital da Região Metropolitana de Londrina. **Grupo IMAP&P - Imagens, Paisagens & Personagens.** Universidade Estadual de Londrina. 2011.
- BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **Revista São Paulo em Perspectiva**, São Paulo: Fundação SEADE, v.20, n.1, p.81- 95, jan./mar. 2006.
- CALDANA, N. F. S.; MARTELOCIO, A. C.; RUDKE, A. P.; NITSCHKE, P. R. Eventos Extremos e Variabilidade Pluviométrica em Londrina-PR: Estudo de Caso das Chuvas de 11 de janeiro de 2016. **Geografia em Questão (Online)**, v. 12, p. 9-27, 2019.
- CPTEC/INPE. El Niño. **Evolução dos Últimos El Niño e La Niña**, 2020. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 12 de setembro de 2020.
- DAMIÃO, J. O. et al. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, Noroeste Paulista. IN: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2010, Uberaba. **Anais Eletrônicos...** Uberaba: CONIRD, 2006. Disponível em: [http://falcao.feis.unesp.br/agr/pdf/conird2010\\_damiao.pdf](http://falcao.feis.unesp.br/agr/pdf/conird2010_damiao.pdf). Acesso em: 15 jul.2019.
- DIONISIO, V. H. A. **Movimento gravitacional de massa em latossolo vermelho no município de Arapongas no norte do Paraná: causa e efeito.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017, 87 p
- GARCIA, J. R.; MIYAMOTO, B. C. B.; MAIA, A. G. Eventos extremos de precipitação: identificação e análise da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiáí, São Paulo. **CONFINS (PARIS)**, v. 37, p. 1, 2018.
- GRIMM, A. M. El Niño, novamente! **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 351–352, 2015.
- GOOGLE EARTH. **Imagens de alta resolução: 2015 e 2016.** Disponível em <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/> . acesso em 12 fev. 2020.

GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. da, org. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, 394 p.

IAPAR. **Dados da Temperatura e Precipitação de 1988 a 2018**. Estação Agrometeorológica de Londrina. 2019.

IAPAR, Instituto Agronômico do Estado do Paraná. **Monitoramento Agroclimático do Paraná**. Arquivo eletrônico (on-line). Disponível em [http://www.idrparana.pr.gov.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Entenda\\_Tabela.htm](http://www.idrparana.pr.gov.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Entenda_Tabela.htm) . Acesso em 09/07/2020.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento do El Niño durante DJF-2019**. CEPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2019. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 23 jul. 2019.

INSTITUTO DE ÁGUA E TERRA. **Sistema de Informações Hidrológicas**: Relatório de Vazões Fluviométricas. 2019. Disponível em: <http://aguasparana.pr.gov.br>. Acesso em: 02 mai. 2019.

KIM, W. et al. The unique 2009-2010 El Niño event: A fast phase transition of warm pool El Niño to la Niña. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 15, p. 1–5, 2011.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro/Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

MARENGO, José A. **Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil**. FBDS, 2009. Disponível em: [http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf). Acesso em: 25 de jun. 2015.

MARQUES, L. (2015). **Capitalismo e Colapso Ambiental**. 3 ed. Editora da Unicamp, 2018, 376p.

MILANI, E.J. **Evolução Tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-ocidental**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 1997. 255 p.

MINEROPAR S.A. **Atlas comentado da geologia e dos recursos minerais do estado do Paraná**. Curitiba: Mineropar, 2001.

MORAIS, M. L. R. **Uso e ocupação do solo e sua relação com as características limnológicas da bacia do Ribeirão Cafezal – Londrina/PR**. Monografia (Curso Superior de Engenharia Ambiental) - Campus Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina 2015.

MINUZZI, R. B. Chuvas em Santa Catarina durante eventos do El Niño oscilação sul. **Geosul**, v. 26, n. 50, 2010.

NAKASHIMA, P. NOBREGA, M. T. (2003). Solos do Terceiro Planalto Paranaense. **Anais...** In: 1º Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, Maringá.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Dados Geográficos**. Disponível em: [https://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=40&Itemid=58](https://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=58). Acesso em: 13 jul. 2019.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. J.; CARDOSO, M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. V.22, n. 3 . p. 453-462, 2017.

SANTOS, V. O.; FERREIRA, V. O. Efeitos das mudanças do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da sub-bacia hidrográficas representativas da mesoregião Triângulo Mineiro / Alto Paraíba, Estado de Minas Gerais. **Horizonte Científico**. Vol. 8, nº 1 (jul). 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/22531>. Acesso em: 18 mai. 2019.

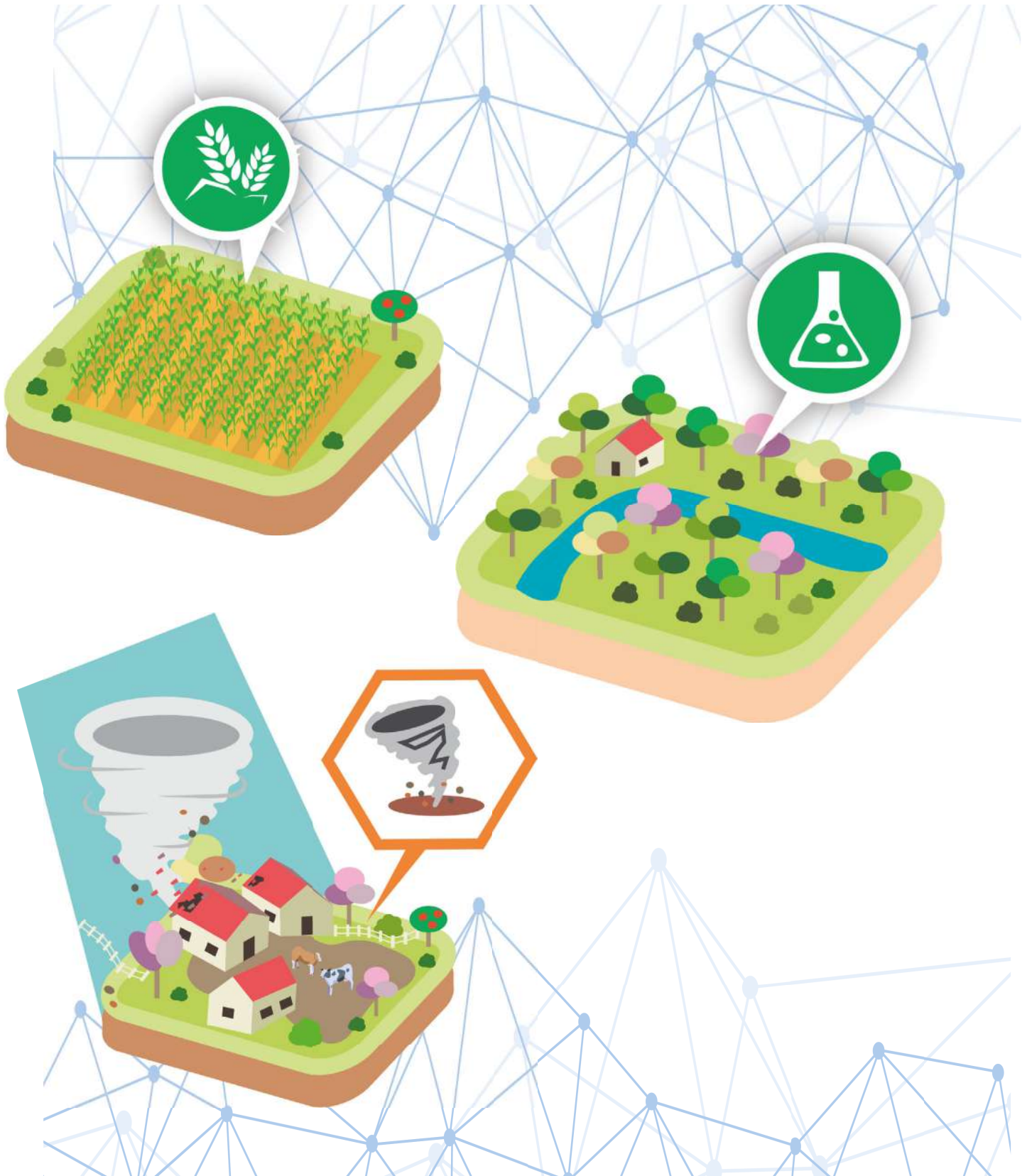
SILVA, Jerri Augusto da. Tendências do novo rural na bacia do ribeirão Cafezal. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 117p, 2006.

SILVA, G. F., CARAMORI, P. H., FARIA, R. T. Precipitações Pluviais Extremas em Londrina – PR. **Revista Geografar**. Curitiba, v.7, n.2, p153-173, dez./2012. Disponível em: <file:///C:/>

Users/mjsar/Desktop/25938-111278-1-PB.pdf. Acesso em 24 jul. 2019.

SOUZA, K. B. **Influência do Uso e Ocupação do Solo na Vazão da Bacia Uruçuí-Preto, Piauí.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Piauí. Piauí. 2015

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balances. **Drexel Institute of Technology**, v.8, 104 p., 1955.



# A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SEU PAPEL NA COMPREENSÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO PARA A REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES<sup>1</sup>

Matheus Stangherlin<sup>2</sup>

Lourenço Magnoni Junior<sup>3</sup>

## 1 Introdução

A questão ambiental é tema sensível à sociedade contemporânea em virtude do reconhecimento da dependência humana sob diversas perspectivas, tais como a sobrevivência, sendo provedora de subsistência, ou a partir do viés pós-industrial, que marca grandes avanços na exploração dos recursos para a produção de lucros. Pode-se dizer que seja um embate recente em termos históricos e, ainda, relativamente, pouco compreendido considerado a sua importância e os impactos nas vidas das pessoas.

Não seria conveniente abordar questões dessa magnitude a partir do espontaneísmo, sem conhecimento científico sobre o tema. Por essa razão, torna-se relevante pensar na formação intelectual dos indivíduos para melhor compreensão dos assuntos pertinentes. Diante disso, ganha destaque a Educação Ambiental no conjunto da formação educacional. No entanto, abordar esse tema na Educação Básica tem sido tarefa de algumas disciplinas, como Geografia e Biologia, sem mencionar que, por muitas vezes, é confundido com Ecologia e abordado apenas com foco preservacionista.

Alguns pontos devem ser levantados nesse sentido. A Educação Ambiental precisa ser universalizada na escola, uma vez que não deve ser papel de uma ou duas disciplinas esse debate, pois todos, invariavelmente, são dependentes de um meio ambiente saudável e equilibrado. Além disso, em se tratando da formação do indivíduo enquanto ser humano, todo o conjunto do processo educacional deve estar envolvido.

Este processo tem grande importância, pois cada estudante carregará consigo tal formação para qualquer profissão que venha a desempenhar na sociedade, o que provoca outra discussão. Não só profissionais ligados à educação devem ter em sua formação a educação

---

1 O presente capítulo é oriundo de um dos eixos da pesquisa desenvolvida no mestrado profissional do Programa de Pós-graduação em Docência para a Educação Básica da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP/Campus de Bauru - SP a qual gerou a dissertação intitulada Ensino da Linguagem Geográfica: A Cadeia Produtiva da Cana-de-açúcar, sob orientação do Prof. Dr. Lourenço Magnoni Junior.

2 Graduado em Licenciatura Plena em Geografia pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Jaú; Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Docência para Educação Básica da UNESP, Campus de Bauru – SP; Graduado em Pedagogia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP/UNIVESP) – Campus de Bauru - SP. Pós-Graduado em Ciências Humanas e suas Tecnologias: Cidadania e Cultura, pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Educador nas Escolas Estaduais Professora Nelly Colleone Ravagnolli e Antonio Ferraz. E-mail: matheusstangherlin@gmail.com.

3 Licenciado em Geografia pelas Faculdades Integradas de Ourinhos – SP; Mestre em Educação pela UNESP Marília e Doutor em Educação para a Ciência pela UNESP Campus de Bauru; Docente do Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica da UNESP Campus de Bauru - SP, da Faculdade de Tecnologia de Lins (Fatec) e das Escolas Técnicas Astor de Mattos Carvalho de Cabrália Paulista - SP e Rodrigues de Abres de Bauru - SP (Unidades de ensino do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza); membro do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Bauru (COMDEMA) e da Diretoria Executiva da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Bauru - SP; editor da Revista Ciência Geográfica ([www.agbbauru.org.br](http://www.agbbauru.org.br)). E-mail: lourenco.junior@pq.cnpq.br.

ambiental, haja vista que todos os espaços e relações produzem impactos que devem ser refletidos, pois há trabalho, consumo, produção de resíduos e transformações do espaço.

Aponta também para a negligência do Estado em relação às políticas públicas de prevenção e conscientização da importância de estabelecer relações sustentáveis com a natureza. Acompanha-se, no Brasil, para citar como exemplo de descaso, o avanço das queimadas em biomas importantes como a Amazônia, Cerrado e Pantanal. Em que pese fenômenos naturais, o país bate recordes no aumento do fogo e da destruição dessas paisagens naturais.

Nesse caso, debate-se também a formação profissional, pois se não tiver o conhecimento científico, possivelmente reproduzirão valores, os quais se julgam contrários e, assim, serão reforçados preconceitos ou falsas ideias.

O não reconhecimento dessas questões aponta para o processo de alienação do sujeito em relação ao seu espaço, algo fundamental para manutenção das desigualdades. A educação ambiental, além de essencial para nossa existência, pode ser um caminho para a melhor compreensão do espaço e senso de pertencimento, assim como o debate sobre a apropriação desigual.

Como consequência, também se enquadra nessa problemática a intensificação dos desastres naturais em virtude da, cada vez maior, intervenção antrópica sobre o meio ambiente. Sendo assim, a Educação Ambiental também pode ter o papel de elucidar e mitigar tais fenômenos a partir do reconhecimento das dinâmicas naturais e dos reflexos da ação humana frente ao meio ambiente.

Com base nessas ideias, o presente capítulo tem por pretensão debater a questão ambiental sob a ótica da Educação ambiental e o papel que a geografia escolar pode desempenhar na construção de conceito e consciência acerca do meio ambiente, da exploração dos recursos e dos impactos produzidos pelo modo de vida capitalista, os quais, estrategicamente, naturalizam tal situação. Assim, busca-se refletir sobre a educação ambiental como ponto importante na construção do indivíduo enquanto ser humano e agente transformador do espaço, desnaturalizando a desigualdade e trazendo para o centro da formação a questão ambiental e o desenvolvimento do pensamento crítico a respeito dela, tamanha sua importância para a existência.

## **2 A Educação Ambiental como Ferramenta de Transformação**

Pode-se dizer que, no Brasil, os debates sobre questões ambientais são relativamente recentes. Passaram a fazer parte oficialmente do contexto legal a partir da Constituição de 1988, mas foi especialmente a partir do início da década de 1990 que o assunto ganhou maior dimensão, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – a Rio 92 – realizada na cidade do Rio de Janeiro. Fato importante para Dias (2004) é que tal Conferência abordou a crítica sobre a insustentabilidade do modelo de desenvolvimento predominante, além de apontar marcos importantes para a Educação Ambiental, tais como o debate sobre desenvolvimento sustentável e a criação da Agenda 21 – construção de programas de combate aos impactos ambientais, desde esferas locais até o âmbito global, para o início do século 21, que estava por vir.

Desde então, a Educação Ambiental vem ganhando ênfase em diversas áreas, dentre elas a social, econômica, política e educacional, tendo como um dos principais objetivos o desenvolvimento de um conjunto de conhecimento que possibilite ao indivíduo a construção da consciência da importância que o meio ambiente possui para sua sobrevivência, tanto no fornecimento de recursos naturais quanto em seu equilíbrio.

Esse conhecimento também se faz necessário para que seja possível evitar, ou ao menos diminuir a possibilidade de impactos que tenham como consequência a ocorrência de desastres naturais e prejuízo à vida. Ainda que, como explica Tominaga

(2009), desastres naturais possam ocorrer independentes da ação humana, motivados por forças internas do planeta, aqueles de motivação externa podem ser ampliados por ações antrópicas, ou seja, resultantes da ação do homem. E, nesse caso, é possível crer que são ocasionais ou intencionais, por falta de conhecimento ou por interesses.

Tratando-se especialmente de eventos que são produzidos ou ampliados pela ação humana, cabe refletir se sua ocorrência se dá por interesses econômicos ou por desconhecimento. Em ambos os casos, a disseminação do conhecimento pode ser uma forma de proteção, tanto para informar, quanto para instrumentalizar a luta contra a exacerbação dos interesses econômicos sobre a natureza.

Considerando que o ambiente de desenvolvimento educacional sistematizado seja a escola, recai sobre os Professores a responsabilidade da construção e disseminação do conhecimento acerca das questões ambientais. Ainda que se discuta Educação Ambiental no âmbito escolar, pouco se atribui a esse conhecimento a redução dos riscos de desastres naturais. Para Magnoni Junior (2007), a educação ambiental possui imensa importância no processo educacional, em especial aos Professores de Geografia, que trazem em seu bojo a linguagem geográfica, ou seja, um olhar específico para o espaço geográfico e suas transformações. Assim,

Como geógrafo/educador, acreditamos que, diante dos problemas e contradições que vivenciamos no mundo contemporâneo, não dá para trabalhar com educação e, principalmente, com educação ambiental sem conhecermos suas concepções teóricas e filosóficas, seus objetivos, finalidades, valores e o seu compromisso com a transformação social e preservação ambiental. (MAGNONI JUNIOR, 2007, p. 30).

Afirma que há intencionalidade no que tange ao processo de formação dos profissionais e também dos estudantes, mesmo quando se trata de um tema que não seja específico de uma disciplina, pois a Educação Ambiental tem sido abordada de maneira transversal ao longo da Educação Básica, perpassando pelos conteúdos que compõem o currículo oficial. Dessa forma, deve-se considerar essencial o trabalho em educação ambiental no contexto do sistema de produção dominante que acaba por regular as relações sociais. Nesse sentido, é possível indicar avanços dos impactos ambientais por conta da expansão do sistema, ampliando justamente aqueles desastres naturais potencializados pela ação humana, tais como queimadas, poluição de reservatórios de águas subterrâneas pelo uso de agrotóxicos, etc.

Em que pese a Educação Ambiental tenha sido negada como disciplina escolar na década de 1980 pelo Conselho Federal de Educação, na década de 1990, ela foi incluída como tema transversal pelo então criado Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), tendo aparecido já na Constituição de 1988, não como disciplina, mas como direito em seu "Artigo 225, §1, VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente" (BRASIL, 2016, p. 131). Mesmo com toda a crítica que se possa fazer aos PCN's e ao fato de a Educação Ambiental ser tratada como tema transversal,

[...] o que precisa ser levado em consideração nessa discussão é que, com todos os contras e as adesões, os PCN marcaram a história da educação ambiental brasileira e é bem possível que novas gerações de educadores e educadoras ambientais tenham sido formados sob essa influência. (REIGOTA, 2010, p. 43).

Além disso, a inclusão como tema transversal possibilitou que fosse responsabilidade de todas as disciplinas o seu desenvolvimento. Esse é um fator importante, pois o pensar a Educação Ambiental deve ser no sentido da construção da consciência para a vida cotidiana, e esse não deve ser o papel de uma ou outra disciplina escolar, mas de todas, bem como sua abordagem deve constar na formação de profissionais das mais diversas áreas.

As perspectivas da Educação Ambiental se misturam com os objetivos, ou poderia até dizer consequências da Educação do sujeito em si. É importante refletir sobre o porquê de dizer consequências. Tratam-se como objetivos a serem atingidos, mas pode-se compreender que se, de fato, o processo educacional pelo qual passa o indivíduo for efetivo, consequentemente ele terá uma transformação na maneira como passará a realizar a leitura do espaço em que vive e atua. Isso vai ao encontro dos objetivos indicativos da Educação Ambiental definidos na Carta de Belgrado. Tal Carta foi formulada ao final do Encontro de Belgrado, na Iugoslávia, em 1975. Para Dias (2004), esse documento “iria se constituir num dos documentos mais lúcidos sobre a questão ambiental na época”. (DIAS, 2004, p. 101).

São sete os itens que a carta de Reigota (2010) define como objetivos indicativos: Conscientização, Conhecimento, Comportamento, Competência, Capacidade de Avaliação e Participação. Direta ou indiretamente, todos os objetivos passam pela formação do sujeito, ou seja, pela Educação Ambiental. A Carta aborda o modelo econômico vigente e traz insinuações do que mais tarde viria a ser chamado de desenvolvimento sustentável. Visão essa que vai ao encontro da perspectiva de Barbosa e Azevedo (2011), que sugere ser imprescindível que a formação do indivíduo perpassasse por um olhar crítico acerca de suas relações sociais determinadas pelas relações econômicas.

Na observação de Dias (2004), o documento fazia críticas ao modelo vigente, pois apontava para a questão do consumo, indicando que o modelo de vida dos mais ricos implicava em prejuízos na qualidade de vida dos mais pobres e que isso provocaria danos ao desenvolvimento das gerações futuras. Por fim, coloca a Educação Ambiental como peça chave para mudanças no paradigma ambiental, dizendo ser “central para a construção dessa nova ética de desenvolvimento e ordem econômica mundial”. (DIAS, 2004, p. 103).

Esses objetivos, se alcançados, teriam como consequência a transformação da capacidade de leitura do espaço que o sujeito pode ter, tirando-o da inércia da observação e colocando-o em atividade, como agente do processo, já que, para Reigota (2009), cabe ao desenvolvimento da Educação Ambiental uma perspectiva crítica e ampla para construção do conhecimento.

Com base no pensamento político, filosófico, cultural e pedagógico contemporâneo, que caracteriza a educação ambiental como educação política, podemos afirmar que não há nada de natural na competição (ou competitividade), oportunismo, má-fé, ganância e outros termos que na vida cotidiana possibilitam a permanência de privilégios de poucos. (REIGOTA, 2009, p. 17).

Esse campo de conhecimento tem importância em todo e qualquer lugar do planeta, mas ganha relevância ainda maior em um país com as dimensões e com as riquezas naturais que o Brasil possui. Apesar de não se ter os maiores percentuais relativos no que tange à atividade industrial, a atividade agropecuária brasileira é muito intensa e, nessa área, enfrentam-se graves problemas relacionados ao desmatamento, queimadas, uso intenso de agrotóxicos. Por isso, torna-se pertinente essa abordagem, pois seria também uma forma de mitigar desastres ambientais que são impulsionados pela ação antrópica.

Para tanto, nota-se uma carência de formação intelectual nesse campo. Talvez de maneira intencional, grande parte das profissões, não apenas da área docente, não possui formação no âmbito da Educação Ambiental, tampouco nas escolas; em virtude

disso, poucas áreas do conhecimento têm condições materiais para desenvolver o tema. Dias (2004), em seus escritos, lembra que há extrema falta de formação profissional e de políticas públicas nesse campo. Sua crítica pode ser considerada atemporal, pois como diz “durante trinta anos ouvimos dizer que a Educação seria prioridade, o que configura pelo Brasil uma realidade bem diferente e termina definindo o quanto somos atrapalhados nessa área”. (DIAS, 2004, p. 17).

Aponta-se essa reflexão para reforçar a crítica da falta de políticas públicas para o pleno desenvolvimento da educação, estando condicionadas aos governos que se passam, e não ao Estado, o real provedor das mesmas.

Outrossim, as secretarias Estaduais de Educação, nas suas infinitas metamorfoses, sempre à deriva das oscilações políticas, não têm orientações duradouras. Mudam os políticos, mudam os secretários, mudam os diretores, mudam as ideias, mudam os planos, os quatro anos acabam e tudo está para começar. Daí um novo mandato e tudo se repete. (DIAS, 2004, p. 18).

Esses são riscos inerentes ao desconhecimento e ao descaso com que tratam as questões ambientais, na maioria das vezes, estando à frente os interesses econômicos. Talvez esse seja o motivo pelo qual a Educação Ambiental seja negligenciada ou trabalhada de maneira distorcida nas escolas.

Para que haja um efetivo gerenciamento dos impactos ambientais, Kobiyama (2006), aponta que são necessárias duas metas: (1) entender os mecanismos dos fenômenos naturais e (2) aumentar a resistência da sociedade contra esses fenômenos. (KOBİYAMA, 2006, p. 38). Ambas as metas podem ser abordadas e construídas por meio da educação Ambiental. Esse processo envolve políticas públicas que favoreçam o desenvolvimento de formação educacional para o convencimento e de investimentos em programas de proteção.

Durante o processo de formação educacional, no percurso da educação básica, a linguagem geográfica tem a possibilidade de desenvolver o pensamento crítico, apropriando-se de outras ciências, mas, fundamentalmente, desenvolvendo o potencial de observação bastante amplo dos processos sociais, econômicos e ambientais.

Por conta disso, intensifica a necessidade de um olhar crítico, que deve ser intrínseco à Geografia. Tal concepção deve ter em seu horizonte, segundo Reigota (2010), que a educação ambiental não é um simples agir com bons modos, um conjunto de valores morais. Ou, ainda, que seja apenas a transmissão de conhecimento, pois a construção da consciência está pautada na transformação desse conhecimento em prática cotidiana. Como explica Kaercher (2010), é conseguir que os estudantes percebam que o que eles aprendem pode ser utilizado em suas vidas.

### **3 O Conceito de Meio Ambiente e as relações com a ação docente**

Para melhor contextualizar a Educação Ambiental, no processo formativo do indivíduo, torna-se relevante debater o conceito de meio ambiente e a forma como ele foi e vem sendo construído. Em 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, ficou subentendido que o meio ambiente é o conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, em um prazo curto ou longo, sobre os seres vivos e as atividades humanas. Em 1981, no Brasil, foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente, sob a lei 6938/81, a qual definiu meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. (BRASIL, 1981). Logo em seguida, em 1988, a



Constituição Federal (1988), em seu Capítulo VI, tratou do meio ambiente e sua preservação, mas não trouxe uma definição explícita, abarcando alguns ecossistemas importantes e a preservação em geral.

Vale ressaltar que o ponto mais relevante, que está implícito nas conceituações, é o desenvolvimento sustentável. Pode-se entender que se trata de como conciliar a utilização/exploração dos recursos naturais sem produzir impactos muito profundos no meio ambiente, de forma que não comprometa definitivamente o planeta, sempre dando conotação da necessidade de preservar o meio ambiente como fonte de subsistência.

Haja vista que a Geografia, por conta de seu objeto de estudo e da formação geral dos profissionais dessa área, deve ter perspectiva especial sobre a educação ambiental, busca-se a definição que melhor englobe o todo do espaço geográfico, incluindo nele o ser humano. Essa é uma discussão ampla e bastante complexa, tanto pela dificuldade na definição do termo quanto pela aproximação dos indivíduos dele.

Deve-se tomar cuidado para não cair no equívoco de tornar a Educação Ambiental em ecologia a partir de sua definição, pois esta é “uma ciência que estuda as relações entre os seres vivos e o seu ambiente físico e natural”. (REIGOTA, 2009, p. 33).

Há diversas definições, tais como Reigota (2009) aponta, a partir das diferentes visões que possam haver, tais como “o meio ambiente é o conjunto de dados fixos e de equilíbrios de forças concorrentes que condicionam a vida de um grupo biológico” (GEORGE, 2009 apud REIGOTA, 2009, p. 34). Ou, ainda, o meio ambiente “é o que cerca o indivíduo ou um grupo, englobando o meio cósmico, geográfico, físico e o meio social com as suas instituições, sua cultura, seus valores”. (SILLIANY, 2009 apud REIGOTA, 2009, p. 34-35).

Busca-se um referencial que conflua com a visão que se pretende desenvolver na formação educacional e de consciência dos sujeitos, de ligação com seu espaço, de noção clara de sua dependência do meio para sua sobrevivência, próxima àquela demonstrada por Krenak (1991), que é oposta à mercantilização e à alienação.

Essa aproximação com o espaço é fundamental para que os estudantes se tornem agentes dele e construam uma consciência ambiental. Além disso, é necessário que percebam como esse espaço é importante para sua existência e de todo o conjunto da sociedade, não apenas daqueles que dele se apropriam para obtenção e acúmulo cada vez maior da riqueza.

Assim, Krenak (1991) expressa a sua reflexão acerca da relação dos seres humanos com a natureza, a partir de seu modo de vida.

[...] O rio que é importante para o meu povo é o mesmo rio que vai dar água para seu filho e para o seu neto. A floresta que abriga e que dá alimento para as nossas tribos é a mesma floresta que vai dar oxigênio e que vai dar alimento para seu filho e para seu neto. Você não pode fingir que é um tatu e deixar essa coisa toda ser depredada, ser destruída, pensando que seu filho e seu neto vão resolver os problemas comprando tudo no supermercado, porque quem abastece o supermercado é a floresta, são os campos, é o sertão e são as roças. Eu não conheço aqui na cidade nenhum lugar que dê comida. O supermercado só vende comida, ele não faz comida. Essa criança que está crescendo na cidade, nascendo e crescendo e morando em apartamentos, corre o risco de viver até dez, doze anos sem pisar no chão, sem entrar num rio, sem correr no mato. Esses meninos vão acabar, quando ficarem grandes, reproduzindo o ambiente deles no resto do Brasil. Se um menino que nasceu e cresceu num prédio aqui de São Paulo for para Rondônia, ele vai chegar lá e vai botar cimento no chão, vai botar cimento no céu, porque o ambiente dele é o cimento. Ele vai produzir calçadas na Amazônia inteira. Como é que ele vai tolerar chegar no

Mato Grosso e ver aquele cerrado? Ele não aguenta, ele mete o trator naquilo tudo. Se possível, ele passa asfalto. Se não for possível, ele planta soja ou ele bota boi. Mas ele não vai deixar mato ali. Porque mato dá pânico nele. Ele não nasceu no mato. Ele cresceu no cimento. Então, esse problema é muito grave. Nós temos ouvido, nos últimos anos, as pessoas falarem de ecologia e de natureza. Não adianta nada falar de ecologia e de natureza para uma pessoa que nasce e cresce em cima do cimento, cercado de vidro e de cimento. Ecologia para ele, no máximo, vai ser um vasinho de planta, mas nunca vai ser uma cachoeira, nunca vai ser um rio, nunca vai ser o mato. Por quê? Porque não dá. Não é possível para ele organizar a vida no mato. (KRENAK, 1991, p. 23).

Krenak (1991) demonstra uma barreira quase intransponível para a superação de uma visão romantizada acerca de meio ambiente. Entretanto, esse é um dos grandes desafios colocados ao se trabalhar Educação Ambiental, especialmente com crianças, adolescentes e jovens da Educação Básica. Considerando que grande parte desses indivíduos vive em cidades, cria-se uma ideia de separação da vida humana e do meio, pois suas relações estão condicionadas à compra e venda mediadas pelo dinheiro. Partindo desse pressuposto, o Professor também deve ter a consciência do que é o meio ambiente e suas relações diretas e indiretas.

É justamente nesse sentido que se compreende que a melhor definição, que deve servir como fio condutor para a observação crítica do espaço, no qual o ser humano está inserido, e que mais se aproxima da ciência geográfica, é a que Reigota (2009) apresenta, construída no final dos anos 1980.

Na concepção de Reigota:

Defino meio ambiente como: um lugar determinado e/ou percebido onde estão em relação dinâmica e em constante interação os aspectos naturais e sociais. Essas relações acarretam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e políticos de transformações da natureza e da sociedade. (REIGOTA, 2009, p. 36).

Ou seja, o meio ambiente é de fato uma construção cultural, mas é importante considerar seus aspectos naturais, tanto pela dependência quanto pela preservação da vida.

Esses são elementos que demonstram o importante papel da compreensão de meio ambiente de forma integral. Partindo desse pressuposto, é preciso refletir sobre essas transformações a partir dos interesses mercadológicos.

Ainda que haja o entendimento sobre a necessidade de existir atividades econômicas para a subsistência da sociedade, a inversão de valores, tornando o espaço e o consumo de recursos naturais para sobrevivência em locais de produção de lucro, tem produzido impactos profundos. Tais impactos, muitas vezes, são minimizados pelo fato de a sociedade não reconhecer o meio ambiente como central na existência de vida no planeta ou simplesmente por acreditarem que essas atividades são naturais e não exista alternativa.

Fica evidente, quando se observa o desenvolvimento da atividade agropecuária, especialmente com a expansão das monoculturas voltadas para a exportação. A lógica que comanda é a do capital. Os pequenos produtores vão desaparecendo e ficam quase inexistentes cultivos policultores.

Muitos problemas decorrem dessa forma de ocupação e exploração do meio ambiente, dentre eles o desmatamento e as queimadas. Perceber essas transformações como intencionais é um passo para o trabalho de construção de consciência ambiental desenvolvido pela educação. Outro aspecto que pode ser destacado é que, a partir

dessa consciência, pode-se refletir qual padrão de consumos está se desenvolvendo/ seguindo e se isso é, de fato, uma necessidade humana ou do capital.

Sendo assim, essa ideia conflui com a ciência geográfica, a partir da perspectiva de Santos (1997), que explica que essas transformações da paisagem natural em paisagem artificializada é quase naturalizada, que foge à lembrança da antiga vegetação natural, à medida que o espaço vai se transformando em meio técnico-científico-informacional atendendo aos interesses dominantes.

#### 4 Paradigmas Ambientais: a falta de políticas públicas e suas consequências

No Brasil, a preocupação com temas relacionados ao meio ambiente ainda é bastante recente. Por exemplo, já foi abordado que a Educação Ambiental, na década de 1970, era pauta nas Conferências internacionais e só se tornaria oficial no Brasil a partir da Constituição de 1988.

À luz de Dias (2004), percebe-se o quão recente é a preocupação em relação ao tema, lembrando, lamentavelmente, que o Brasil, no auge dos movimentos de defesa das questões ambientais, na década de 1970, caminhava na contramão sugerindo ao mundo que o país estaria de portas abertas à poluição, em nome do crescimento econômico. Esse tipo de abertura produziu situações, como a de Cubatão, como bem lembra Reigota (2010), que trouxeram consequências gravíssimas que se arrastaram por décadas seguintes e, mesmo assim, demonstraram total desprezo por este assunto. Diz ele

Essa atitude não será sem consequências e os resultados se farão sentir nos anos que virão. No Brasil, que na época vivia sob uma ditadura militar, o "exemplo" clássico é Cubatão, onde, devido à grande concentração de poluição química, crianças nasceram acéfalas. (REIGOTA, 2010, p. 23).

Isso mostra, em certa medida, a complexidade em se lidar com a questão da preservação ambiental e os interesses hegemônicos do capitalismo, especialmente naquele momento histórico, mas se reproduz, talvez, com mais voracidade, nos dias atuais.

Na mesma medida que as discussões ambientais avançavam, as demandas do capitalismo também o fizeram, pois a população estava crescendo; oportunidade de novos mercados consumidores e, a cada dia, novas tecnologias eram desenvolvidas, levando ao aumento da produção e do consumo.

A reflexão sobre esse tema é de enorme relevância quando se depara com o descaso, conforme já mencionado, em relação às políticas públicas. Em seu estudo sobre a Educação Ambiental, já na introdução, Dias (2004) faz uma cronografia estabelecendo uma relação entre o crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico. O autor faz um alerta sobre aspectos relacionados aos impactos produzidos pelas relações humanas com a natureza. Num dado momento, um alerta que se remete a meados do século XIX.

1864: George Perkin Marsh (1801-1882), diplomata americano, publica o livro *Man and nature: or physical geography as modified by human action* (O Homem e a Natureza: ou geografia física modificada pelo homem), considerado o primeiro exame detalhado da agressão humana à natureza. Marsh documenta como os recursos do planeta estão sendo depreciados e prevê que tal exploração não continuaria sem exaurir inevitavelmente a generosidade da natureza; analisa as causas do declínio de civilizações antigas e prevê um destino semelhante para as civilizações modernas, se não houvesse mudança. (DIAS, 2004, p. 280).

É importante considerar que, passados pouco mais de um século e meio, as condições apontadas se agravaram. Cabe refletir sobre esse tempo verbal do “se não houvesse mudança”, pois, historicamente, pode-se notar que o aumento populacional e o desenvolvimento tecnológico, atrelados às necessidades de expansão do lucro por parte do capitalismo, estão produzindo ainda mais impactos. No caso do Brasil, especificamente, esse cenário é histórico e herança do período colonial, pois não se pode deixar de lado o fato de que uma das primeiras atividades econômicas desenvolvidas aqui no território, quando da chegada dos portugueses, foram justamente a exploração do pau-brasil e a produção da cana-de-açúcar que, por consequência, deram início à intensa degradação da Mata Atlântica.

É evidente que muita coisa mudou. Mesmo assim, de uma maneira ou de outra, a problemática ambiental está em pauta. Porém, a expansão do agronegócio, da exploração de recursos naturais e da ocupação do território também se transformou. Outro exemplo, trazido por Magnoni Junior (2007), fala da ocupação da Floresta Amazônica pelos grandes capitalistas da agropecuária, expondo o bioma a um intenso processo de transformação.

[...] o avanço do desmatamento da Amazônia estimulado principalmente pela expansão do agronegócio da soja e extração mineral e de madeira clandestina deixa de ser uma parte significativa do meio ambiente, para se caracterizar em brutal cientificização e tecnicização da paisagem sob a égide do mercado globalizado dominado pelos países ricos e empresas transnacionais. (MAGNONI JUNIOR, 2007, p. 32).

Nota-se, a partir de uma análise mais rigorosa, que fica difícil desvincular as transformações e exploração do território do modelo de produção que determina as relações. Pode-se insinuar que, afastar simbolicamente o indivíduo do meio seja intencional, justamente para legitimar a ocupação e a apropriação dos recursos. Além disso, torna a sociedade menos sensível às mazelas produzidas em nome do desenvolvimento e da necessidade de crescimento econômico.

E assim se constrói essa interação com a natureza. Séculos se passaram e não há equilíbrio. Ao levar em conta os desastres recentes, é possível considerar a situação como alarmante. Muitos exemplos podem representar esse cenário de desequilíbrio resultando em grandes impactos e tragédias.

Mesmo com toda tecnologia e conhecimento disponível, em meados da segunda década do século XXI, o Brasil foi marcado com grande enfrentamento em relação à preservação ambiental. Apenas nos últimos 4 anos, ocorreram aqueles que já são considerados os maiores desastres ambientais da história. Foram ao menos 2 rompimentos de barragens: em Mariana e Brumadinho. Em Mariana (MG), o acidente ocorreu em 5 de Novembro de 2015. O rompimento da barragem da Samarco Mineração S.A. deixou ao menos 19 mortos e causou enxurrada de lama que inundou o distrito de Bento Rodrigues. Em 25 de Janeiro de 2019, a barragem da Vale, em Brumadinho, região metropolitana de Belo Horizonte também se rompeu, provocando um desastre ainda maior. Foram cerca de 230 mortos, além de mais de 30 desaparecidos.

Com grande poder, o capital consegue estancar as crises sem que os problemas de fato se resolvam, como mostra esse trecho da reportagem do El País.

O fantasma de que os responsáveis máximos fiquem impunes está rondando. Basta ver o que ocorreu em Mariana, onde o *tsunami* de resíduos arrasou duas cidades e percorreu mais de 600 quilômetros até o Atlântico, alterando as vidas de centenas de milhares de pessoas e prejudicando gravemente

o ecossistema. Três anos depois, ninguém foi condenado. Não há data para o julgamento e a proprietária da mina – a Samarco, controlada pela Vale e pela australiana BHP Billiton – pagou uma ínfima parte das multas por danos ambientais porque recorreu delas. “Depois de Mariana, muito pouco foi feito. Fazia três anos que estávamos anunciando que haveria mais desastres”, diz Fabiana Alves, do Greenpeace. (GORTÁZAR, 2019).

Tão ou mais grave quanto essas tragédias/crimes ambientais são os grandes incêndios e desmatamentos ocorridos em áreas de cobertura de Floresta da Amazônia. Esse assunto mereceria um capítulo à parte, pois esse momento histórico pode ser um ponto de inflexão nos estragos promovidos na área de cobertura vegetal amazônica denominada Amazônia Legal. Para se ter ideia, pesquisadores apontam que os estragos do último período podem levar décadas ou séculos para serem recuperados. Em matéria veiculada pelo site da BBC-Brasil, os pesquisadores Jos Barlow e Erika Berenguer apontam que

conforme estudos feitos por especialistas que analisam as queimadas na Amazônia, mesmo três décadas após ser atingida pelo fogo, as florestas queimadas têm 25% menos carbono que as que não foram alvos de chamas. “Isso mostra que a gente precisa de décadas ou até mesmo centenas de anos para que as florestas se recuperem de um incêndio”, lamenta a pesquisadora. (LEMOS, 2019).

Os últimos quatro anos são apontados como aqueles que apresentaram os maiores avanços do desmatamento e de queimadas enfrentados na área. Segundo dados do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o índice de desmatamentos aumentou, se for comparado a dados referentes ao mesmo período dos anos de 2017 e 2018.

O resultado indica um acréscimo de 8,5% em relação a 2017, ano em que foram apurados 6.947 km<sup>2</sup>. Também representa uma redução de 73% em relação à registrada em 2004, ano em que o Governo Federal lançou o Plano para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm), atualmente coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). (INPE, 2019).

Dados revelados pelos meios de comunicação, estabelecendo a comparação do ano de 2018 em relação ao ano de 2019, indicam uma situação muito mais grave. Na contramão do que se propõe a defesa do meio ambiente, no Brasil, vem se consolidando a ideia de que é necessário avançar sobre os espaços naturais para o desenvolvimento acontecer. Em matéria veiculada pelo site Folha/Uol,

o desmatamento na Amazônia em julho deste ano teve crescimento de 278% em relação ao mesmo mês do ano passado. Dados são do DETER (Detecção do Desmatamento em Tempo Real), do sistema do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que visa ajudar o Ibama a combater o desmatamento. (WATANABE, 2019).

Para agravar ainda mais a situação, dados do INPE, referentes ao mês de agosto de 2020, apontam crescimento de 27% na distribuição dos focos de incêndio em relação ao mesmo mês do ano anterior. Somados os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal concentram mais de 88% de todos os focos de incêndio em território nacional<sup>4</sup>.

Mesmo que haja problemas em relação a queimadas naturais, não é incomum essa prática ser utilizada intencionalmente para posterior ocupação das áreas. As denúncias são de que as queimadas consistem na técnica utilizada pelos desmatadores para,

supostamente, “limpar” a área desmatada. O fogo segue o rastro do desmatamento, e os impactos são os mais alarmantes.

Em matéria publicada pelo site VioMundo, o cientista Claudio Almeida, coordenador do Programa Amazônia, do INPE, aponta o crescente índice de desmatamento, seguido das queimadas.

Segundo Cláudio, como no mês de julho o sistema detectou um pico de alertas de desmatamento (9 mil alertas no total), maior do que esperado pelo INPE, o próprio órgão decidiu então fazer uma análise mais apurada dos dados, vindo a confirmar 92% dos alertas detectados. A respeito das queimadas que foram vistas essa semana, alertou que são um resultado intensificado do atual processo de ocupação da Amazônia, que geralmente começa com a derrubada das árvores em março e abril, por ser o fim da estação chuvosa, e encerra com o início da estação seca, entre agosto e setembro. Neste período ocorrem as queimadas da massa que ficou secando desde a derrubada. Explica: “Querem ocupar e a única maneira de fazer a ocupação de maneira rápida é o fogo, sendo que o resultado é isso que a gente está vendo essa semana. É justamente aquele desmatamento que foi feito há 2, 3 meses atrás, que ficou secando e agora está queimando”. Indicou ainda que, segundo dados compilados pelo INPE em conjunto com a EMBRAPA (disponíveis no TerraClass), mais de 60% da área desflorestada na Amazônia foi destinada à pecuária, mais especificamente áreas de pastagem de baixa qualidade. (MAIA, 2019).

Casos como esse são tão graves que as repercussões não se restringiram ao Brasil. O fato de ser um país riquíssimo em recursos naturais, e a Amazônia, em especial, ser uma grandiosíssima reserva biológica, o que provoca grande interesse internacional, vários países se manifestaram em defesa da floresta e de um maior controle da sua destruição.

No entanto, essa preocupação não é recente, assim como não é em vão. Conti e Furlan (2009) apontam que satélites, como o Landsat, registravam índices alarmantes de desmatamento na região amazônica e que isso poderia implicar em mudanças nos regimes de chuvas e na emissão de gases de efeito estufa.

Entre outros aspectos, um dos ângulos dessa questão é o de que os desmatamentos na Amazônia eliminarão uma fonte de umidade importante para a atmosfera, uma vez que 56% das chuvas locais e regionais dependem da floresta. Por outro lado, as queimadas devolvem à atmosfera o gás estufa, CO<sub>2</sub>, que durante anos vem sendo “enterrado” ou capturado pela floresta através da fotossíntese. (CONTI; FURLAN, 2009, p. 70).

Colocadas questões como essas, a Alemanha e a Noruega suspenderam os repasses para o Fundo Amazônia, que financia diversos programas de combate ao desmatamento e às queimadas. A França, por meio de seu governo, propôs tratar a questão como de problema internacional, o que, em certo sentido, começa a afetar a soberania do Brasil. Não há como negar que são reflexos do desmonte promovido pelo governo federal, que mesmo tendo conhecimento das ações criminosas cancelou repasses para o incremento da fiscalização. À medida que os repasses são cancelados, ações de fiscalização e proteção começam a ser prejudicadas e a devastação se intensifica.

Após Alemanha, Noruega também bloqueia repasses para Amazônia. Ministro norueguês afirmou em entrevista a um jornal local que o Brasil não cumpriu o acordo de preservação ambiental. Fundo, que já perdeu verbas da Alemanha deixará de receber 133 milhões de reais. A Noruega anunciou nesta quinta-feira que, assim como a Alemanha, também bloqueará suas contribuições para o combate ao

desmatamento da Amazônia, uma verba de mais de 133 milhões de reais destinada ao Fundo Amazônia. A decisão acontece um dia depois de o presidente Jair Bolsonaro afirmar a jornalistas que a chanceler alemã, Angela Merkel, deveria usar o dinheiro bloqueado pelos alemães para reflorestar o próprio país. (NEGRÃO, 2009).

Tais episódios poderiam ser mitigados, ou ao menos produzirem maior indignação e, por consequência, maior resistência contra os avanços dessas forças hegemônicas que impactam tão ferozmente no meio ambiente. Além disso, os danos ambientais e humanos poderiam ser reduzidos se houvesse tratamento para isso. Conforme Kobiyama (2006), o gerenciamento de desastres naturais pressupõe ações de reconhecimento e controle dos ambientes. Atrelado ao fato de haver treinamento para quando os episódios ocorram, ainda que se tenha de lidar com forças dominantes que não possuam interesse nesse reconhecimento, é preciso pensar, portanto, em um processo de formação que permita aos indivíduos o acesso a esse conhecimento.

De certo ponto, passiva, a nossa sociedade assiste, justamente, à mercantilização da natureza, quando ela deixa de ser nossa fonte de existência, de onde se tira aquilo que é necessário para a sobrevivência nesse planeta, para tornar mercadoria que produzirá lucro.

Segundo Ross,

a capacidade crescente de raciocínio e o aumento do número de indivíduos, organizados em sociedades cada vez mais complexas, transformaram lentamente o homem no animal mais importante da Terra e, portanto, no maior predador da natureza. A evolução progressiva do homem como ser social mostra que, quanto mais ele evolui tecnicamente, menos se submete às imposições da natureza. Desse modo, se por um lado, o homem como animal é parte integrante da natureza e necessita dela para continuar sobrevivendo, por outro, como ser social, cada dia mais sofisticada os mecanismos de extrair da natureza recursos que, ao serem aproveitados, podem alterar de modo profundo a funcionalidade harmônica dos ambientes naturais. (ROSS, 2009, p. 212).

Um exemplo muito chocante dessa visão mercadológica dos recursos naturais, foi a descoberta de que proprietários rurais da região da Amazônia Legal criaram no país o chamado “Dia do Fogo”. Esse crime ocorreu no dia 10 de agosto de 2019, organizado e tornado público pelos próprios fazendeiros locais. Deram publicidade ao crime de incendiar a floresta em várias unidades da federação.

O dia 10 de agosto poderá ser classificado como um momento-chave na história recente da Amazônia. Hoje, ele já é conhecido como o “Dia do Fogo”, quando produtores rurais da região Norte do país teriam iniciado um movimento conjunto para incendiar áreas da maior floresta tropical do mundo. Essa suspeita está sendo investigada pela Polícia Federal (PF) e pelo Ministério Público Federal (MPF). Ontem, a procuradora-geral da República, Raquel Dodge, afirmou haver indícios de uma “ação orquestrada” para incendiar pontos da floresta. (MACHADO, 2019).

A ação se dizia legítima, pois os fazendeiros alegavam ser necessário ocupar a floresta dessa maneira para que o desenvolvimento ocorresse.

A partir do exposto, é possível observar que o aumento da população, atrelado ao crescente desenvolvimento tecnológico, culminou em um excessivo consumo dos recursos naturais, tendo como principal objetivo a produção e a acumulação de riquezas, a qualquer custo, sem preocupação com as consequências ambientais, haja vista a certeza da impunidade devido à falta de políticas públicas sérias e eficientes.

## 5 A Construção de um Pensamento Crítico e as Relações com o Meio Ambiente

Desde a Revolução agrícola, há cerca de 10.000 anos, o ser humano vem se apropriando cada vez mais dos recursos que a natureza lhe oferece. À medida que se desenvolve, essa apropriação se aprofunda. Com o advento do capitalismo, os recursos naturais passam a ter aquilo que, no pensamento marxista, se caracteriza como valor de troca, sendo um valor por si só, em substituição àquilo que chamava de valor de uso, ou seja, sua real necessidade. Assim, a natureza e seus recursos transformam-se de coisas necessárias para a sobrevivência para serem recursos capazes de gerar acumulação de riqueza.

A partir do momento em que os animais criados, os cereais cultivados e os vegetais coletados no campo ou nas florestas são explorados para comercialização, deixam de ser simplesmente alimentos para se transformarem em mercadorias que levam à riqueza de alguns e à pobreza de outros. (ROSS, 2009, p. 213).

Pode-se inferir que a desigualdade é, portanto, produto do sistema, criando situações em que uma pequena parcela da sociedade consuma muito mais do que necessita, enquanto à outra parcela, bem maior, falte até o básico para sobrevivência.

O aumento da demanda para atender contingentes cada vez maiores, e a necessidade inesgotável de produção de lucro, impõe um ritmo desenfreado de consumo de recursos. Cria-se um descompasso mais intenso em relação ao tempo do homem com o tempo da natureza, distanciando-o de outras espécies, mas também produzindo impactos cada vez mais profundos. É evidente que o homem constitui uma espécie mais avançada no sentido da produção de conhecimento, e que as transformações buscam também conforto e comodidade. No entanto, há de se considerar que esse homem também possui a capacidade de colocar gerações futuras em risco, fato que entre outras espécies não ocorre.

Diferentemente dos outros animais, o ser humano, pelo trabalho, transforma a natureza criando a sua existência. Por isso, é levado a valorizar os elementos do meio ambiente: a água, a terra, a fauna, a flora, etc. (no domínio da natureza) e as instituições, as ciências, as técnicas, etc. (no domínio da cultura). Antes mesmo de se dar conta disso, o homem está exercendo uma atitude axiológica (valorativa) perante tudo o que o cerca. (MAGNONI JUNIOR, 2007, p. 45).

Essa reflexão de Magnoni Junior (2007) induz a pensar sobre quais valores que se deve atribuir à natureza, ou como seria a melhor forma de se relacionar com ela. Há dependência total do ser humano em relação ao meio ambiente, o que leva a compreender que, inevitavelmente, seus recursos serão explorados. Por outro lado, é de suma importância compreender que essa relação precisa ser saudável e sustentável.

É importante ressaltar que a geografia é a ciência que tem um olhar particular sobre o espaço e sobre a relação do homem para com ele, por isso a importância de estar contida no dia a dia e não ser, meramente, um conteúdo escolar a ser passado para estudantes. Os espaços vão muito além de uma paisagem, não devem ser um retrato, um desenho a ser produzido, ou, ainda, algo belo, uma definição muito comum. Eles não devem ser apenas descritos, mas sim precisam se tornar conceito. Devem ser sentidos como parte de um todo e do indivíduo.

Em seu artigo "Educação e Ensino de Geografia de qualidade para a construção de uma sociedade democrática e resiliente", Magnoni Junior (2018) aborda a relação da geografia escolar, ciência geográfica e o cotidiano dos indivíduos, para, inclusive, prevenção aos desastres naturais. Destaca que a Geografia tem o papel importante de



abordar de maneira profunda e crítica a forma como as relações sociais e econômicas se dão, pois elas influenciam diretamente o modo como a sociedade se constrói.

Essa reflexão conduz para questões fundamentais em relação ao espaço e à forma como o indivíduo o vê, em especial por parte daqueles que têm menos acesso aos bens materiais. Essa é uma abordagem essencial sob a perspectiva da Geografia, na estruturação do pensamento crítico, que deve estar sempre atenta aos elementos construtores e transformadores do ambiente. Não se pode negligenciar esse olhar, pois ele tende a reforçar a naturalização da desigualdade. Esta não é natural, é produzida propositalmente e beneficia uma ínfima parcela da população. E mais grave ainda: aqueles que mais são excluídos e oprimidos são os que mais sofrem com as mazelas produzidas por esse modelo de sociedade que produz muita riqueza para poucos, e muita pobreza para muitos.

O desafio está em tornar os estudantes em agentes que reconheçam essa desigualdade naturalizada para questionar o quadro estabelecido, mesmo identificando todas as dificuldades. “Mas como pode o homem pobre e excluído utilizar os elementos da natureza, se ele não é capaz de intervir nela, discutir, engajar-se e assumir pessoalmente a responsabilidade de suas escolhas?”. (MAGNONI JUNIOR, 2007, p. 46).

Pode estar nesse contexto a Educação Ambiental. Fica quase implícito ao componente curricular Geografia desenvolver a Educação Ambiental. Entretanto, esse campo de estudo tem equívoco desde seu início, pois, como defende Dias (2004), a educação ambiental é negligenciada em várias outras graduações, que formam profissionais desconectados do tema, portanto reprodutores de práticas e ideias devastadoras. Ainda, como consequência, se os profissionais educadores não são formados para que desenvolvam a consciência ambiental na perspectiva das relações sociais dominantes, não farão também na escola; ou pior, reproduzirão preconceitos ou desinformações que tendem a influenciar na formação dos educandos.

Não se deve desconsiderar, portanto, que a falta de formação educacional sobre o tema é quase um círculo vicioso, quando professores tendem a confundir Educação Ambiental com Ecologia, ou seja, o estudo de assuntos relacionados ao meio ambiente, mas sem considerar de fato as relações estabelecidas entre os seres humanos, como argumenta Dias (2004), com visão fortemente preservacionista. Sobre a formação profissional, o autor expõe que não existem planos de Estado para isso, e quando há é, praticamente, inócuo, reforçando também a ideia que não há trabalho individual no processo de transformação da sociedade.

Por outro lado, o esforço de qualificação é mínimo. Quando ocorre, frequentemente qualifica alguns professores de cada escola. Estes, quando retornam às suas unidades escolares, passam a ser encarados como “rebeldes”, indesejáveis, pela Coordenação e pela Direção. Até mesmo o diálogo como os colegas torna-se difícil. A estratégia de qualificação de professores, desacompanhados dos demais colegas, inclusive da administração, tem-se mostrado ineficiente. (DIAS, 2004, p. 18).

Ainda, nesse contexto de Educação Ambiental como busca pela compreensão da construção do espaço e da necessidade da preservação para garantir a vida, faz-se necessário pensar sobre a questão axiológica, pois muito se fala sobre o desenvolvimento tecnológico, inclusive aquele que proporcionará melhor produtividade e menor impacto sobre o meio ambiente, mas pouco se debate, ainda, sobre a questão do acesso àquilo que está sendo produzido. Dias (2004) aponta que há muito tempo a humanidade sofre com o problema da fome não pela produção, mas pela distribuição. Isso implica também naquilo que se defende como questões ambientais. Há que se aprofundar muito no tema, pois sendo ele

Em nenhum período conhecido da história humana ela precisou tanto de mudança de paradigma, de uma Educação renovadora, libertadora. Mais do que produzir painéis solares mais baratos, reciclar e dotar carros de células de combustíveis, em vez de petróleo, precisamos de um processo mais completo, que promova o desenvolvimento de uma compreensão mais realista do mundo. No século XX, o ser humano involuiu, ética e espiritualmente. (DIAS, 2004, p. 16).

Nesse sentido, é possível apropriar-se das ferramentas disponíveis, como a cartografia, que é um dos eixos importantes da Geografia, e a alfabetização cartográfica, a qual deve ser uma referência, tanto para leitura e interpretação de mapas quanto para a exigência do uso da subjetividade para elaborar representações mentais ou a partir do seu cotidiano, uma vez que obriga o indivíduo a escolher elementos da realidade e o força a refletir sobre suas referências e a realidade que o cerca.

A geografia caracteriza-se pelo olhar estratégico, pela profundidade da compreensão, conforme destaca Lacoste (1988), essenciais para o reconhecimento do território, além de ser um passo fundamental para entender as complexidades das relações. O autor aponta ferramentas importantes ligadas a essa ciência, como, por exemplo, os mapas, que são de extrema importância comunicacional nos dias atuais, e estão vinculados diretamente à geografia escolar.

Ainda, para Magnoni Junior (2018),

[...] o ensino de geografia deve-se configurar entre o cidadão e o mundo, apresentando repercussões importantes, uma vez que, como disciplina escolar, a Geografia tem o objetivo de tornar o mundo sensível e compreensível aos alunos, proporcionando-lhes o reconhecimento e a análise da experiência humana na construção do espaço geográfico. (MAGNONI JUNIOR, 2018, p. 184-185).

Assim, transformando aquilo que é, num primeiro momento, apenas um tópico de um livro didático em uma forma de conectar o indivíduo ao seu lugar a fim de que se sinta parte e agente dele. No entanto, para isso, também é imprescindível que haja o rompimento com a dicotomia local-global, pois, apesar de se viver nos lugares, estes estão cada vez mais interligados, pois, como diz Milton Santos, "Nas condições da economia atual, é praticamente inexistente um lugar em que toda a produção local seja localmente consumida ou vice-versa, em que todo consumo local é provido de uma produção local". (SANTOS, 1994, p. 65).

A partir disso, vale enfatizar o papel emancipatório da educação, como destaca a Professora Edina Castro de Oliveira, no prefácio da importante obra de Paulo Freire "A pedagogia da autonomia", "Uma pedagogia fundada na ética, no respeito à dignidade e à própria autonomia do educando". (FREIRE, 2003, p. 10).

Nesse sentido, busca-se, por meio da educação ambiental e do olhar que a Geografia incide sobre o espaço, desenvolver, junto aos estudantes, essa perspectiva de pertencimento para, juntos, construir a consciência crítica e coletiva de que a ocupação e a apropriação desigual não são naturais e causam impactos em todas as esferas da sociedade.

## Considerações Finais

A partir de tudo que foi discutido até aqui, é possível notar o quanto é necessário debater assuntos importantes para transformar a realidade social e, por consequência, produzir interações humanas com a natureza de forma mais saudável. Esse é um ponto central no ensino da Geografia escolar, a qual vislumbra a construção

solidária e humanista, preocupada com o desenvolvimento de uma sociedade menos desigual, que compreende e se contrapõe ao modelo capitalista dominante. Parte do pressuposto de um olhar mais abrangente em relação às transformações no espaço, produzidas pelos seres humanos, não apenas como meros espectadores, mas como agentes que têm consciência das desigualdades e se opõem a elas.

Este capítulo se propôs a abordar e problematizar alguns temas relevantes que, num contexto geral e complexo, devem ser tratados de maneira mais profunda. A questão ambiental precisa ser desenvolvida para além do espontaneísmo e do senso comum. Para tanto, é imprescindível que os espaços educacionais se apropriem dos conceitos da Educação Ambiental, pautados em conhecimento científico, como forma de alcançar a construção de uma consciência crítica e não alienada. Com isso, superar o desafio, conforme explicado por Magnoni Junior (2018): o de associar a teoria com a prática, ou seja, a partir da construção do conhecimento e da consciência ambiental e tornar-se um agente do processo de superação da problemática que envolve o tema.

É de grande relevância pensar sobre a questão ambiental também como forma de reduzir ou evitar desastres naturais e, também, por consequência, mitigar as mazelas sociais. Tais episódios vêm ocorrendo com frequência e intensidade cada vez maiores.

O afastamento do indivíduo de sua realidade, tanto de seu produto de trabalho quanto de seu espaço de vivência, é uma estratégia bastante sofisticada de dominação, naturalizando relações sociais e com a natureza, reforçando, na verdade, um ideário dominante para manutenção da desigualdade.

Desigualdade essa que se consolida com a exploração desequilibrada dos recursos naturais, criando segmentos da sociedade que consomem muito mais do que necessitam, enquanto grande parcela das populações, que compõe classes sociais menos favorecidas, mal consegue sua subsistência. Outro fator importante é elucidar sobre a expansão dos desastres naturais impulsionados pela ação humana, tais como as queimadas e o rompimento de barragens de exploração mineral. Só é possível combatê-los a partir de um pensamento crítico e da desnaturalização do que vem sendo posto como imutável: a exploração de recursos naturais e de pessoas.

A formação crítica do indivíduo requer um olhar especial para essas relações, para a exploração de recursos, considerando que a natureza possa ser preservada e reconstruída permanentemente, evitando a potencialização de desastres ambientais que acabam afetando de maneira mais incisiva as camadas mais pobres e menos protegidas. Na velocidade e voracidade que a sociedade avança sobre esses recursos, tal relação produzirá danos permanentes.

Buscou-se enfatizar, também, que esse papel pode ser cumprido pela formação educacional que coloque a questão ambiental para além da visão simplista, a qual, ocorre, corriqueiramente, nos espaços de formação. Não se deve levar para a visão extrema do preservacionismo, ou seja, uma visão romantizada da natureza, afinal seria ingênuo imaginar que o ser humano não vai interferir no seu meio, pois é uma necessidade intrínseca à sua sobrevivência.

Por outro lado, não há como não condicionar esse tema ao modo de vida capitalista que determina como as relações humanas e com a natureza se darão. Mesmo que nem todas as ciências tenham essa especificidade, se os profissionais carregarem consigo tal formação, suas ações também corroborarão com a construção da consciência de que a natureza não deva ser transformada em produtora de riqueza para poucos. Ainda mais grave, é necessário compreender que as ações tendem a produzir impactos severos e que podem comprometer definitivamente a vida no planeta.

Todas as ciências que fazem parte da formação dos sujeitos deveriam ter como vetor a questão ambiental. Mas é evidente que a ciência geográfica tem em seu cerne a

compreensão das transformações produzidas como consequência das relações humanas e com a natureza, fato que deve ser considerado quando se pensa na Educação Ambiental.

A negligência na formação da maioria das profissões permite que grande parte da população fique alheia ao que ocorre ao seu redor, como, por exemplo, a expansão das queimadas. Na medida em que esses fenômenos se expandem, as políticas públicas para contê-las são desmontadas, perdendo apoio financeiro internacional e correndo risco de boicotes. As queimadas descontroladas na Floresta Amazônica e no Pantanal demonstram o descaso das autoridades em relação ao tema. Em vez de combatê-las, negam-se os fatos.

Por fim, uma das principais contribuições do presente capítulo, senão a mais importante, é reconhecer a dependência do homem em relação à natureza e compreender que esse é o primeiro passo para conter o problema da exploração e destruição intencional e desenfreada, assim como reduzir os riscos de desastres naturais, que tendem a afetar ainda mais as populações vulneráveis. Um caminho para conseguir lograr êxito, nesse sentido, é buscar efetiva formação da consciência socioambiental e crítica nos indivíduos. É um trabalho enorme, pois passa por transformar visões simplistas sobre o tema, e assim desenvolver uma Educação Ambiental credenciada, para construir uma sociedade resiliente, preparada para antecipar e reduzir o risco de desastres naturais e antropogênicos.

## Notas

4 INPE: INFOQUEIMA Boletim Mensal de Monitoramento. Disponível em: [http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/outros-produtos/infoqueima/2020\\_08\\_infoqueima.pdf](http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/outros-produtos/infoqueima/2020_08_infoqueima.pdf). Acesso: 17/09/2020.

## Referências

- ALTHUSSER, L. Aparelhos ideológicos do Estado. *In*: ALTHUSSER, L. **Aparelhos ideológicos do Estado**. Rio de Janeiro: Graal, 1983.
- BARBOSA, T.; AZEVEDO, J. R. N. de. **Revista Brasileira de Educação em Geografia: Contribuições Marxistas para pensarmos o Ensino de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 52-73, jul./dez. 2011.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acesso em: 01 set. 2020.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988. Brasília: Senado Federal: Coordenação de Edições Técnicas, 2016. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/). Acesso: 06 set. 2020
- CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. *In*: ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. 6. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.
- DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 9. ed. São Paulo, SP: Gaia, 2004.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 26. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2003.
- GORTÁZAR, N. G. **A maldição das minas no Brasil: entre o medo do desemprego e o fantasma da impunidade**. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/05/04/politica/1556925352\\_146651.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/05/04/politica/1556925352_146651.html). Acesso em: 26 ago. 2019.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TerraBrasilis**. 2019. Disponível em: <http://terra brasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/alerts/legal/amazon/aggregated>. Acesso em: 27 ago. 2019.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TerraBrasilis**. 2020. Disponível em: <http://terra brasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/alerts/legal/amazon/aggregated>.

queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/outros-produtos/infoqueima/2020\_08\_infoqueima.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

KAERCHER, N. A. O gato comeu a Geografia crítica? alguns obstáculos a superar no ensino-aprendizagem de Geografia. In: PONTUSCHKA, N. N.; OLIVEIRA, A. U. de. **Geografia em perspectiva: ensino e pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2010.

KRENAC, A. Notícias dos povos indígenas. In: KRENAC, A. **O índio: ontem, hoje, amanhã**. São Paulo: Edusp, 1991.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

LACOSTE, Y. **A Geografia: isso serve**, em primeiro lugar, para fazer a guerra. Tradução Maria Cecília França. 16. ed. Campinas, SP: Editora Papirus, 1988.

LE MOS, V. **A floresta leva décadas ou centenas de anos pra se recuperar'**: o que difere os incêndios na Amazônia e no cerrado. www.bbc.com. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-49459942>. Acesso em: 26 ago. 2019.

MACHADO, L. **O que se sabe sobre o 'Dia do Fogo'**: momento-chave das queimadas na Amazônia. 2019. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meioambiente/ultimas-noticias/bbc/2019/08/27/o-que-se-sabe-sobre-o-dia-do-fogomomento-chave-das-queimadas-naamazonia.htm?cmpid=copiaecolahttps://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimasnoticias/bbc/2019/08/27/o-que-se-sabe-sobre-o-dia-do-fogo-momento-chave-dasqueimadas-na-amazonia.htm>. Acesso em: 27 ago. 2019.

MAGNONI JUNIOR, L. Educação e ensino de geografia de qualidade para a construção de uma sociedade democrática e resiliente. **Ciência Geográfica**, Bauru: AGB, ano 22, v. 22, n. 1, p. 179-198, jan./dez. 2018. Disponível em: [https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXII\\_1/agb\\_xxii\\_1\\_web/Rev\\_AGB\\_dez2018-14.pdf](https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXII_1/agb_xxii_1_web/Rev_AGB_dez2018-14.pdf). Acesso em: 27 ago. 2019.

MAGNONI JUNIOR, L. **O conhecimento científico como base para a resolução de problemas relacionados à microbacia hidrográfica do córrego São José do Corrente, município de Cabrália Paulista – SP**. 2007. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Bauru, Bauru, 2007. Disponível: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101995/magnonijunior\\_l\\_dr\\_bauru.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101995/magnonijunior_l_dr_bauru.pdf?sequence=1) Acesso em: 23 nov. 2017.

MAIA, M. M. **Cientista do Inpe confirma: mais de 60% da área desmatada da Amazônia foi para pastagem**. Disponível em: <https://www.viomundo.com.br/voce-escreve/cientista-do-inpe-confirma-mais-de-60-do-desmatamento-da-amazonia-foi-para-pastagem-video.html>. Acesso em: 27 ago. 2019.

NEGRÃO, H. **Após Alemanha, Noruega também bloqueia repasses para Amazônia**. 2019. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/08/15/politica/1565898219\\_277747.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/08/15/politica/1565898219_277747.html). Acesso em: 26 ago. 2019.

REIGOTA, M. **O que é educação Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.

REIGOTA, M. **Educação ambiental e representação social**. São Paulo: Cortez, 2010.

ROSS, Jurandyr L. S. A sociedade industrial e o meio ambiente. In: ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. 6. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, M. **Técnica, espaço e tempo: globalização e meio técnico-científico informacional**. 3. ed. São Paulo-SP: Editora Hucitec, 1997.

TOMINAGA, L. K. **Desastres naturais: por que ocorrem? Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 13-23.

WATANABE, P. **Desmatamento na Amazônia em julho cresce 278% em relação ao mesmo mês em 2018**. 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br%2Fambiente%2F2019%2F08%2Fdesmatamento-na-amazonia-em-julho-cresce-278-em-relacao-ao-mesmo-mes-em-2018>. Acesso em: 26 ago. 2019.

# OS PROCESSOS DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA E AS ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO

Eduardo Soares de Macedo<sup>1</sup>

Alessandra Cristina Corsi<sup>2</sup>

Marcela Penha Pereira Guimarães<sup>3</sup>

Marcelo Fischer Gramani<sup>4</sup>

## 1 Introdução

Atualmente, o aumento do número de pessoas vivendo em áreas de risco de escorregamentos, enchentes e inundações tem sido uma das características negativas do processo de urbanização e crescimento das cidades brasileiras, o que se verifica, principalmente, nas regiões metropolitanas (MINISTÉRIO DAS CIDADES; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2007). Fatores econômicos, políticos, sociais e culturais contribuem para o avanço e a perpetuação desse quadro indesejável. Em linhas gerais o problema das áreas de risco nas cidades brasileiras pode ser sintetizado nos itens abaixo:

- Crise econômica e social com solução a longo prazo;
- Política habitacional para baixa renda historicamente ineficiente;
- Ineficácia dos sistemas de controle do uso e ocupação do solo;
- Inexistência de legislação adequada para as áreas suscetíveis aos riscos;
- Inexistência de apoio técnico para as populações;
- Cultura popular de “morar no plano”.

A solução desse grave problema demanda muito tempo e recursos dada a enorme quantidade de áreas de risco e famílias afetadas. Uma das linhas de trabalho que tem sido adotada por várias administrações municipais é a regularização fundiária de terrenos em loteamentos irregulares ou de propriedade pública. É um processo que ao final provê um documento de posse do terreno à família que o habita, e a experiência tem demonstrado, que isso faz com que as condições da área melhorem substancialmente já que as famílias se sentem seguras para aplicar melhorias em suas moradias, diminuindo inclusive o risco.

A regularização fundiária é um processo que visa legalizar a permanência de moradias que foram instaladas de forma irregular, clandestina ou quando não foi possível a titulação de seus ocupantes, mesmo que atendessem à legislação em vigor à época de sua implantação ou regularização. Os procedimentos para a Regularização Fundiária Urbana (Reurb) estão previstos, no âmbito federal, na Lei nº 13.465/2017 (BRASIL, 2017) e nos Decretos regulamentadores nº 9.310/2018 (BRASIL, 2018a) e

---

<sup>1</sup> Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT. E-mail: esmacedo@ipt.br.

<sup>2</sup> Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT. E-mail: accorsi@ipt.br.

<sup>3</sup> Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT. E-mail: marcelappg@ipt.br.

<sup>4</sup> Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT. E-mail: mgramani@ipt.br.

nº 9.597/2018 (BRASIL, 2018b). Duas modalidades de Reurb foram definidas: Reurb de Interesse Social (Reurb-S), quando envolver ocupações informais caracterizadas predominantemente por população de baixa renda; e Reurb de Interesse Específico (Reurb-E), aplicável aos outros casos que não se enquadram em Reurb-S.

O objetivo da regularização fundiária urbana de interesse social é a garantia de um dos direitos fundamentais do cidadão para uma vida digna, qual seja o direito à moradia. Acrescentam-se, ainda, as condições urbanas às oportunidades econômicas, educacionais e culturais que a cidade oferece (NUNES; FIGUEIREDO JUNIOR, 2018).

Uma das etapas do processo de regularização fundiária trata dos Estudos Técnicos para Situações de Risco, no caso de áreas de risco de escorregamento de solo nos assentamentos, conforme artigo 35 da Lei 13.465 de 2017 (BRASIL, 2017).

Em núcleos urbanos informais, ou de parcelas deles, situados em áreas de riscos geológico-geotécnicos, somente é admitida a regularização fundiária por meio de aprovação do projeto, contendo estudos técnicos que possibilitem a eliminação, correção ou administração de riscos. Assim, a implantação das medidas indicadas nos estudos técnicos é condição indispensável à aprovação da regularização fundiária. Na Reurb-S que envolva áreas de riscos que não comportem eliminação, correção ou administração, os Municípios deverão proceder à realocação dos ocupantes do núcleo urbano informal a ser regularizado. (Artigo 39, Lei 13.465/2017, BRASIL, 2017).

## 2 Método

O mapeamento de risco prevê a realização de investigações geológico-geotécnicas de superfície, visando identificar os condicionantes dos processos de instabilização. Os resultados são sistematizados em fichas de cadastro com a caracterização dos graus de risco, seguindo como base o modelo proposto por Macedo *et al.* (2004).

As fichas de campo apresentam, na forma de um *check-list* (Figura 1), diversos condicionantes geológicos e geotécnicos importantes para a caracterização dos processos de instabilização de encostas em áreas urbanas: tipologia (natural ou corte e aterro) e geometria da encosta, tipos de materiais mobilizados (solo / rocha / lixo / detritos, etc.), tipologia de escorregamentos ocorrentes ou esperados, tipo de talude (natural ou corte e aterro) e, condição de escoamento e infiltração de águas superficiais e servidas (Quadro 1).

Nas fichas de avaliação de risco são considerados também aspectos específicos, tais como o padrão construtivo das habitações (madeira, alvenaria, misto) e a posição das mesmas em relação ao raio de alcance dos processos ocorrentes ou esperados. Observa-se ainda o estágio da ocupação atual, incluindo aspectos gerais sobre infraestrutura urbana implantada, tais como: condições das vias (pavimentada, terra, escadarias), sistemas de drenagem e esgoto, pontes e outras melhorias urbanas.

Além da caracterização dos processos de instabilidade, a ficha contempla também parâmetros de análise da vulnerabilidade em relação às formas de uso e ocupação presentes nas áreas de risco. O Quadro 2 apresenta critérios para a caracterização da ocupação das áreas. Desta forma, são identificados os processos de instabilização predominantes, delimitando e caracterizando os setores de risco.

**FICHA DE CAMPO - MAPEAMENTO DE ÁREA DE RISCO DE ESCORREGAMENTO**

<b>LOCALIZAÇÃO</b>	
Município: _____	Área: _____ Nº do Setor: _____
Nome da Área: _____	Coord E (m): _____ Coord N (m): _____
Localização: _____	Data: _____
Equipe: _____	
<b>UNIDADE DE ANÁLISE</b>	
<input type="checkbox"/> Encosta <input type="checkbox"/> Margem de Córrego	
<b>CARACTERÍSTICAS DA ÁREA</b>	
Tipos predominantes de construção: <input type="checkbox"/> alvenaria <input type="checkbox"/> madeira <input type="checkbox"/> misto    Obs: _____	
Densidade de ocupação: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
Condições das vias: <input type="checkbox"/> pavimentada <input type="checkbox"/> não pavimentada    Obs: _____	
Inclinação média do setor (°): _____	
<b>CONDICIONANTES</b>	
<input type="checkbox"/> Encostas Naturais    Obs: _____	
Altura (m): _____	Inclinação (°): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): _____
<input type="checkbox"/> Talude de Corte    Obs: _____	
Altura (m): _____	Inclinação (°): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): _____
Material predominante: <input type="checkbox"/> solo residual <input type="checkbox"/> saprolito <input type="checkbox"/> rocha alterada <input type="checkbox"/> rocha sã	
<input type="checkbox"/> Estruturas desfavoráveis a estabilidade    Obs: _____	
<input type="checkbox"/> Taludes de aterro    Obs: _____	
Altura (m): _____	Inclinação (°): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): _____
<input type="checkbox"/> Maciço rochoso <input type="checkbox"/> Estruturas desfavoráveis à estabilidade    Outros: _____	
Altura (m): _____	Inclinação (°): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): _____
<input type="checkbox"/> Matacões    Obs: _____	
<input type="checkbox"/> Depósito localizado sobre: <input type="checkbox"/> Encosta natural <input type="checkbox"/> Talude de corte <input type="checkbox"/> Talude de aterro <input type="checkbox"/> Talude marginal	
Obs: _____	
Material presente: <input type="checkbox"/> aterro <input type="checkbox"/> lixo <input type="checkbox"/> entulho    Obs: _____	
<input type="checkbox"/> Drenagens Naturais: <input type="checkbox"/> retificado <input type="checkbox"/> natural      <input type="checkbox"/> retilíneo <input type="checkbox"/> meandrante      <input type="checkbox"/> assoreado <input type="checkbox"/> lixo <input type="checkbox"/> entulho	
<input type="checkbox"/> Talude Marginal    Altura (m): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Obs: _____	
<b>EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/> trincas na moradia	<input type="checkbox"/> muros e paredes embarrigado <input type="checkbox"/> cicatrizes de escorregamento
<input type="checkbox"/> trincas no terreno	<input type="checkbox"/> árvores, postes, muros inclinados                      Data e dimensão: _____
<input type="checkbox"/> dregaus de abatimento	<input type="checkbox"/> solapamento de margem <input type="checkbox"/> fraturas no maciço rochoso
<b>ÁGUA</b>	
<input type="checkbox"/> concentração de água de chuva em superfície	<input type="checkbox"/> fossa
<input type="checkbox"/> lançamento de águas servidas em superfície	<input type="checkbox"/> surgência d'água    Obs: _____
<input type="checkbox"/> vazamento de tubulação	sistema de drenagem superficial: <input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> precário <input type="checkbox"/> satisfatório
<b>VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES</b>	
<input type="checkbox"/> presença de árvores	<input type="checkbox"/> área desmatada
<input type="checkbox"/> vegetação rasteira	<input type="checkbox"/> área de cultivo: _____
<b>PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/> escorregamento em encosta natural	<input type="checkbox"/> escorregamento em depósito encosta <input type="checkbox"/> queda de blocos <input type="checkbox"/> corrida
<input type="checkbox"/> escorregamento em talude de corte	<input type="checkbox"/> solapamento margem <input type="checkbox"/> rolamento de blocos <input type="checkbox"/> rastejo
<input type="checkbox"/> escorregamento em talude de aterro	<input type="checkbox"/> erosão <input type="checkbox"/> deslocamento
<b>CONDIÇÃO DA ESTABILIDADE DOS BLOCOS E MACIÇO ROCHOSO</b>	
<input type="checkbox"/> Condição favorável de estabilidade	<input type="checkbox"/> Condição desfavorável de estabilidade
<b>GRAU DE RISCO</b>	
<input type="checkbox"/> Risco 4 - Muito Alto	<input type="checkbox"/> Risco 3 - Alto
<b>SETOR DE MONITORAMENTO (R1 e R2)</b>	
<input type="checkbox"/> Setor Monitoramento Ocupado	<input type="checkbox"/> Setor Monitoramento Não Ocupado
Número de moradias na área: _____	

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2007).

**Figura 1.** Check-list dos diversos condicionantes geológicos e geotécnicos para a caracterização dos processos de instabilização de encostas em áreas urbanas.



**Quadro 1.** Principais dados levantados em campo para caracterizar os setores de risco.

<b>CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidade de análise: Encosta/Margem de córrego</li> <li>• Tipos de construção: Alvenaria/Madeira/Misto</li> <li>• Condição das vias</li> <li>• Encosta natural</li> <li>• Talude de corte/Aterro</li> <li>• Presença de maciço rochoso</li> <li>• Altura da encosta, ou talude, ou maciço rochoso</li> <li>• Inclinação da encosta, ou talude, ou maciço rochoso</li> <li>• Distância da moradia com relação ao topo/base da encosta, talude, maciço rochoso</li> <li>• Estruturas em solo/rocha desfavoráveis</li> <li>• Presença de blocos de rocha/matacões</li> <li>• Presença de Depósitos de encosta: aterro/lixo/entulho</li> </ul>	
<b>EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO</b>	<b>ÁGUA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trincas na moradia</li> <li>• Trincas no terreno</li> <li>• Degraus de abatimento</li> <li>• Muros e paredes “embarrigados”</li> <li>• Árvores, postes e muros inclinados</li> <li>• Solapamento de margem</li> <li>• Cicatrizes de deslizamentos</li> <li>• Fraturas no maciço rochoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentração de água de chuva em superfície</li> <li>• Lançamento de água servida em superfície</li> <li>• Vazamento de tubulação</li> <li>• Fossa</li> <li>• Surgências d’água</li> <li>• Sistema de drenagem superficial: inexistente/ precário/satisfatório</li> </ul>
<b>VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES</b>	<b>MARGENS DE CÓRREGO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de árvores</li> <li>• Vegetação rasteira (arbustos, capim, etc)</li> <li>• Área desmatada</li> <li>• Área de cultivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de canal (retificado/natural), (retilíneo/meandrante), (assoreado/lixo/entulho)</li> <li>• Altura do talude marginal</li> <li>• Distância da moradia com relação ao topo do talude marginal</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2007).

**Quadro 2.** Critérios para caracterização da ocupação.

<b>Categoria de Ocupação</b>	<b>Características</b>
Área consolidada	Áreas densamente ocupadas, com infraestrutura básica.
Área parcialmente consolidada	Áreas em processo de ocupação, adjacentes a áreas de ocupação consolidada. Densidade da ocupação variando de 30% a 90%. Razoável infraestrutura básica.
Área parcelada	Áreas de expansão, periféricas e distantes de núcleo urbanizado. Baixa densidade de ocupação (até 30%). Desprovidas de infraestrutura básica
Área mista	Nesses casos, caracterizar a área quanto à densidade de ocupação e quanto a implantação de infraestrutura básica

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2007).

## 2.1 Classificação de riscos nos setores mapeados relativos a movimentos de massa

Os setores de risco são delimitados em campo sobre fotografias aéreas obtidas com uso de Drone e classificadas segundo os seus graus de risco.

As definições mais usuais da palavra Risco mencionam a relação, não obrigatoriamente de forma matemática, entre a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de um processo, e os prejuízos ou danos daí advindos, causados aos elementos que estão sob a influência dos processos, o que normalmente se entende como a ocupação humana. Simplificadamente, o Risco pode ser definido como:

$$R = P \times C$$

Onde:

**R** = risco;

**P** = probabilidade ou possibilidade de ocorrência do processo; e

**C** = consequência (danos, prejuízos), também entendida como a vulnerabilidade dos elementos sob risco.

Os critérios de julgamento da probabilidade de ocorrência dos processos de instabilização do tipo escorregamentos em encostas ocupadas, bem como os parâmetros analisados para o desenvolvimento dos trabalhos, são apresentados no Quadro 3, a partir de Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2007).

**Quadro 3.** Critérios utilizados para determinação dos graus de probabilidade de ocorrência de processos de instabilização do tipo escorregamentos em encostas ocupadas e solapamento de margens de córregos.

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
<b>R1</b> <b>Baixo</b>	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de BAIXA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.
<b>R2</b> <b>Médio</b>	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de ALGUMA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade, porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, É REDUZIDA a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
<b>R3</b> <b>Alto</b>	Os condicionantes geológico-geotécnicos e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de SIGNIFICATIVA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
<b>R4</b> <b>Muito Alto</b>	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MUITO ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade SÃO EXPRESSIVAS E ESTÃO PRESENTES EM GRANDE NÚMERO E/OU MAGNITUDE. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

Fonte: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2007).

Este quadro mostra que os graus de risco são classificados em quatro níveis, sendo Risco Baixo (R1), Risco Médio (R2), Risco Alto (R3) e Risco Muito Alto (R4), com a descrição que menciona tanto a possibilidade ou potencialidade de desenvolvimento do processo de movimento de massa (especificamente, neste caso, os escorregamentos), como a vulnerabilidade do meio antrópico quando menciona o nível de intervenção no setor e a ocorrência de eventos destrutivos.

Para um melhor entendimento da relação entre os graus de risco, conforme o Quadro 3 e a definição de risco mencionada acima, apresenta-se, a título de exemplo, a análise do Grau de Risco Muito Alto (R4). Segundo o Quadro 3, o Grau de Risco Muito Alto (R4) está descrito como:

*“Os **condicionantes geológico-geotécnicos** predisponentes e o **nível de intervenção** no setor são de MUITO ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As **evidências de instabilidade** SÃO EXPRESSIVAS E ESTÃO PRESENTES EM GRANDE NÚMERO E/OU MAGNITUDE.*

*É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de **eventos destrutivos** durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.” (MINISTÉRIO DAS CIDADES; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2007)*

Nesta definição, os condicionantes geológico-geotécnicos indicam a probabilidade ou possibilidade de ocorrência do processo. Já o nível de intervenção e a menção de eventos destrutivos causados remetem para as consequências do processo, que estão relacionadas à vulnerabilidade, retomando assim, a definição de risco mencionada.

A definição utiliza ainda, como referência para a classificação do grau de risco, as evidências de instabilidade que são os sinais que indicam que o movimento de massa apresenta desenvolvimento do processo. Estes sinais são representados por fendas de tração na superfície dos terrenos, pelo aumento de fendas pré-existentes, pelo embarrigamento de estruturas de contenção, pela inclinação de estruturas rígidas como postes, árvores, etc., de graus de abatimento, e trincas no terreno e nas moradias. Em geral, a evolução da instabilização das encostas acaba por gerar estes sinais ou feições que permitem analisar a possibilidade de ruptura. No entanto, deve-se ter em mente que, em muitos casos, trincas e fissuras em paredes de moradias podem ser advindas de problemas construtivos e não são consequências de movimentos de massa que poderiam estar afetando a construção.

### 2.1.1 Setores de monitoramento relativos a movimentos de massa

Os setores mapeados com graus de risco Baixo (R1) e Médio (R2) recebem indicações semelhantes de medidas estruturais e não estruturais para a mitigação dos riscos. Para facilitar o entendimento e uso dos mapeamentos, os setores assim classificados são agrupados nos chamados Setores de Monitoramento (SM), estando ocupados ou não por moradias. Tal ação visa identificar a necessidade de se trabalhar o planejamento da expansão urbana diante do contexto que afeta gravemente as cidades brasileiras, as quais vêm apresentando durante décadas formas indevidas de utilização dos espaços urbanos. É um meio de se trabalhar a ausência de processos de planejamento, visando atender a interesses coletivos de forma ampla, buscando conjuntamente a proteção ambiental e o direito do cidadão a sua cidade mais sustentável.

Assim sendo, os setores indicados como Setores de Monitoramento se referem a locais onde os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção antrópica são de média a baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de instabilização, ou seja, Risco Baixo (R1) e Médio (R2). Nos setores ocupados, identificados com estes graus de risco, não é esperada a presença de evidências de movimentação como trincas nas moradias ou nos terrenos, ou degraus de abatimento, visto que essas evidências indicam a movimentação do terreno, a qual se observa quando já existe a instalação de um processo de movimento. A inclinação de objetos na encosta pode ser observada, mas de forma sutil.

Ressalta-se que é perfeitamente possível que tais evidências não sejam observadas, principalmente em setores com elevado grau de consolidação. Áreas muito consolidadas, seja de forma ordenada ou não, tendem a apresentar baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de instabilização, por não mais apresentarem trechos com solo exposto ou superfícies de encosta sem ocupação.

Adicionalmente, deve-se levar em conta o nível de intervenção da ocupação como, por exemplo, a qualidade da moradia (relativa à resistência da construção ao impacto da massa movimentada), distância da moradia à base ou ao topo do talude considerado (relativo a uma faixa de segurança entre a moradia e o talude). Em setores ocupados, se tais condições descritas forem mantidas, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

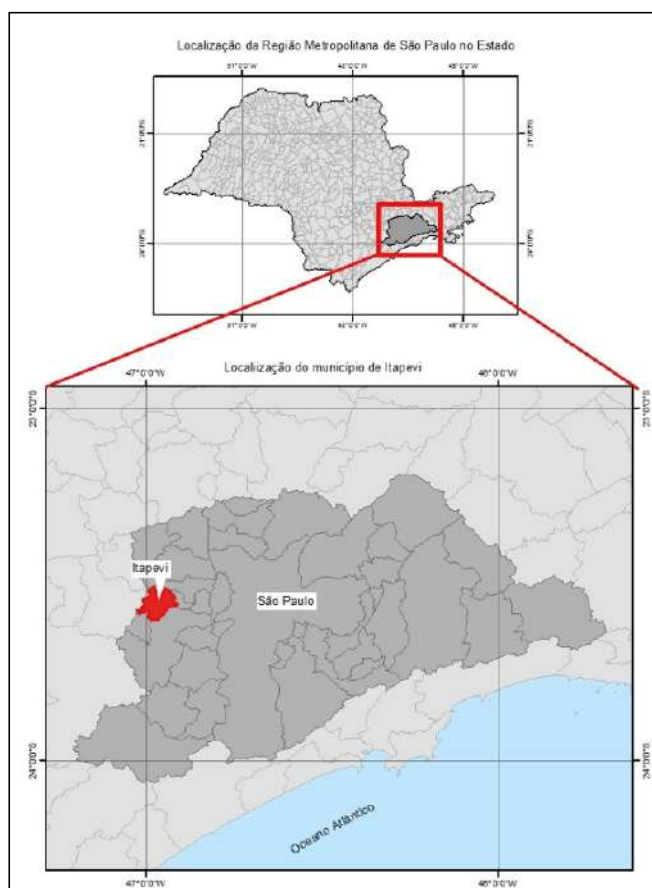
Neste caso, pode ser necessária a implementação de medidas estruturais bastante simples. O procedimento padrão executado nestes casos é o monitoramento por meio de ações de defesa civil e de fiscalização do uso e ocupação do solo. Tal ação é corroborada pelo Ministério das Cidades, órgão criador do PMRR (Plano Municipal de Redução de Riscos), de tal forma que nos programas para implementação de medidas estruturais (obras de engenharia) para redução dos riscos os setores identificados com Risco Baixo (R1) e Médio (R2) não são contemplados.

Ressalta-se que as ações como fiscalização e planejamento urbano evitam alterações nas condições do setor, visto que a ocupação antrópica é muito dinâmica, principalmente em assentamentos urbanos precários, podendo vir a gerar setores de Risco Alto (R3) ou até Muito Alto (R4).

### 3 Aplicação

O IPT no contexto da regularização fundiária já efetuou o mapeamento nas cidades de São Roque, Itapevi e Cubatão. Neste artigo a título de exemplo, serão apresentados os resultados alcançados no mapeamento para o município de Itapevi.

O Município de Itapevi localiza-se na Microregião de Osasco, situada na Região Metropolitana de São Paulo. Localiza-se a 35 km da capital e tem como principal via de acesso a Rodovia Castelo Branco (SP-280). Possui uma área de 82 km<sup>2</sup>, com uma população de mais de 200 mil habitantes, segundo o censo do IBGE de 2010, e uma densidade populacional de mais de 2,4 mil hab/km<sup>2</sup> (Figura 2).



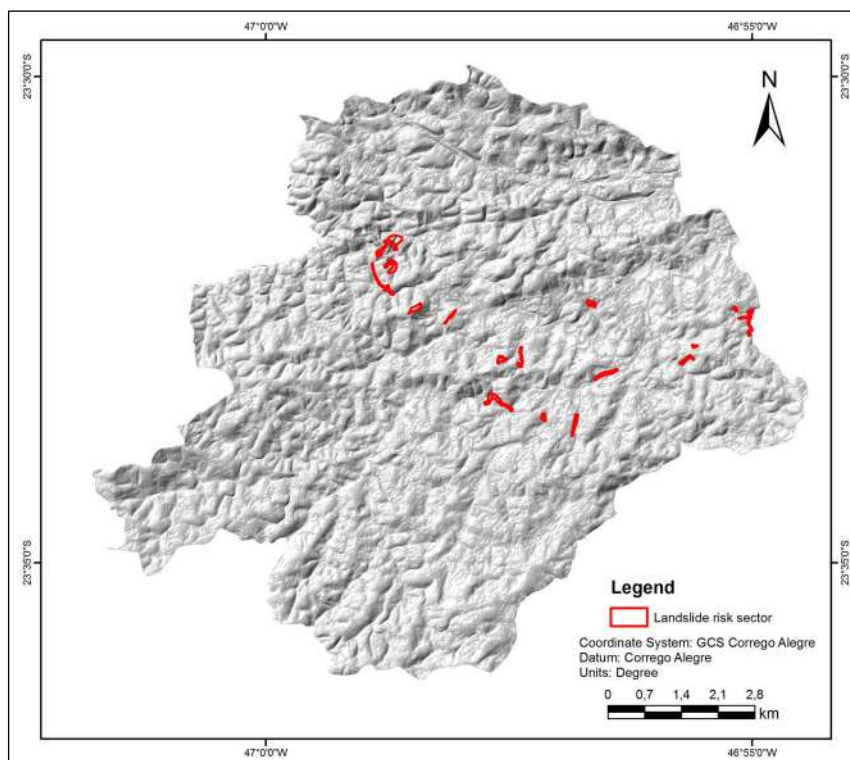
**Figura 2.** Localização do município de Itapevi, no estado de São Paulo.

O Quadro 4 apresenta a lista das áreas indicadas pela prefeitura para o mapeamento, contendo o nome adotado pela equipe e a correlação com a denominação utilizada pelo programa Cidade Legal. A Figura 3 apresenta a distribuição das áreas no município.

**Quadro 4.** Nomenclatura das áreas indicadas para o mapeamento e delimitação de APP.

<b>Local</b>	<b>Nome Núcleo – Programa Cidade Legal</b>
Cohab Setor D – Av. Pedro Paulino	Vila Sena
Cohab A – Rua Japi	Comunidade Macaúba
Jardim Julieta	Comunidade Malú
Jardim Ruth	Comunidade Nova Canaã
Jardim São Carlos	Comunidade São Carlos I
Recanto Paulistano I e II	Comunidade Maria Rosa
Vale do Sol	Comunidade Paulo de Abreu
Vila Gióia	Comunidade Recanto Viver
Vila Santa Rita	Comunidade Ferroviário
Amador Bueno	Jardim Rio Preto, Jardim Nova Aliança e Jardim Camargo
Jardim Marina II	Comunidade do Atlético
Colinas de São José	Residencial Colinas de São José
Jardim São Luiz – Área Pública I	Vila Carlos Gomes
Jardim São Luiz – Área Pública II	Comunidade São Luiz 2

Fonte: IPT (2018).



**Figura 3.** Distribuição das áreas selecionadas para o mapeamento no município de Itapevi.

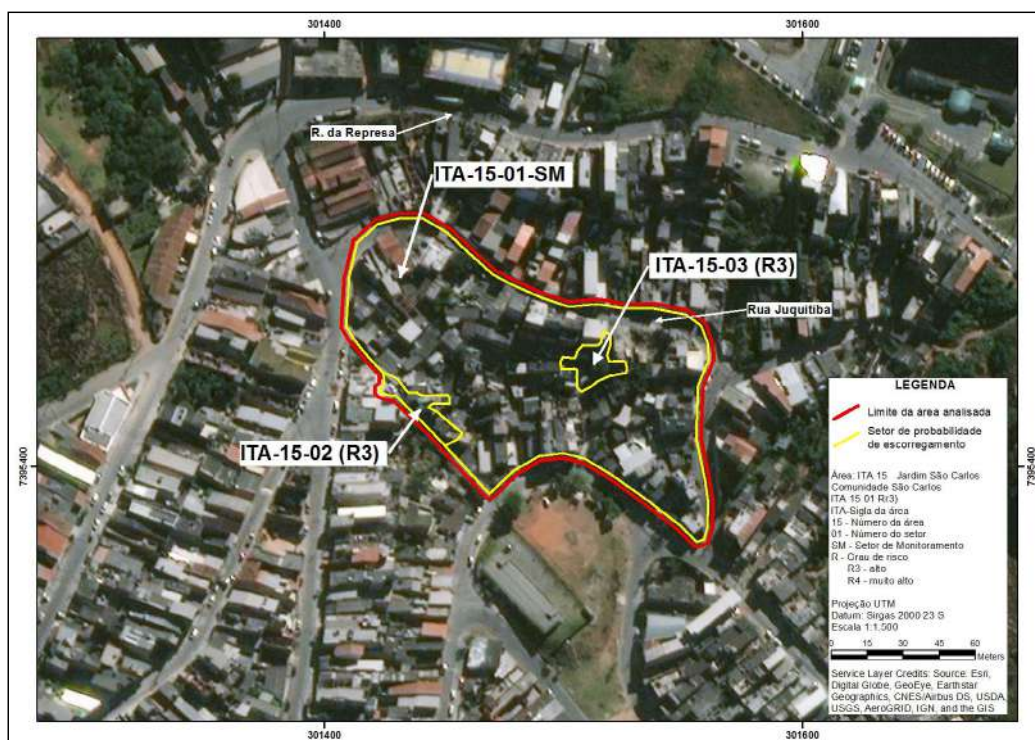
No município de Itapevi foram mapeadas 15 áreas de risco, onde foram delimitados 40 setores de escorregamentos, 03 de solapamento de margem e 11 de inundação (Tabela 1). Os custos das indicações das intervenções estruturais para os 17 (dezesete) setores de risco Alto e Muito Alto para escorregamentos, os 02 (dois) setores com Risco Alto para solapamento de margens e 01 (um) setor de risco Alto para inundação totalizaram R\$ 4.892.496,81 (quatro milhões, oitocentos e noventa e dois mil, quatrocentos e noventa e seis reais e oitenta e um centavos).

**Tabela 1.** Número de setores e subsetores por tipo de processo e por grau de risco.

PROCESSOS	GRAUS DE RISCO			Total de setores por processo
	Sector de Monitoramento SM	R-3 Risco Alto	R-4 Risco Muito Alto	
Escorregamento	23	16	01	40
Solapamento de margens	01	02	--	03
Inundação	10	01	--	11
<b>Total de setores por grau de risco</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>01</b>	<b>54</b>

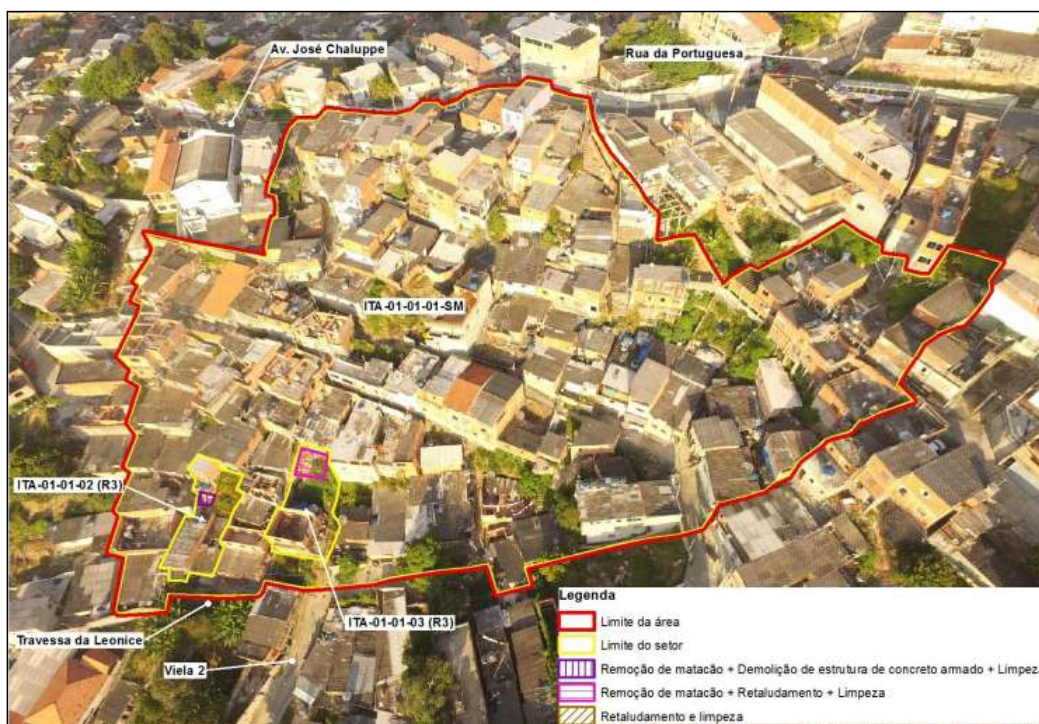
Fonte: IPT (2018).

A Figura 4 apresenta um exemplo de uma das áreas mapeadas, com a delimitação dos setores de risco e a indicação do grau de risco em imagem de satélite disponível no software ArcMap da empresa Esri. Na Figura 5 temos a indicação das intervenções estruturais, em imagens oblíquas obtidas pelo drone, que se executadas irão reduzir o grau de risco da área. Vale destacar que as intervenções estruturais indicadas visam à redução do grau de risco e não a urbanização da área.



Fonte: IPT (2018).

**Figura 4.** Delimitação dos setores de risco em imagem de satélite.



Fonte: (IPT, 2018)

**Figura 5.** Indicação das alternativas de intervenções em imagem oblíqua obtida por drone.

Ao final dos trabalhos a Prefeitura recebeu relatório completo onde constavam pranchas com o resultado do mapeamento de risco, a indicação das obras a serem executadas com os respectivos custos.

## Conclusões

A Regularização Fundiária é um processo que ao final provê um documento de posse do terreno à família que o habita. Além da óbvia segurança jurídica levada às famílias, a experiência mostra que as condições da área melhoram substancialmente já que as famílias se sentem seguras para aplicar melhorias em suas moradias, diminuindo inclusive o risco. Dado o grande déficit habitacional no país e o número elevado de famílias vivendo em condições precárias e de risco, a regularização tem se mostrado um instrumento bastante eficaz tanto para a solução habitacional como para as situações de risco.

As condições de exposição aos riscos, principalmente os de caráter natural como deslizamentos e inundações, têm dificultado a regularização fundiária nas nossas cidades e precisam ser reconhecidas por meio de mapeamentos e resolvidas com intervenções estruturais. É preciso deixar claro que o mapeamento de riscos e a solução dos problemas detectados é uma das condicionantes para o processo de regularização existindo ainda o condicionante ambiental, a infraestrutura urbana e as questões de propriedade das áreas na sua forma integral.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 132, p. 01, 12 jul. 2017.
- BRASIL. Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018a. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 52, p. 07, 16 mar. 2018a.
- BRASIL. Decreto nº 9.597, de 4 de dezembro de 2018. Altera o Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018, que institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União, e o Decreto nº 7.499, de junho de 2011, que regulamenta o Programa Minha Casa, Minha Vida, instituído pela Lei nº 11.977, de junho de 2009. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 233, p. 02, 05 dez. 2018b.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Mapeamento de áreas de risco de escorregamentos e áreas de preservação permanente (APP) no município de Itapevi, SP. **Relatório Técnico nº 154.250-205**. São Paulo, 2018.
- MACEDO, E.S. *et al.* Mapeamento de áreas de risco de escorregamentos e solapamento de margens no município de São Paulo–SP: o exemplo da favela Serra Pelada, Subprefeitura Butantã. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS-SIBRADEN, 1., 2004, Santa Catarina. **Anais [...]**. Santa Catarina: GEDN/UFSC, 2004.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Organização de Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo, Agostinho Tadashi Ogura. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.
- NUNES, M. A. da C.; FIGUEIREDO JUNIOR, C. M. A. Regularização fundiária urbana: estudo de caso do bairro Nova Conquista, São Mateus-ES. **Revista de Direito da Cidade**, v. 10, n. 2, p. 887-9156, 2018.



# INFRAESTRUTURA VERDE: ALTERNATIVA PARA A CRIAÇÃO DE CIDADES RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

Maria Lucia Solera<sup>1</sup>  
Aline Ribeiro Machado<sup>2</sup>  
Caroline Almeida Souza<sup>3</sup>  
Giuliana Del Nero Velasco<sup>4</sup>  
Mariana Hortelani Carneseca Longo<sup>5</sup>  
Priscila Ikematsu<sup>6</sup>  
Raquel Dias de Aguiar Moraes Amaral<sup>7</sup>

## Introdução

A redução da cobertura vegetal e das áreas públicas de lazer; a impermeabilização do solo e alterações em rios e córregos, com modificações do ciclo hidrológico, desencadeando inundações; mudanças nos padrões de precipitação e ilhas de calor, além de agravar a qualidade do ar e das águas superficiais, são alguns dos problemas relacionados ao crescimento acelerado da urbanização. A redução dos espaços naturais que geram múltiplos serviços ecossistêmicos, também influencia na oferta dos benefícios ecológicos, econômicos e sociais (MARCHIONI; BECCIU, 2014; MASCARÓ, 2016; BONZI; LUCCIA; ALMODOVA, 2017).

Todos esses problemas decorrentes da urbanização podem ser evitados com o planejamento do uso de técnicas sustentáveis. A infraestrutura verde, surge como alternativa para aliar a mitigação da degradação na paisagem urbana ao fornecimento de serviços ambientais essenciais para a sustentabilidade das cidades, com a implementação de determinadas tipologias que promovem a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Os serviços ambientais são os benefícios necessários para a manutenção da qualidade de vida, provenientes de intervenções humanas, por meio de práticas de manejo dos recursos naturais (CHOMITZ; BRENES; CONSTANTINO, 1999; KROEGER, 2013; SCHOMERS; MATZDORF; 2013; WUNDER, 2015). Quanto aos serviços ecossistêmicos, estes são os benefícios gerados às pessoas, fornecidos pelos ecossistemas naturais (COSTANZA *et al.*, 1997; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2020).

A infraestrutura verde permite obter benefícios ecológicos, econômicos e sociais por meio de Soluções baseadas na Natureza (SbN). As SbN podem envolver a conservação ou reabilitação de ecossistemas naturais, e o aprimoramento ou criação de processos

1 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – E-mail: lucinha@ipt.br.

2 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: asribeiro@ipt.br.

3 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: caroline@ipt.br.

4 Fundação Instituto de Pesquisas Tecnológica do Estado de São Paulo – E-mail: velasco@ipt.br.

5 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: marihc@ipt.br.

6 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: priscilai@ipt.br.

7 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: raquel@ipt.br.

### Agradecimentos

Os autores agradecem o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo (IPT), pelo apoio técnico e à Fundação Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) pelo apoio financeiro.

naturais em ecossistemas modificados ou artificiais (CONNOR *et al.*, 2018). Assim, como essas soluções envolvem intervenções, fornecem diversos serviços ambientais.

A infraestrutura verde está entendida como uma rede interconectada de áreas verdes naturais e outros espaços abertos que conservam valores e funções ecológicas, sustentam ar e água limpos e ampla variedade de benefícios para as pessoas e para a vida silvestre, podendo orientar as ações de planejamento e desenvolvimento territoriais garantindo a existência dos processos vivos no futuro. É uma estrutura ecológica para a sustentabilidade ambiental, social e econômica (*our natural life-support system*) (BENEDICT; McMAHON, 2006; FRANCO, 2010 *apud* BONDAR; HANNES, 2014). Podendo ocorrer em múltiplas escalas, a infraestrutura verde tem sua aplicabilidade desde a escala da paisagem (Figura 1) à escala de projeto (Figura 2), onde incidem os elementos decisivos da estratégia de implementação, como as práticas de desenvolvimento de baixo impacto (*low impact development* - LID), que são componentes indispensáveis para qualquer plano bem-sucedido de infraestrutura verde (BENEDICT, 2010 *apud* MASCARÓ, 2016).



Fonte: IPT (2019)

**Figura 1.** Infraestrutura verde – escala da



Fonte: IPT (2019)

**Figura 2.** Infraestrutura verde – escala de projeto – *wetland* construída. Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo, São Paulo, SP.paisagem. Parque Natural Municipal Morro do Ouro, Apiaí-SP.

Segundo Mascaró (2016), a necessidade de um planejamento articulado com outras infraestruturas, e outros aspectos relevantes ao planejamento urbano; e a participação da comunidade, necessária na identificação de áreas problemáticas e potenciais para sua implantação, são alguns dos aspectos que devem ser considerados quando da implantação infraestrutura verde.

A infraestrutura verde promove espaços verdes multifuncionais e se integra com a infraestrutura cinza, entendida por soluções obtidas por meio da engenharia civil, sendo capaz de agregar múltiplos serviços ambientais. Quanto aos aspectos multifuncionais e multiescala da infraestrutura verde, estes são destinados a fortalecer as conexões entre diferentes tipos de espaços verdes, assim como a infraestrutura cinza. A infraestrutura verde pode auxiliar na promoção de cidades compactas, enquanto que a sua redução, como resultado da ocupação urbana, podem degradar os serviços ambientais (ARTMANN; BASTIAN; GRUNEWALD, 2017).

A infraestrutura verde integra áreas naturais aos diversos usos do solo, como habitação, agricultura e transporte, inserindo o verde e aumentando os benefícios gerados na área ambiental, que são os serviços ambientais e, na área social, com a criação de empregos – negócios verdes, melhoria da saúde etc. (COPELAND, 2014). A infraestrutura verde também pode ser vista como uma alternativa de adaptação das cidades às mudanças climáticas e,

no meio urbano, consiste de uma rede multifuncional verde-azul – vegetação – sistemas hídricos/drenagens – que incorpora o *retrofit* e adaptação da infraestrutura existente (MARUYAMA; LEITE; DEUS, 2017; MOURA; PELLEGRINO; MARTINS, 2014; HERZOG; ROSA, 2010; NOVOTNY; AHERN; BROWN, 2010). Os benefícios e funções atribuídos às áreas verdes são amplos e vem se constituindo em uma premissa importante das políticas públicas e programas de desenvolvimento sustentável (MADUREIRA, 2012).

O planejamento e implantação de infraestrutura verde, como um componente de um ambiente sustentável, é intrinsecamente interdisciplinar (AHERN, 2007). A maioria das tipologias de infraestrutura verde apresenta soluções para a prevenção e a recuperação de processos da degradação urbana, resultando na provisão de diversos serviços ambientais. No planejamento e ordenamento urbano, a infraestrutura verde, à luz de uma tendência no contexto de cidades sustentáveis, está inserida nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) indicados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Já na esfera das políticas públicas locais, a infraestrutura verde pode auxiliar no avanço dos resultados de programas de gestão como o Programa Município Verde Azul do Estado de São Paulo, que tem como finalidade medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios, e apresenta dez diretrizes norteadoras da agenda ambiental local que inclui temas estratégicos. O objetivo principal desse programa é incentivar e contribuir com as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas voltadas ao desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo.

### Marco histórico da infraestrutura verde

Em 1994, na Flórida, o termo infraestrutura verde foi cunhado pela primeira vez por meio de relatório da Comissão de *Greenways*, encaminhado ao governo sobre estratégias de conservação do meio ambiente. O relatório tinha a pretensão de iniciar uma reflexão da noção de que os sistemas naturais são tão importantes quanto os componentes da infraestrutura cinza. Nesse sentido, a infraestrutura verde apontaria que os sistemas naturais são igualmente ou os mais importantes do que componentes da infraestrutura convencional (FIREHOCK, 2010; PELLEGRINO; MOURA, 2017).

Sobre a inserção da infraestrutura verde como instrumento ao planejamento do uso e ocupação do solo, uma linha do tempo foi traçada para melhor entendimento de sua evolução histórica (Quadro 1) e de como a infraestrutura verde, atualmente, pode ser utilizada como ferramenta para o ordenamento territorial e planejamento urbano.

**Quadro 1.** Quadro resumo da evolução histórica da infraestrutura verde.

Período	Característica	Exemplos de ações
<b>Século XIX</b>	Preocupação com a preservação da natureza frente ao avanço das cidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Criação do primeiro Parque Nacional (Yellowstone – 1872 – Estados Unidos).</li> <li>➤ Plano Emerald Necklace e “cidades jardins” – Boston.</li> </ul>
<b>Final do século XIX até a década de 1970</b>	Planos Urbanos. Espaços verdes como elemento estruturador do espaço urbano (“cinturões verdes”, “dedos verdes” ou “parkways”) – Embelezamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1943 – Plano de Albercrombie – Grande Londres.</li> <li>➤ 1947 – Copenhagen Finger Plan.</li> <li>➤ 1967 – Plano Regional de Estocolmo.</li> </ul>

continua

continuação

Período	Característica	Exemplos de ações
<b>Década de 1970</b>	Introdução à preocupação de cunho ecológico aos planos urbanos. Passa da questão social para incorporar a questão ambiental devido aos problemas com o rápido crescimento urbano: perda da qualidade de vida; degradação dos espaços livres; dispersão urbana pelo território	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 1969 – O urbanista e paisagista Ian McHarg publica <i>Design With Nature</i> defende os aspectos abióticos, bióticos e culturais – base do planejamento urbano.</li><li>➤ 1972 – Primeira Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas – Estocolmo:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).</li></ul></li></ul>
<b>Década de 1990-dias atuais</b>	Preocupações com o meio ambiente e com os recursos naturais e introdução ao termo “desenvolvimento sustentável” em 1987 pelo relatório “Nosso Futuro Comum” – busca pela sustentabilidade como parâmetro urbanístico:	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 1986 – Richard Forman e Michel Godron publicaram o livro <i>Landscape Ecology</i>, onde lançam os princípios da ciência que se tornou de fundamental importância para o desenvolvimento do Planejamento Ecológico da Paisagem.</li><li>➤ Planos: Paris; Berlin e Barcelona – buscar por integrar a ocupação urbana e o respeito aos recursos do território a partir de sistemas de ligação de áreas verdes como mecanismo de ordenação e de sustentabilidade da paisagem.</li></ul>
<b>1999</b>	Conselho Norte-Americano sobre o Desenvolvimento Sustentável:	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Infraestrutura Verde identificada como uma das estratégias-chave para alcançar a sustentabilidade.</li><li>➤ Desenvolvimento de novas tecnologias.</li><li>➤ Infraestrutura Verde como ferramenta para guiar o desenvolvimento e a conservação do solo.</li></ul>

Fonte: modificado de Vasconcellos (2015) e Herzog (2009).

## Funções da infraestrutura verde na área urbana

O estabelecimento de áreas urbanas está, muitas vezes, associado à significativa redução da cobertura vegetal e ampliação dos processos de impermeabilização do solo. (PELLEGRINO *et al.*, 2006). A infraestrutura verde pode ser uma estratégia para a sustentabilidade dos ambientes urbanos, na medida em que atua como uma rede interconectada de espaços verdes, que inclui: áreas naturais e assim caracterizadas; áreas de conservação públicas e privadas; áreas trabalhadas com valores de conservação e outros espaços abertos protegidos, planejados e manejados por seus valores de recursos naturais e pelos benefícios associados com as populações humanas. É importante entender as cidades como ecossistemas urbanos, com diversos processos ecológicos modificados pelas atividades humanas (BENEDICT; MACMAHON, 2006, p. 03; NOVOTNY; AHERN; BROWN, 2010; WATSON; ADAMS, 2011).

A paisagem natural, preservada ou restaurada, como florestas, banhados e áreas de inundação, são componentes essenciais da infraestrutura verde. Quando estas áreas sensíveis são protegidas, há melhora na qualidade da água da comunidade, o habitat da vida selvagem é mantido e, além disso, geram-se oportunidades de recreação para aumento da qualidade de vida da população.

Quanto aos espaços livres, estes são áreas urbanas abandonadas em decorrência do declínio de grandes indústrias, antigas cidades, entre outros. São regiões indicadoras de bairros em decadência, sem perspectivas de novos investimentos, tais como os campos contaminados, terras não cultiváveis, edifícios abandonados etc. Nesse sentido, a infraestrutura verde é vista como um recurso valioso para melhorar a qualidade da vida urbana, tendo implicações para a política e a prática em termos de

desenvolvimento de uma melhor compreensão dos múltiplos benefícios oferecidos para áreas abandonadas e para melhorar o desenho dessas áreas como espaços verdes para residentes da cidade. Além disso, apesar de pouco investigados, esses benefícios têm efeito sobre a saúde, sustentabilidade, responsabilidade social e em termos de valores ecológicos e sociais (KIM, 2018).

Os espaços livres ainda podem ser entendidos como sistemas de espaços livres todo o tipo de espaço livre de edificação, independente do seu tamanho, forma, estética, localização e função, e que surge da relação entre os espaços livres de propriedade pública e de propriedade privada (DEGREAS; RAMOS, [2015]).


Os espaços livres, além de sua importância no desenvolvimento de uma infraestrutura verde, podem agregar corredores verdes urbanos (*greenways*), alagados construídos (*wetlands*), reflorestamentos de encostas e de margens de rios e ruas verdes. Os *greenways* e as *wetlands* são elementos que oferecem condições que vão além das funções que um planejamento urbano mais convencional reserva para estes espaços, tais como: circulação e acessibilidade. Esses elementos podem exercer outras funções como conectar fragmentos; conduzir as águas com mais segurança; melhorar o microclima e atender os usos relacionados a moradias; trabalho; educação; e lazer. No contexto urbano, o Quadro 2 mostra alguns elementos da infraestrutura verde e suas respectivas funções, e o Quadro 3 mostra algumas das diferentes tipologias multifuncionais da infraestrutura verde, classificadas por escala de aplicação, contendo breve descrição e aplicação.

**Quadro 2.** Elementos e funções da infraestrutura verde em áreas urbanizadas.

Elementos	Funções
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parques públicos ou privados</li> <li>• Reservas ou áreas de preservação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recupera e protege a fauna e flora</li> <li>• Aumenta a biodiversidade</li> <li>• Conserva e restitui as características da paisagem natural</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refúgio/corredores da vida silvestre</li> <li>• Cinturões verdes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona habitat para a vida silvestre</li> <li>• Favorece a migração e reprodução animal</li> <li>• Mantém a saúde da população</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terras ribeirinhas</li> <li>• Pântanos</li> <li>• Mangues</li> <li>• Planícies de inundação</li> <li>• Áreas de recarga de aquíferos</li> <li>• Rios e lagos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protege e recupera a quantidade e a qualidade da água</li> <li>• Atua no manejo das águas pluviais</li> <li>• Atua na mitigação das inundações</li> <li>• Proporciona habitat para organismos aquáticos</li> <li>• Favorece o ciclo hidrológico</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parques</li> <li>• Corredores verdes</li> <li>• Corredores ripários</li> <li>• Trilhas</li> <li>• Ciclovias</li> <li>• Vias arborizadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provê espaço para atividades ao ar livre</li> <li>• Oportunidades de transporte alternativo</li> <li>• Conexão e proteção dos componentes da rede</li> <li>• Conecta as pessoas à natureza</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sítios históricos e arqueológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preserva uma ligação com a herança cultural e natural</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinturões verdes</li> <li>• Monumentos naturais</li> <li>• Mirantes</li> <li>• Espaços públicos abertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhora os padrões de crescimento e desenvolvimento</li> <li>• Cria paisagens com apelo visual</li> <li>• Aumenta o orgulho e a identidade comunitária</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazendas, ranchos, pomares, hortas e florestas controladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protege as terras cultiváveis</li> <li>• Mantém características e tradições rurais</li> <li>• Sustenta setores econômicos</li> </ul>

Fonte: adaptado de Benedict; McMahon (2006 *apud* VASCONCELLOS, 2015).

**Quadro 3. Exemplos de tipologias multifuncionais da infraestrutura verde.**

<b>Escala Regional</b>	
<b>Escala da Paisagem/Bacia Hidrográfica</b>	
<p>Áreas Verdes Urbanas</p>  <p>Parque da Cidade. Jundiaí, SP. (IPT, 2019).</p>	<p><b>Descrição:</b> Conjunto de áreas intraurbanas com cobertura vegetal arbórea nativa e introduzida, arbustiva ou rasteira contribuindo para a qualidade de vida e para o equilíbrio ambiental nas cidades.</p> <p><b>Aplicação:</b> Áreas públicas não edificadas.</p>
<p>Espaços Naturais Protegidos</p>  <p>Parque Natural Municipal Morro do Ouro. Apiaí, SP. (IPT, 2019).</p>	<p><b>Descrição:</b> Unidades de Conservação (UC) asseguram a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológicos existente.</p> <p><b>Aplicação:</b> Áreas públicas não edificadas.</p>
<b>Escala Local</b>	
<b>Escala de Ruas, Bairros e Praças</b>	
<p>Ruas Verdes/Caminhos Verdes</p>  <p>Araraquara, SP. (Luccas Longo, 2019).</p>	<p><b>Descrição:</b> Ruas arborizadas que integram o manejo das águas pluviais compostas por canteiros pluviais; circulação viária mais restrita; preferência para pedestres e ciclistas e sem circulação de veículos pesados.</p> <p><b>Aplicação:</b> Ruas das cidades.</p>
<p>Jardim de Chuva</p>  <p>São Paulo, SP. (IPT, 2019).</p>	<p><b>Descrição:</b> Depressões topográficas existentes ou projetadas para receberem o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeáveis limitrofes.</p> <p><b>Aplicação:</b> Áreas residenciais; vias urbanas próximas ao meio fio.</p>

continua

continuação

Escala Particular	
Escala de Edificações	
<p>Telhado Verde</p>  <p>Unidade de Conservação Legado das Águas. Miracatu, SP. (IPT, 2018).</p>	<p><b>Descrição:</b> Estrutura que pode substituir a área natural de infiltração das águas alterada pela edificação, podendo ser extensivas ou leves (plantas de pequeno porte – solo raso) e sistemas intensivos (plantas de grande porte – solo profundo).</p> <p><b>Aplicação:</b> Recobrimento da cobertura das edificações.</p>
<p>Cisterna</p>  <p>São Paulo, SP. (IPT, 2019).</p>	<p><b>Descrição:</b> Estrutura utilizada para coletar a água das chuvas para reuso como o consumo humano ou animal, irrigação de culturas, limpeza ou fins sanitários.</p> <p><b>Aplicação:</b> Aumentar a eficiência do uso das águas da chuvas.</p>

Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, a infraestrutura verde em áreas urbanizadas dá ênfase aos espaços livres verdes como parte de um sistema interconectado, protegido e gerenciado para promover benefícios ecológicos (PELLEGRINO *et al.*, 2006; BENEDICT; McMAHON, 2006 *apud* VANCONCELLOS, 2015).

A multifuncionalidade da infraestrutura verde está na “capacidade que um mesmo espaço aberto tem de desempenhar duas ou mais funções” que entre si podem ser bem diferentes, quais sejam: “regulação climática; purificação atmosférica; conforto térmico; bem-estar psíquico oriundo do contato com a natureza; drenagem; lazer; facilitação do exercício físico; mobilidades; entre outros” (MADUREIRA, 2012 *apud* PELLEGRINO; MOURA, 2017).

## Infraestrutura verde no planejamento das cidades

Além dos benefícios ecológicos, a infraestrutura verde está dividida em aspectos ou componentes abióticos, bióticos e culturais, conhecidos por modelo de planejamento da paisagem “ABC” de Ahern (2007), facilitando a identificação de elementos-chave na infraestrutura verde existente ou planejada, com o objetivo de produzir paisagens multifuncionais (Quadro 4) (PELLEGRINO; MOURA, 2017).

**Quadro 4.** Componentes do modelo de planejamento da paisagem ABC.

<b>Abiótico</b>	<b>Biótico</b>	<b>Cultural</b>
Interação entre superfície e água subterrânea	Habitat para espécies generalistas	Experiências com os ecossistemas naturais
Produção de solo	Habitat para especialistas	Atividade física
Manutenção do regime hidrológico	Movimento das espécies	Experimentação da história cultural
Ajuste de distúrbio natural	Conservação de distúrbio e de sucessão ecológica	Senso de isolamento e inspiração
Ciclagem de nutrientes	Produção de biomassa	Oportunidades de interações sociais saudáveis
Sequestro de carbono e de gases do efeito estufa	Suprimento de reserva genética	Estímulo à expressão artística
Modificação e amenização de extremos climáticos	Suporte de interações flora-fauna	Educação ambiental

Fonte: Pellegrino e Moura (2017).

A infraestrutura verde é uma rede com todas as áreas conservadas no meio urbano que suporta a biodiversidade e mantém os processos ecológicos naturais, assegura a qualidade do ar e dos recursos hídricos e contribui com a saúde e a qualidade de vida das comunidades operando em três escalas:

- (I) Escala de Paisagem: conexão da vida silvestre e necessariamente maximiza a cobertura florestal no local;
- (II) Áreas Urbanas: abrange primeiramente a cobertura das copas das árvores, as condições de vitalidade da arborização urbana, florestas ripárias, conexão entre os parques da cidade, estradas verdes e jardins comunitários; e
- (III) Escala Local: identifica áreas com necessidades de jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis e as outras práticas de infiltração da água de chuva (FIREHOCK, 2010).

Portanto, conservar ou restaurar os recursos naturais, com a implantação de infraestrutura verde, importante para o desenvolvimento sustentável das cidades, também exige atenção e importância do planejamento, como ocorre com a concepção e implementação de infraestrutura cinza.

No planejamento das cidades, visando melhorar a qualidade de vida das pessoas e a qualidade ambiental dos espaços verdes, a multifuncionalidade no planejamento da infraestrutura verde busca combinar as funções ecológicas, sociais e econômicas; abióticas, bióticas e culturais (ABC) desses espaços (TZOULAS *et al.*, 2007; HANSEN; PAULEIT, 2014; MADUREIRA, 2016). Isto mostra a necessidade de um planejamento articulado com outras infraestruturas e outros aspectos relevantes ao planejamento urbano, além da participação da sociedade, indispensável na identificação de áreas problemáticas e potenciais para a implantação da infraestrutura verde (MASCARÓ, 2016).



Além de integrar áreas naturais a outros usos do solo nas cidades, gerando diversas possibilidades de utilização para os cidadãos, a infraestrutura verde também melhora a qualidade do ambiente urbano e cria uma circulação do ar e um balanço de umidade, reduzindo o calor e capturando a poeira e os gases em ascensão; facilita a absorção de água e sua qualidade, oferece um palco natural em meio ao ambiente urbano, propício a manifestações culturais de conservação da natureza e educação ambiental; e consiste de um importante corredor para migração da fauna e um ambiente de maior biodiversidade de flora e fauna (AHERN, 2007; FIREHOCK, 2010).

Os benefícios e funções atribuídos às áreas verdes são amplos, e isto vem se constituindo em uma premissa importante das políticas públicas e programas de desenvolvimento sustentável (MADUREIRA, 2012). Para Ribeiro (2010), são essenciais a adoção de quatro preceitos de definição de projeto, a partir dos princípios da infraestrutura verde no planejamento ecológico das cidades:

- (I) Reconhecer e delimitar a estrutura ecológica da paisagem urbana;
- (II) Adotar um sistema complementar de drenagem urbana;
- (III) Planejar a mobilidade como elemento intrínseco da acessibilidade urbana; e
- (IV) Planejar, implantar e manter a floresta urbana em rede formada pelo conjunto das áreas vegetadas livres urbanas, públicas e privadas, naturais ou construídas.

Para o contínuo desenvolvimento do conhecimento em infraestrutura verde, a inovação é muito importante para: desenvolver novas abordagens de engenharia para o desenho e construção de telhados e paredes verdes; desenvolver metodologias e tecnologias inovadoras para a restauração de ecossistemas; planejamento espacial; e subsidiar abordagens participativas de implementação de infraestrutura verde (EUROPEAN COMMISSION, 2013).

### Relação da infraestrutura verde com o ODS

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) para compor uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, com a função de substituir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ONU BRASIL, 2020a).

Esse compromisso, estabelecido em setembro de 2015, em meio à Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, foi debatido na Assembleia Geral da ONU, onde houve um acordo entre as contribuições dos Estados-membros e da sociedade civil (ONU BRASIL, 2020a). Na ocasião, promoveu-se uma reunião entre os representantes dos 193 Estados-Membros da ONU em Nova York, assinalando o reconhecimento da erradicação da pobreza; incluindo a pobreza extrema, em todas as condições em que se apresenta, como maior desafio global e de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável (ONU BRASIL, 2020b).

A busca pela implantação da agenda de desenvolvimento pós-2015 foi conduzida pelos Estados-membros, com a participação dos principais grupos e setores interessados da sociedade civil. A agenda representa os novos desafios de desenvolvimento e está vinculada aos resultados da Rio+20 – a Conferência da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em junho de 2012 no Rio de Janeiro, Brasil (ONU BRASIL, 2020a).

A Agenda 2030 consiste em um conjunto de programas, ações e diretrizes que têm por função orientar a atuação das Nações Unidas e de seus países membros com vistas a atingir o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2018). No plano estão indicados 17 ODS (Figura 3) e 169 metas, com o objetivo de “erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta”.



Fonte: ONU (2015)

**Figura 3.** Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Esses objetivos e metas foram planejados de forma a facilitar a sua adoção por todos os países conforme suas próprias prioridades e para a promoção de uma parceria global orientadora para as decisões presentes e futuras (ONU BRASIL, 2020b). O Quadro 5 apresenta alguns exemplos de funções e serviços ambientais esperados com infraestrutura verde, bem como o seu potencial em auxiliar no atingimento dos ODS, de forma especial o ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável; ODS 6 – Água Potável e Saneamento; ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis e ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis.

**Quadro 5.** Relação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável com a Infraestrutura Verde.

<b>ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável – Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável</b>		<b>Infraestrutura Verde</b>	
<b>Meta 2.4</b>	<b>Indicador 2.4.1</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.	Proporção da área agrícola sob agricultura produtiva e sustentável	Bem estar das populações humanas	Diminuir a Vulnerabilidade Social

continua

continuação

<b>ODS 6 – Água Potável e Saneamento – Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos</b>		<b>Infraestrutura Verde</b>	
<b>Meta 6.1</b>	<b>Indicador 6.1.1</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2030, alcançar o acesso universal e equilibrado a água potável e segura para todos.	Proporção da população que utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água
<b>Meta 6.3</b>	<b>Indicador 6.3.2</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.	Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água
<b>Meta 6.4</b>	<b>Indicador 6.4.2</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.	Nível de stress hídrico: proporção das retiradas de água doce em relação ao total dos recursos de água doce disponíveis	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água
<b>Meta 6.6</b>	<b>Indicador 6.6.1</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.	Alteração na extensão dos ecossistemas relacionados à água ao longo do tempo	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água; Manutenção da Vazão Hídrica e Mitigação de Eventos Hídricos Extremos

continua

continuação

<b>ODS 11 – Cidade e Comunidades Sustentáveis – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis</b>		<b>Infraestrutura Verde</b>	
<b>Meta 11.6</b>	<b>Indicador 11.6.2</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.	Nível médio anual de partículas inaláveis (ex. com diâmetro inferior a 2,5 µm e 10 µm) nas cidades (população ponderada)	Equilíbrio Ambiental	Melhoria da Qualidade do Ar
<b>Meta 11.7</b>	<b>Indicador 11.7.1</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.	Proporção da área construída das cidades que é espaço público aberto para uso de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência.	Bem estar das Populações Humanas	Recreação, Saúde Física e Mental
<b>ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentável</b>		<b>Infraestrutura Verde</b>	
<b>Meta 12.2</b>	<b>Indicador 12.2.1</b>	<b>Função Ambiental</b>	<b>Serviço Ambiental</b>
Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais	Pegada material, pegada material per capita e pegada material em percentagem do PIB	Equilíbrio Ambiental	Redução do efeito de ilhas de calor

Fonte: Elaborado pelos autores

## Considerações gerais

Este capítulo mostra algumas das definições utilizadas para a infraestrutura verde e a importância do marco histórico da evolução da infraestrutura verde para a compreensão do conceito, ainda em discussão, em que a percepção e aplicação da infraestrutura verde se encontram. Além disso, o capítulo mostra a importância da implantação da infraestrutura verde no planejamento das cidades, desde a escala da paisagem à escala de projeto, visando a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e a sustentabilidade das metrópoles. Isso se justifica devido ao crescimento acelerado da urbanização e das cidades, aumentando de forma preocupante a impermeabilização do solo, e intensificado pelos grandes empreendimentos, em busca dos espaços urbanos livres.

A aplicação de conhecimentos científicos para intervenções no meio deve acompanhar a evolução da consciência ambiental crescente nos últimos anos, fruto da percepção sustentável que a intervenção humana deverá conter, principalmente para planejar e recuperar o ambiente urbano. Dessa forma, a infraestrutura verde se destaca na valorização de áreas naturais, já que se relaciona à geração de vantagens econômicas,

paisagísticas e ambientais para as cidades. A infraestrutura verde mostra, ainda, um grande potencial para o atingimento de vários ODS, como segurança no fornecimento de água potável, redução dos riscos de desastres e resiliência às mudanças climáticas.

## Referências

- AHERN, J. **Green infrastructure for cities: the spatial dimension**. Amherst: University of Massachusetts, 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=A3E1B68B7200060A44A745318FCAA7D1?doi=10.1.1.558.8386&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.
- ARTMANN, M.; BASTIAN, O.; GRUNEWALD, K. Using the concepts of green infrastructure and ecosystem services to specify Leitbilder for compact and green cities-the example of the landscape plan of Dresden (Germany). **Sustainability**, v. 9, n. 2, p. 198, 2017.
- BENEDICT, M. A.; McMAHON, E. T. **Green infrastructure: linking landscapes and communities**. Washington, DC: Island Press, 2006.
- BONDAR, C. S.; HANNES, E. Infraestrutura verde para o bairro do Mandaqui: possibilidade ou utopia?. **Revista LABVERDE**, n. 9, p. 29-52, 2014.
- BONZI, R. S.; LUCCIA, O. de. ALMODOVA, M. M. Infraestrutura verde em área de manancial: um estudo para a represa Billings. **Revista LABVERDE**, v. 8, n. 1, p. 37-63, 2017.
- BRASIL. Ministério da Relações Exteriores. Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/135-agenda-de-desenvolvimento-pos-2015>. Acesso em: 29 out. 2020.
- CHOMITZ, K. M.; BRENES, E.; CONSTANTINO, L. Financing environmental services: the Costa Rican experience and its implications. **Science of the Total Environment**, v. 240, n. 1-3, p. 157-169, 1999.
- CONNOR, R. *et al.* (org.). **Relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos: soluções baseadas na natureza para a gestão da água – relatório executivo**. Colombella, Perúgia: UN Water, 2018. 12 p. (tradução da Agência Nacional de Águas).
- COPELAND, C. **Green Infrastructure and issues in managing urban stormwater**. Washington, DC: Congressional Research Service, 2014.
- COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.
- DEGREAS, H. N.; RAMOS, P. G. **Espaços livres públicos: formas urbanas para uma vida pública**. São Paulo: FIAM FAAM, [2015]. 15 p. Disponível em: <http://quapa.fau.usp.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Espa%C3%A7os-livres-p%C3%BAblicos-formas-urbanas-para-uma-vida-p%C3%BAblica.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2020
- EUROPEAN COMMISSION. **Building a green infrastructure for Europe**. European Union, EC, 2013. 24 p.
- FIREHOCK, K. A short history of the term green infrastructure and selected literature. **Retrieved February**, v. 3, p. 2012, 2010.
- HANSEN, R.; PAULEIT, S. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. **Ambio**, v. 43, n. 4, p. 516-529, 2014.
- HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, n. 1, p. 91-115, 2010.
- HERZOG, C. P. **Guaratiba Verde: subsídios para o projeto de infra-estrutura verde em áreas de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro**. 2009. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- KIM, G. An integrated system of urban green infrastructure on different types of vacant

land to provide multiple benefits for local communities. **Sustainable Cities and Society**, v. 36, p. 116-130, 2018.

KROEGER, T. The quest for the “optimal” payment for environmental services program: Ambition meets reality, with useful lessons. **Forest Policy and Economics**, v. 37, p. 65-74, 2013.

MADUREIRA, H. Infra-estrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade da multifuncionalidade. **Geografia: Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, n. 1, 2012.

MADUREIRA, H. Promover os serviços ecossistêmicos urbanos com infraestruturas verdes = promoting urban ecosystem services with green infratructureses. **Geografia, Paisagem e Riscos**: livro de homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa, 2016. 141 p.

MARCHIONI, M.; BECCIU, G. Permeable pavement used on sustainable drainage systems (SUDs): a synthetic review of recent literature. **WIT Transactions on the Built Environment**, v. 139, p. 1-12, 2014.

MARUYAMA, C. M.; LEITE, L. P.; DE DEUS, L. B. D. Corredor de infraestrutura verde: rota cicloviária como conexão entre parque do povo-Ibirapuera. **Revista LABVERDE**, v. 8, n. 1, p. 65-90, 2017.

MASCARÓ, J. L. (org.). **Infraestrutura verde para o século XXI**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2016.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, DC: Island Press, 2003. 245 p.

MOURA, N. C. B.; PELLEGRINO, P. R. M.; MARTINS, J. R. S. Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas. **Paisagem e Ambiente**, n. 34, p. 107-128, 2014.

NOVOTNY, V. AHERN, J.; BROWN, P. W. **Centric sustainable communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment**. New Jersey: John Wiley Inc. 2010.

ONU BRASIL. **17 objetivos para transformar nosso mundo**. 2020a. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 29 out. 2020.

ONU BRASIL. **A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2020b. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/sobre/>. Acesso em: 29 out. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Ecosystem services and biodiversity (ESB)**. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/en/>. Acesso em: 29 out. 2020.

PELLEGRINO, P. R. M. et al. A paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da biodiversidade e das pessoas. In: COSTA, L. M. (org.). **Rios e paisagem urbana em cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley Editora/Editora PROURB, 2006. v. 1, p. 57-76.

PELLEGRINO, P.; MOURA, N. B. (org.). **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri: Manole, 2017. (Série Intervenções Urbanas).

RIBEIRO, M. E. J. **Infraestrutura verde: uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares: por um planejamento urbano ecológico para Goiânia**. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCHOMERS, S.; MATZDORF, B. Payments for ecosystem services: a review and comparison of developing and industrialized countries. **Ecosystem Services**, v. 6, p. 16-30, 2013.

TZOULAS, K. et al. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: a literature review. **Landscape and Urban Planning**, v. 81, n. 3, p. 167-178, 2007.

VASCONCELLOS, A. A. **Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana**. Curitiba: Appris, 2015. 229 p.

WATSON, D.; ADAMS, M. **Design for flooding: architecture, landscape, and urban design for resilience to climate change**. New Jersey: Wiley & Sons, 2011.

WUNDER, S. Revisiting the concept of payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 117, p. 234-243, 2015.

# GEOGRAFIA, GLOBALIZAÇÃO E DESASTRES NATURAIS

Elian Alabi Lucci<sup>1</sup>

Saulo Roberto de Oliveira Vital<sup>2</sup>

## Introdução

O mundo tem passado por várias ondas de Globalização. Com ela, sofremos grandes modificações ambientais, econômicas, culturais e educacionais. Nessa situação em que o mundo se encontra, a Geografia tem um papel muito importante, sobretudo no que tange a avaliação do que ocorre com a sustentabilidade do planeta. Nesse ínterim, uma das maiores preocupações ambientais diz respeito aos desastres naturais, com os quais a população do planeta tem convivido de forma assustadora pela proporção que esses fenômenos têm atingido, uma vez que vêm a comprometer a estrutura física, social, econômica e emocional da sociedade global.

Após 1980, com a aceleração do processo de Globalização, a Geografia passa a reavaliar sua atuação no sentido de entender o mundo ou a nova Era que vem dando cadência ao nosso planeta (nosso sustentáculo, nossa base material) para que possamos nos desenvolver e nos tornarmos cada vez mais responsáveis pela sustentabilidade da Terra.

Nesse ínterim, figura os Desastres Naturais, potencializados pelo atual estágio de globalização. É mister afirmar que esse processo é responsável pela intensificação dos riscos, uma vez que produz espaços urbanos cada vez mais pressionados pela ocupação desordenada.

Porém, o cenário dos desastres a nível mundial, ocorre de forma bastante diversa, a depender do nível de desenvolvimento dos países, tomando como base a velha divisão entre países do norte (desenvolvido) e sul (subdesenvolvido). Também, vale ressaltar que a percepção dos riscos se dá de forma muito distinta a depender da cultura, a exemplo das culturas orientais e ocidentais (VEYRET, 2010).

Em suma, é importante ressaltar que há uma ampla relação entre globalização e desastres naturais, de forma que constitui grande parte do escopo do presente artigo, a discussão dessa ampla relação.

No entanto, antes de tudo, cabe discutir se o desastre, de fato, pode ser natural, haja vista sua conotação paradoxal, dita por alguns. Ou seja, costumeiramente questiona-se como um processo que requer a presença do homem, pode ser natural. No entanto, vale ressaltar que o referido termo, segundo a célebre Geógrafa Yvette Veyret, em sua obra: Os

---

<sup>1</sup> Professor Universitário e nos Ensinos Fundamental e Médio. Autor de livros didáticos e paradidáticos. Diretor da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Bauru da ARVO COMMUNICATION de Salamanca – Espanha. E-mail: lucci.elian1@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Líder do Grupo de Pesquisa em Gerenciamento dos Riscos e Desastres Naturais. E-mail: srovital@gmail.com.

Riscos, o homem como agressor e vítima do meio ambiente, afirma que o Desastre Natural consiste em um fenômeno de Origem Natural, mas que, portanto, devido à presença das sociedades em áreas potencialmente perigosas, torna-se uma Catástrofe. Portanto, defenderemos o uso do termo a partir dessa abordagem. Nessa ampla definição destacam-se fenômenos como: furacões, erupções vulcânicas, abalos sísmicos (seja em ambiente continental ou marítimo, causando tsunamis), grandes episódios de movimentos de massa (os quais, também, podem se processar naturalmente), dentre outros.

Assim, os aspectos discutidos aqui, serão norteados por essas conceituações, buscando apresentar a intrínseca relação entre o fenômeno da globalização e os desastres naturais em escala mundial.

## A Geografia e as Pedagogias para um Mundo Globalizado

No início do século XXI a avassaladora e intensa corrida da Globalização (ou Mundialização Econômica como preferem os franceses) fazem crescer cada vez mais o mal estar social, econômico e ambiental da sociedade global. Isso se deve à tentativa de, pela Globalização, fazer com que o mundo seja governável como uma mercadoria.

Com o Consenso de Washington de 1980, e o Neoliberalismo, que é a referência ou o motivo para a intensificação do processo de Globalização, destaca-se o papel da Geografia e da Globalização, que passa a influir sobre todas as categorias de análise da Geografia e suas relações com as demais ciências. A partir daí é a Globalização que manda no mundo e, assim, em todos os setores ou campos da Geografia que a escola deve buscar educar os jovens, sobretudo para a Vida.

Devido a esta situação do mundo hoje, a Geografia deve educar para a vida, pois ela pode desaparecer muito em breve.

O sociólogo Domenico de Masi, em seus livros *O Ócio Criativo* e *O Futuro Do Trabalho - Fadiga e Ócio na Sociedade Pós-Industrial*, e outro grande pensador, o Edgar Morin, explicam e justificam muito bem que a escola, além da Geografia hoje, deve educar para a Vida, de tal forma que os alunos hoje precisam saber de tudo um pouco. Não receber apenas informações, mas formação para entender melhor o mundo e o futuro que nos espera em como o administramos para dar sustentabilidade à vida.

Eles não podem ser preparados mais para profissões como antigamente, uma vez que terão que sobreviver com muita criatividade para novas ocupações ou oportunidades de trabalho, onde seria importante que eles conheçam um pouco de Arte, Cinema, Televisão, Literatura, Música, Teatro, Informática, etc.

Yves Lacoste (*A Geografia Serve antes de tudo para fazer a Guerra*), já nos anos 1970, dizia que, na Geografia, os professores já não passavam mais pela sala de aula, apenas para a ensinarem, mas sim para que conhecessem tudo que passava a ser veiculado pelos meios de comunicação como rádio, cinema, teatro, televisão, internet, jornais, revistas e outdoors.

Tudo isto deveria servir de aprendizado para eles. E Por Que Isto? Por que a dinâmica do mundo e do planeta mudou muito a partir do processo de Globalização em todos os campos de atuação da Geografia e de outras ciências e disciplinas para a formação educacional dos jovens também.

Nosso planeta e a as pessoas que nele vivem vem conhecendo um processo de grandes mudanças sociais e econômicas mas, sobretudo as mudanças climáticas, além, por exemplo, do processo de desertificação acelerado, a degradação das florestas (derrubadas e queimadas), a emissão de gases poluentes na atmosfera e demais alterações ambientais que estão começando a comprometer a vida no planeta.

Nosso planeta Terra é um organismo vivo e sente como você desgastes e doenças que lhe impedem de dar o melhor de si para nós que dependemos dele para viver.



## O Cenário Atual, a Globalização e o Meio Ambiente

Com o processo de Globalização e seu enorme poder, após 1980, aumenta cada vez mais a pressão sobre os recursos que a Terra pode oferecer para que, na interação entre o ser humano e ela, se desenvolva a economia e a sociedade.

E quando isto se torna cada vez mais sensíveis?

Desde 1972, quando surge efetivamente a preocupação de caráter global e mais científico com a sustentabilidade do planeta, até o momento, por mais convenções climáticas que tenhamos para tratar deste sério problema, muito pouco tem-se avançado no sentido de preservar a vida no planeta.

Isto, na verdade, se dá nesta quarta e atual onda da Globalização, que passou a ocorrer logo após a Segunda Guerra Mundial, e que, após os anos 1960 e 1980, a partir do Consenso de Washington, se intensifica cada vez mais, comprometendo a maior igualdade na distribuição das riquezas no mundo, e não só isto, mas a própria permanência da vida no planeta.

Vejam o porquê desta situação.

Vivemos numa sociedade que valoriza as pessoas pelos objetos que possuem. Ter a posse de determinados bens é uma demonstração de sucesso, numa sociedade caracterizada pela desigualdade. A própria concepção de desenvolvimento econômico de um país está associada à capacidade de produzir e consumir bens materiais e outros serviços.

Para fomentar a produção, o mercado cria hábitos e necessidades de consumo, reduz a vida útil dos produtos e multiplica as opções por mercadorias e embalagens descartáveis.

## O Papel da Geografia Ambiental ou Ecológica no Atual Estágio de Globalização

A Geografia, neste estado do mundo, tem por grande responsabilidade, avaliar e denunciar, sobretudo o que vem ocorrendo no Meio Ambiente e na Sustentabilidade do planeta.

Isto porque, a Geografia, no parecer de grandes geógrafos, serve, entre outras coisas, para pensar o amanhã, de como o ser humano vem alterando até os ciclos do ponto de vista geográfico que comprometem a estrutura física do planeta Terra. Terra, que é um organismo vivo, como muito bem sabemos, e a Geografia, as Ciências Naturais e a Biologia explicam isto com muita propriedade.

Assim, a Geografia, como uma ciência abrangente, nos permite entender o processo de organização territorial, social e econômica do espaço, através dos impactos que o processo de Globalização vem provocando, sobre o Meio Ambiente e a Sustentabilidade.

Mas, acima de tudo isto, sobre a Globalização e a economia, a Terra vive, hoje, do ponto de vista ambiental, a sexta grande onda de extinção em massa da vida no planeta. Esta situação está muito bem descrita no livro *The Sixth Extinction: an unnatural history*, de Elizabeth Kolbert. New York: Henry Holt and Company, 2014.

O texto de Kolbert traz argumentos muito bem fundamentados sobre a crise mundial de biodiversidade e o papel dos humanos nesse processo, usando uma linguagem leve e adotando uma narrativa envolvente.

O livro apresenta ao leitor a importância do momento que estamos atravessando, dando-lhe uma visão geral do processo e mostrando que o impacto atual do ser humano sobre o meio ambiente é comparável às grandes catástrofes que ocorreram ao longo da história da Terra.

Elizabeth Kolbert, escritora e jornalista norte-americana, desde 1999, é colunista da revista *The New Yorker*, colaborando especialmente com textos sobre temas relacionados às mudanças climáticas e ao meio ambiente. Antes disso, foi redatora do jornal *The New York Times* e da revista *Times Magazine*. *The Climate of Man*.

Neste recém-lançado *The Sixth Extinction: an unnatural history*, Kolbert trata da forma como os seres humanos vêm alterando a vida na Terra, num processo chamado por vários cientistas de “A Sexta Extinção”, comparável às grandes extinções em massa do passado, estudadas pela paleontologia.

Segundo a autora, ao longo da história da vida da Terra aconteceram grandes mudanças, levando a colapsos da diversidade biológica; sendo que cinco desses eventos foram catastróficos, a ponto de serem chamados pelos estudiosos de “The Big Five” (as cinco grandes extinções).

A autora também mostra que estamos muito próximos de um sexto episódio de extinção em massa, e que vivemos, portanto, um momento extraordinário da história do planeta, ao mesmo tempo, fascinante e trágico. E qual foi a onda anterior? A quinta onda. Aquela que acabou com os dinossauros e só deixou 30 por cento da vida que aos poucos foi se restabelecendo há 65 milhões de anos atrás.

A autora apresenta a história das descobertas do geólogo Walter Alvarez (1940) que, ao encontrar em diferentes lugares do mundo, altas taxas de irídio presentes em sedimentos do fim do Cretáceo, desenvolveu a teoria do impacto de um asteróide como a causa da extinção em massa ocorrida nesse período. Alvarez sustenta que todos os organismos vivos da atualidade descendem dos sobreviventes desse evento e afirma que sobreviver ou se extinguir em tempos de estresse extremo é mais uma questão de sorte do que de melhor adaptabilidade.

E o que causou esta quinta onda? Um fenômeno natural, assim como as anteriores. Nesse caso, a queda de um asteróide no Golfo do México, o qual provocou um efeito estufa parecido como o que assistimos hoje.

Do ponto de vista das causas naturais, que podem comprometer o planeta e sua sustentabilidade, podemos citar o tectonismo, através da movimentação das placas tectônicas, que pode ocasionar grandes eventos, como: abalos sísmicos e vulcanismo. Além disso, também vale ressaltar que a geodinâmica do planeta é superlativa para a manutenção da vida no planeta, tanto pela própria tectônica, quanto pelo geodínamo. Desse modo, portanto, os mesmos eventos capazes de gerar grandes catástrofes, são aqueles que se tornam essenciais para a manutenção da vida no planeta. Nesse ínterim, portanto, cabe destacar o papel decisivo da falta de planejamento territorial no desencadeamento de grandes desastres.

Assim, pode-se destacar que o Ser Humano é o grande responsável pelo desencadeamento da sexta grande onda de extinção da vida em massa do planeta. A causa é o mau comportamento do ser humano, graças ao processo de Globalização, a partir da exploração de recursos e mais recursos, para manter um alto consumo de bens materiais.

Daí a instituição em 2013, entre outras medidas de alerta da destruição do meio ambiente, do Dia da Sobrecarga da Terra. Segundo a Global Footprint Network, o planeta Terra teria que ter “fechado as portas” no último dia 20 de agosto de 2020, se a humanidade se comprometesse a consumir a cada ano só os recursos naturais que pudessem ser repostos no mesmo período.

A Global Footprint Network, é uma organização não governamental que calcula o “Dia da Sobrecarga”. Apesar de ter começado a calcular o Dia da Sobrecarga há mais de dez anos, a Global Footprint compila dados que remontam a 1961. Desde aquele ano, a sobrecarga ambiental dobrou no planeta, e a projeção atual é de que precisaremos de duas Terras para sustentar a humanidade antes de 2050. A mensagem é que esse padrão de desenvolvimento não tem como se sustentar por muito tempo.

Mais um importante avaliador da capacidade de destruição ou preservação do planeta surge para tentar medir o nosso grau de intervenção na sustentabilidade do planeta é a Pegada Ecológica, que consiste numa metodologia utilizada para medir os

“rastros” que nós deixamos no planeta a partir dos nossos hábitos de consumo. A pegada ecológica – nosso impacto sobre a terra – está muito forte. O seu tamanho médio é de 2,8 hectares per capita, segundo seus criadores Martin Rees e Mathis Wackermagel.

Esse número representa a área terrestre e aquática biologicamente produtiva, necessária para fornecer a uma única pessoa, comida, fibra, madeira, terreno para construção e terra para absorver o carbono emitido pela queima de combustíveis fósseis. Como o planeta só consegue regenerar apenas 1,8 hectares por ano, os seres humanos precisam mudar urgentemente suas formas de consumir os recursos naturais.

Nesse caso, os países desenvolvidos são os que apresentam maior pegada ecológica. A pegada mais forte do planeta é a dos Estados Unidos, com cerca de 9,6 hectares por pessoa, devido, especialmente, ao consumo de combustíveis fósseis e ao alto padrão de consumo que a sociedade norte americana apresenta.

Como sua biocapacidade é de 4,7 hectares per capita, os Estados Unidos apresentam um déficit (eco devedor de 4,8 hectares por área / per capita). Em comparação com a desta potência, a pegada ecológica brasileira é bem menor, cerca de 2,9 per capita, isto devido, principalmente, ao uso de matriz energético mais limpo, com a participação de hidrelétricas e bicombustível.

Diante disso tudo, a pergunta que se faz é: onde vamos parar com isto? Com a miséria aumentando, não só social, mas ecológica, moral e ética, que advém desta situação, de que não há recursos para tanta produção de bens que o mundo quer.

Daí tanto se falar na necessidade de movimentos antiglobalização, e que chegam à educação, como diz o pensador Edgar Morin e outros, da necessidade de uma educação para a Era Planetária, não mais apenas para a era Pós-Industrial, ou do Conhecimento, ou do Marketing e outras eras que vem aparecendo em curtos espaços de tempo.

Também, diante deste quadro desolador do planeta, em relação à sua sustentabilidade, o alto mandatário da Igreja, o Papa Francisco se viu obrigado a elaborar uma encíclica, diante do que passou a observar sobre o desmatamento da Amazônia recentemente. A Encíclica *Laudato Si*, onde diz: *“Que tipo de mundo quer deixar a quem vai suceder-nos, às crianças que estão a crescer?”* (160). Este interrogativo é o âmago da *Laudato si*, a esperada Encíclica do Papa Francisco sobre o cuidado da casa comum. Que prossegue: *“Esta pergunta não toca apenas o meio ambiente de maneira isolada, porque não se pode pôr a questão de forma fragmentária, e isso conduz a interrogar-se sobre o sentido da existência e sobre os valores que estão na base da vida social: Para que viemos a esta vida? Para que trabalhamos e lutamos? Que necessidade tem de nós esta terra? “Se não pulsa nela esta pergunta de fundo, – diz o Pontífice – não creio que as nossas preocupações ecológicas possam surtir efeitos importantes.*

## A Globalização e Desastres Naturais

É mister consideração que a Globalização possui ampla relação com os Desastres Naturais, uma vez que a interconexão do mundo, fenômeno intrínseco a esse processo secular, produz diferentes espaços ocupados. Para além dessa questão, num nível mais profundo de análise da história de produção desses espaços, repousam as contradições criadas pelo sistema capitalista: o estabelecimento de uma ordem multipolar, mas que não deixou de ser bipolar em matéria de desenvolvimento. A distinção entre mundo desenvolvido e subdesenvolvido é uma clara consequência desse fenômeno.

Quando partimos para análise de diferentes áreas de risco, percebemos que elas ocorrem em diferentes contextos socioeconômicos, porém, com diferentes facetas e posições de enfrentamento (queira entender, gestão do perigo e da catástrofe). Há diferentes pontos de vistas culturais, mas também há distintas ações sob a ótica da gestão dos riscos.

Nos países desenvolvidos, percebe-se, a exemplo dos Estados Unidos, sistemas de alerta relativamente eficientes, quando se trata de uma de seus principais fenômenos naturais, os tornados. Ainda em matéria de áreas de origem natural, pode-se citar o Japão, como um país cujo sua construção civil é amplamente adaptada às condições de margem ativa. Partindo de um viés possibilista de Vidal de La Blache, não se pode negar a capacidade de adaptação do homem e, portanto, de enfrentamento das condições de risco. Porém, no mundo globalizado, essa capacidade está diretamente ligada à técnica, que constitui um talismã das maiores superpotências planetárias.

No outro lado da moeda, figuram os países subdesenvolvidos, os quais padecem de graves problemas econômicos frente às superpotências produtoras de tecnologias. São “eternos” devedores frente uma DIT (Divisão Internacional do Trabalho) cruel e injusta. São países, que, para além desses problemas, sofrem com espaços mal planejados, mediante uma urbanização e industrialização tardia e acelerada. Esse processo pressionou as populações rurais a mudarem seus espaços de ação e convivência, em busca de melhores condições e vida, expondo-os, como a consequência, a situações extremas de risco. Até o atual momento, levando em consideração que este fenômeno ainda é recente, embora exista um relativo esforço em solucioná-los, ainda observamos sérios problemas de ordem econômica e social nesses países. Em matéria de desastres naturais, a cada ano, as condições de inundações e alagamentos se ampliam, despontando como um dos maiores problemas para os órgãos de gestão de riscos dessas localidades, diga-se de passagem, ainda bastante desassistidos. Ao lado dessas questões, emergem outros problemas de ordem ambiental, estes ainda mais recentes, como o rompimento de barragens, que tem protagonizado as maiores cenas de desastres ambientais no Brasil, por exemplo.

Falando mais especificamente de desastres naturais, pode-se dizer que as condições para o surgimento de áreas ameaçadoras no Brasil, são relativamente inofensivas frente aos problemas enfrentados pelos países andinos, por exemplo. Sobretudo quando se trata de condições geológicas e estruturais em margens continentais, além de outros fenômenos de ordem natural, como vulcanismo e condições climáticas extremas. Quando se trata de condições climáticas rigorosas, pode-se incluir o Brasil, uma vez que possuímos umas das regiões semiáridas mais ímpares do mundo, todavia, com imbrólios em igual magnitude, a exemplo da seca, que não é um problema, apenas, de ordem físico-natural, mas político-social. Esta não seria uma condição natural castigante, não fosse a irresponsabilidade, inoperância e negligência dos governos locais, dotados sob uma égide coronelista e patriarcal. Esta afirmação parte da ideia que os montantes pluviométricos seriam amplamente suficientes, não intencional negligência na gestão incorreta dos recursos hídricos dessa região.

Ainda se tratando da questão dos fenômenos naturais de ordem geológica, pode-se comparar, por exemplo, as condições de enfrentamento dessa problemática, em semelhantes condições tectônicas, a exemplo do Japão e dos Países Andinos, conforme discute muito bem Nunes (2015), em sua Obra: Urbanização e Desastres Naturais na América do Sul. Não é preciso muito esforço para perceber que as condições de enfrentamento são diferentes. Essas condições tornam-se ainda mais rígidas, quando parte-se para a comparação com os países da América Central e da própria Ásia, como o Nepal, por exemplo. O último desastre dessa natureza, sobretudo na última década, tem dizimado populações.

No entanto, o desastre natural é indiferente à condição socioeconômica, quando, paradoxalmente, passa a ser um atrativo. A própria costa brasileira é um exemplo, quando se percebe grande parte da população rica, nas principais capitais brasileiras, sofrendo as consequências de danos ocasionados pelo o atual estágio de erosão costeira. Grandes empreendimentos, como o da Estação Ciência e toda estrutura turística alocada durante

décadas sobre a Falésia do Cabo Branco em João Pessoa, estão ameaçados. Este problema se reproduz em todo litoral do Nordeste e do Brasil, a exemplo dos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Maranhão, dentre outros. O mais interessante disso tudo, é que o desastre vem acompanhado de um apelo turístico, onde a própria globalização exige respostas frente à exploração das belezas naturais dos países subdesenvolvidos, de modo que os governos locais passam a ser fortemente pressionados pelo grandes empresários na busca por soluções, em muitos casos, imediatistas e inapropriadas, quando se leva em consideração o funcionamento dos geossistemas e ecossistemas locais.

Não podemos deixar de destacar outro problema de natureza geológica e geomorfológica que vem ganhando protagonismo nos últimos anos: o colapso em áreas cársticas. Na maioria dessas situações, o processo encontra-se oculto aos olhos da população e dos gestores, os quais, também, já não fazem muito esforço para enxergar problemas de quaisquer naturezas. Esse iminente risco torna-se ainda mais grave quando levada em conta o atual estágio de desenvolvimento urbano, seja dos países desenvolvidos ou subdesenvolvidos, o que produz situações ainda mais graves, uma vez que as populações afetam e são afetadas pelo próprio sistema cárstico. A urbanização, acelera o processo de carstificação que, por sua vez, produz colapsos acompanhados de danos cada vez mais sérios, em um processo que se retroalimenta. Um dos grandes problemas de áreas dessa natureza, como dito anteriormente, diz respeito à sua face oculta e repentina, tendo em vista que, ao passo que não se observa sua evolução, também ocorre de forma repentina, tal qual o exemplo de Cajamar – SP, no ano de 1986.

Por fim, cabe destacar que, embora pareça uma afirmação ambígua, conforme Verasztó *et al.* (2009), o desenvolvimento tecnológico pode e deve ser uma aliada do desenvolvimento sustentável. Assim, entende-se que o desenvolvimento sustentável colabora direta e indiretamente com o planejamento das cidades e com a gestão dos riscos. Destarte, não é justo afirmar que o desenvolvimento tecnológico, seja ele no âmbito urbano ou agrícola é benéfico ou maléfico, uma vez que depende da forma como o mesmo se desenvolve. No contexto dos países subdesenvolvidos, por exemplo, o desenvolvimento urbano não veio acompanhado de um desenvolvimento tecnológico satisfatório, mas se deu de maneira desorganizada e precária. Cabe destacar, portanto, que, voltando a grifar a afirmação do referido autor, o desenvolvimento tecnológico, a exemplo de como ocorre a gestão dos riscos nos países desenvolvidos, embora não perfeita, possa ser uma aliada do bem estar social, conforme pontua Ribeiro e Vargas (2015), quando tratam da relação entre Urbanização, Globalização e Saúde. Por fim, embora Amaral (2017) trate de forma categórica da tônica relacional entre globalização e degradação ambiental, vemos como amplamente possível ter a tecnologia como uma aliada da sustentabilidade, sobretudo quando se trata da gestão de catástrofes.

## Conclusão

Aqui não se pretende esgotar o panorama das diferentes condições de riscos e desastres naturais frente à globalização, mas pretende-se alertar para alguns pontos específicos que vem ganhando destaque e tem merecido atenção por parte dos gestores e da sociedade civil.

## Referências

AMARAL, M. A. C. M. Globalização e meio ambiente. *In*: SALLES, D.; LEITE, I.; CASTRO, D.; LIMA, S.; ROMAGUERA, D. (org.). **Direito internacional, comunidade e relações internacionais**. Rio de Janeiro: Multifoco, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão dos recursos naturais**. Edições Ibama, 2002.  
FRITJOF, C. *et al.* **Alfabetização cartográfica**: a Educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006

LUCCI, E. A.; BRANCO, A.; MENDONÇA, C. **Território e sociedade no mundo globalizado**. São Paulo: Saraiva, 2014.

MILLER JUNIOR, T. **Ciência Ambiental**. Cengage Learning, São Paulo, 2008

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**: abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PETERSEN, J. F.; SACK, D.; GABLER, R. E. **Fundamentos de geografia física**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. Urbanização, globalização e saúde. **Revista USP**, n. 107, p. 13-26, 2015.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; GARCIA, F. G.; AMARAL, S. F.; SIMON, F. O.; FILHO, J. B. Desafios da globalização para garantir um desenvolvimento científico, tecnológico e sustentável. **Revista Udesc Virtu@l**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 15-36, 2009.

VEYRET, Y. **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.



## SOBRE OS ORGANIZADORES

**Lourenço Magnoni Júnior** – Docente do Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica da UNESP Campus de Bauru – SP e do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza: Faculdade de Tecnologia de Lins – SP, Escola Técnica Estadual Astor de Mattos Carvalho de Cabrália Paulista - SP e Escola Técnica Estadual Rodrigues de Abreu de Bauru - SP; membro do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Bauru (COMDEMA) e da Diretoria Executiva da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Bauru – SP. Editor da Revista Ciência Geográfica ([www.agbbauru.org.br](http://www.agbbauru.org.br)). E-mails: [lourenco.junior@pq.cnpq.br](mailto:lourenco.junior@pq.cnpq.br) - [lourenco.junior@fatec.sp.gov.br](mailto:lourenco.junior@fatec.sp.gov.br).

**Carlos Machado de Freitas** – Graduação em História pela Universidade Federal Fluminense (1989), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1992), doutorado em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz (1996) e pós-doutorado pelo Programa de Ciências Ambientais da Universidade de São Paulo (2007-2008). Pesquisador da Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Ministério da Saúde, com atividades de pesquisa e ensino sobre temas relacionados à saúde ambiental e aos desastres. Editor Científico Editora Fiocruz. Atualmente coordena o Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde. Email: [carlosmf@ensp.fiocruz.br](mailto:carlosmf@ensp.fiocruz.br).

**Eymar Silva Sampaio Lopes** – Possui graduação em Engenharia Geológica pela Universidade Federal de Ouro Preto (1990), mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1994) e doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006). Atualmente é auxiliar de pesquisa do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando principalmente nos seguintes temas: geoprocessamento, sensoriamento remoto, sig, escorregamentos e desastres naturais. Coordena o projeto de desenvolvimento da plataforma de monitoramento, análise e alerta a riscos ambientais (TerraMA2). Chefe da Divisão de Processamento de Dados - DPI/INPE desde maio de 2018. Presidente da Associação Latino-americana em Sensoriamento Remoto - Selper Capítulo Brasil. E-mail: [eymar.lopes@inpe.br](mailto:eymar.lopes@inpe.br).

**Gláucia Rachel Branco Castro** – Graduada em Matemática pela UNESP/Bauru. Diretora da Escola Técnica Estadual Astor de Mattos Carvalho de Cabrália Paulista - SP / Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza e professora da Rede Oficial de Ensino do Estado de São Paulo. E-mail: [grbcprofessora@gmail.com](mailto:grbcprofessora@gmail.com).

**Humberto Alves Barbosa** – Pós-Doutor pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Doutor em Ciência do Solo/Sensoriamento Remoto pela University of Arizona (UofA - 2004), Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE - 1998), Graduado (1995) em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). É professor Associado III da

Universidade Federal de Alagoas (UFAL), onde participa na condição de membro permanente do Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Meteorologia. Implantou e coordena o Laboratório de Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS - [www.lapismet.com.br](http://www.lapismet.com.br)), uma das principais referências no país quanto à recepção, processamento, análise e distribuição de dados satelitários do Meteosat Segunda Geração (MSG). Mais intensamente, tem se dedicado à instalação da estação de recepção de dados e produtos dos satélites MSG via sistema EUMETCast Américas no Brasil (2007 até o presente), no âmbito da Organização Europeia para a Exploração de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) e em 2009, ingressou no Convection Working Group (CWG) do European Severe Storms Laboratory (ESSL), do comitê da EUMETSAT, atuando em missões internacionais de instalação do sistema EUMETCast e validação de dados dos satélites MSG. Atuou como professor visitante na University of Bergen (2009). É colaborador do Programa Global Laboratory da Universidade de Nova York – Oswego, que oferece aos estudantes de graduação e pesquisadores uma vivência imersiva para o desenvolvimento de projetos de pesquisa em laboratórios internacionais nos campos mais promissores do estudo da ciência, tecnologia, engenharia e matemática. É membro do Conselho Técnico-Científico (CTC) do Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTIC) e do Centro Internacional de Investigação Climática e Aplicações para a Comunidade dos Países de Língua Portuguesa e África (CIICLAA). Recentemente, foi nomeado como Review Editor do Capítulo 4 do WGII e do Technical Summary do AR6 do IPCC, e Coordinating Lead Author (CLA) para o IPCC Land Degradation. E-mail: [barbosa33@gmail.com](mailto:barbosa33@gmail.com).

**Luciana Resende Londe** – Possui doutorado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2008), mestrado em Engenharia Agrícola (Área de Concentração Água e Solos) pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2002), especialização em Vigilância em Saúde Ambiental - UFRJ (2014) e graduação (Bacharelado e Licenciatura Plena) em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU (1997). cursando segunda licenciatura em Sociologia. Realizou 6 meses de “doutorado sanduíche” em Edinburgo (UK) e morou por um ano em Valencia, Espanha. Trabalhou no Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) e atualmente é Pesquisadora no CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. É Coordenadora do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq) do Cemaden e docente colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais - Cemaden/UNESP. E-mail: [luciana.londe@cemaden.gov.br](mailto:luciana.londe@cemaden.gov.br).

**Maria da Graça Mello Magnoni** – Professora Assistente Doutora do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências (FC) da UNESP/Campus Bauru e Professora do Programa de Pós-Graduação Mídia e Tecnologia da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC). Membro da Diretoria Executiva da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Local Bauru-SP e do Comitê Editorial da Revista Ciência Geográfica. E-mail: [mgm.magnoni@unesp.br](mailto:mgm.magnoni@unesp.br).

**Rosicler Sasso Silva** – Especialista em Biblioteconomia pela UNESP e bibliotecária da Faculdade de Tecnologia de Lins - SP / Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. E-mail: [rosicler.silva01@fatec.sp.gov.br](mailto:rosicler.silva01@fatec.sp.gov.br).

**Tabita Teixeira** – Mestre em Ciências pela USP de São Carlos, possui graduação em Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Faculdade de Tecnologia de Jahu e Especialista em Educação Ambiental para a Sustentabilidade pelo Centro Universitário Campos Santo Amaro SENAC São Paulo. Atuou como técnica e coordenadora em projetos



de Educação Ambiental pelo Instituto Pró-Terra de Jaú/SP durante 7 anos. Escritora, produtora e designer de materiais técnicos e educacionais. Atuou também como educadora do Curso de Licenciatura em Ciências da USP Polo Jaú (2017-2019). Já foi membro da Câmara Técnica de Educação Ambiental do Comitê de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré (2015-2019) e do Conselho Municipal de Meio Ambiente - COMDEMA de Jaú (2016-2018). E-mail: E-mail: tabitateixeira@gmail.com.

**Wellington dos Santos Figueiredo** – Bacharel e Licenciado em Geografia. Licenciado em Pedagogia. Mestre em Comunicação (UNESP-Bauru). Doutor em Mídia e Tecnologia (UNESP-Bauru). Membro da Diretoria Executiva da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Local Bauru – SP e do Comitê Editorial da Revista Ciência Geográfica. Professor da Escola Técnica Estadual Astor de Mattos Carvalho de Cabrália Paulista - SP / Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. E-mail: wellington.figueiredo@uol.com.br.