



Aplicação do índice de vulnerabilidade socioambiental a desastres por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG): estudo de caso do município de Blumenau (SC)

Marcos Antônio Mattedi¹ Bruno Jandir Mello² Cristiane Mansur de Moraes Souza³

Denis Augusto Vicentainer⁴ and Tanice Cristina Kormann⁵

¹ Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Fundação Universidade Regional de Blumenau – FURB. Blumenau, Santa Catarina – Brasil. mattedi@gmail.com

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Fundação Universidade Regional de Blumenau – FURB. Blumenau, Santa Catarina – Brasil. brunomelloarq@gmail.com

³ Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Fundação Universidade Regional de Blumenau – FURB. Blumenau, Santa Catarina – Brasil. arqcmansur@gmail.com

⁴ Mestre em Desenvolvimento Regional. Fundação Universidade Regional de Blumenau – FURB. Blumenau, Santa Catarina – Brasil. denisvicentainer@gmail.com

⁵ Doutora em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul – Brasil. tanicekormann@gmail.com

Notas dos Autores

Os autores declaram que não há conflitos de interesses.

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (Capes) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a bolsa de demanda social concedida a Bruno Jandir Mello e a Denis Augusto Vicentainer, doutorando e mestre, respectivamente, do Programa de Pós-graduação da Universidade Regional de Blumenau (Furb).

A correspondência relativa a este artigo deve ser dirigida para Marcos Antônio Mattedi mattedi@gmail.com

Cite como - American Psychological Association (APA)

Mattedi, M. A., Mello B. J., Souza, C. M. M., Vicentainer, D. A., & Kormann, T. C. (2024). Aplicação do índice de vulnerabilidade socioambiental a desastres por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG): estudo de caso do município de Blumenau (SC). *J. Environ. Manag. & Sust.*, 13(1), 1-43, e23423. <https://doi.org/10.5585/2024.23423>





Resumo

Objetivo do Estudo: Mapear e classificar a vulnerabilidade socioambiental das regiões do município de Blumenau (SC) aos desastres socioambientais (inundações, enxurradas e deslizamentos de terra) por meio da construção de um índice de vulnerabilidade socioambiental (SEVI) para os anos de 2000 e 2020.

Metodologia: O mapa IVSA foi desenvolvido a partir de uma análise multicritério com auxílio de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para o funcionamento do IVSA foi necessário a confecção dos índices da suscetibilidade ambiental (SA) e vulnerabilidade social (VS) para os anos de 2000 e 2010, posteriormente projetados para o ano de 2020. Os índices de SA e VS são cruzados numa Matriz de Impacto. Assim, constituiu-se os Mapas de Vulnerabilidade Socioambiental comparativos para os anos de 2000 e 2020.

Originalidade/Relevância: Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de vulnerabilidade socioambiental a desastres, que considera as questões do meio-físico natural local e capacidade de grupos sociais em resistir/responder aos desastres.

Principais Resultados: Os resultados apontam um aumento das ocupações irregulares em áreas de preservação permanente (APP), da degradação ambiental, da desigualdade social e conseqüentemente da população exposta ao risco. Em suma, o município apresenta um padrão de alta suscetibilidade e um exacerbado aumento da vulnerabilidade social, o que configura um cenário altamente vulnerável aos desastres socioambientais.

Contribuições: Avanços em pesquisas de avaliação e formulação de propostas de gestão integrada dos riscos e da resiliência nos municípios do Vale do Itajaí/SC/Brasil. Nesse contexto, é importante a compreensão dos cenários de maior impacto dos desastres socioambientais, como ferramenta de planejamento urbano e gestão dos riscos de desastres no município de Blumenau (SC).

Palavras-chave: Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (SEVI), Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Desastres Socioambientais, Blumenau (SC)





Application of a socio-environmental vulnerability index for disasters through a Geographic Information System (GIS): a case study in Blumenau (SC)

Abstract

Objective: To map and classify the socio-environmental vulnerability of regions in the municipality of Blumenau (SC) to socio-environmental disasters (floods and landslides) through the construction of a socio-environmental vulnerability index (SEVI) for the period 2000-2020.

Method: The SEVI map was developed from a multicriteria analysis with the aid of a geographic information system (GIS). For the SEVI to operate, it was necessary to prepare the indices of environmental susceptibility (ES) and social vulnerability (SV), which were then cross-referenced in an impact matrix.

Relevance: To develop a methodology for assessing the socio-environmental vulnerability to disasters, which considers issues related both to the local natural environment and to the ability of social groups to resist/respond to disasters.

Results: The results have indicated an increase in informal settlements in permanent preservation areas, environmental degradation, social inequality and consequently a population exposed to risk. In short, Blumenau presents a pattern of high susceptibility and an exacerbated increase in social vulnerability, which thereby configures a highly vulnerable scenario for socio-environmental disasters.

Contributions: Advances made in evaluation research and in formulating integrated management proposals for risk and resilience in the municipalities of Vale do Itajaí/SC/Brazil. In this context, it is essential to understand the scenarios with the greatest impact of socio-environmental disasters, as a tool for urban planning and disaster risk management in the municipality of Blumenau (SC).

Keywords: Socio-Environmental Vulnerability Index (SEVI), Geographic Information Systems (GIS), Social and Environmental Disasters, Blumenau (SC)



Aplicación del índice de vulnerabilidad social y ambiental ante desastres a través del Sistema de Información Geográfica (SIG): estudio de caso del municipio de Blumenau (SC)

Resumen

Objetivo del Estudio: Mapear y clasificar la vulnerabilidad socioambiental de las regiones del municipio de Blumenau (SC) a los desastres socioambientales (inundaciones, aluviones y deslizamientos) a través de la construcción de un índice de vulnerabilidad socioambiental (IVSA) para periodo de 2000 e 2020.

Metodología: El mapa IVSA se elaboró a partir de un análisis multicriterio con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para el funcionamiento del SEVI fue necesario elaborar los índices de susceptibilidad ambiental (SA) y vulnerabilidad social (SV). Los índices SA y VS se cruzan en una Matriz de Impacto. Así, se crearon los Mapas de Vulnerabilidad Social y Ambiental.

Originalidad/Relevancia: Desarrollo de una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad socioambiental a los desastres, que considera aspectos relacionados con el entorno natural local y la capacidad de los grupos sociales para resistir/responder a los desastres.

Principales Resultados: Los resultados apuntan a un aumento de las ocupaciones irregulares en las áreas de preservación permanente (APP), la degradación ambiental, la desigualdad social y consecuentemente la población expuesta a riesgo. En definitiva, el municipio presenta un patrón de alta susceptibilidad y un aumento exacerbado de la vulnerabilidad social, lo que configura un escenario de alta vulnerabilidad a los desastres socioambientales.

Contribuciones: Avances en la investigación de evaluación y formulación de propuestas de gestión integral de riesgos y resiliencia en los municipios de Vale do Itajaí/SC/Brasil. En ese contexto, es importante comprender los escenarios de mayor impacto de desastres



socioambientales, como herramienta para la planificación urbana y la gestión del riesgo de desastres en el municipio de Blumenau (SC).

Palabras clave: Índice de Vulnerabilidad Socioambiental (SEVI), Sistemas de Información Geográfica (SIG), Desastres Sociales y Ambientales, Blumenau (SC)

Introdução

Os desastres socioambientais constituem um dos fenômenos mais frequentes e destrutivos que acontecem atualmente (Tierney, 2020). Apesar dos esforços de gestão, as perdas causadas por desastres vêm aumentando nas últimas três décadas. Neste sentido, a versão de 2019 do *Relatório Global de Risco* (WEF, 2019) indica que os desastres socioambientais aumentaram tanto em termos de probabilidade quanto impactos. Este processo parece associado a dois fenômenos principais: a) *o crescente processo de concentração de pessoas, equipamentos e ativos em áreas de riscos*; e b) *o processo tendencial de agravamento das mudanças climáticas*. Por isso, a perda de vidas (impactos diretos) e os danos econômicos (impactos indiretos) são ameaçam, principalmente, as regiões menos desenvolvidas (Guha-Sapir, 2013; Albala-Bertrand, 1993). Portanto, paradoxalmente, a gestão acaba se tornando cada vez mais necessária, porém, sempre menos suficiente.

Os dados quantitativos a respeito dos recursos investidos também apontam o agravamento do problema no Brasil. Foram nada menos do que R\$ 9 bilhões anuais (US\$ 2,8 bilhões) entre 1995 e 2014, totalizando R\$ 182,8 bilhões (US\$ 56,7 bilhões) ao longo desses 20 anos (UFSC, 2016). Por isto, o crescimento da recorrência dos desastres e sua magnitude têm causado impactos negativos que afetam milhares de pessoas. Isto significa que os desastres socioambientais comprometem a qualidade vida das pessoas, sendo vetor de aumento da desigualdade social (Mattedi et al., 2018). Esse processo acontece porque as ocorrências são fenômenos dinâmicos. Portanto, é preciso conhecer previamente os fatores de riscos para desenvolver estratégias de gestão (IPEA, 2015). Nota-se, assim, que a identificação



das áreas propensas a desastres constitui um componente fundamental do processo de gestão adequada de riscos socioambientais.

Neste sentido, o caso do Vale do Itajaí, em geral, e o município de Blumenau, em particular, não são diferentes. Apesar da longa história de convívio dos desastres ainda não se chegou a uma gestão adequada do problema. Afinal, os estudos recentes apontam para um processo de agravamento das condições de risco nos últimos anos (Mattedi et al., 2018). A situação de risco a desastres é acentuada pela exposição da população em áreas de grande risco geológico e enchente (Avila & Mattedi, 2017). Em paralelo, as regiões mais suscetíveis do município também apresentam uma população com baixos índices de escolaridade, renda, saneamento básico e acesso à informação. Neste sentido, compreende-se que o risco a desastres em Blumenau está associado a fatores de ordem socioeconômica e ambiental. Para uma eficiente gestão de risco a desastres no município é necessário identificar e classificar as vulnerabilidades ambientais e sociais dos diferentes modelos de ocupação.

Em contexto, é de vital importância a inserção, de forma ativa e articulada, da estratégia de *Gestão de Riscos e de Desastres* (GRD) na agenda dos governos locais (Brasil, 2017). A GRD é importante porque a redução dos impactos dos desastres socioambientais envolve a compreensão da complexidade das relações entre sociedade e natureza. Nos últimos 30 anos o conceito de GRD evoluiu significativamente. Existem alguns pontos em comum no conceito e outros foram variando. Essa compreensão pode ser aprimorada por meio da utilização da GRD, pois os modelos podem: 1) *simplificar eventos complexos*; 2) *possibilitar a comparação da situação real com um modelo teórico*; 3) *permitir a quantificação dos eventos de desastres*; 4) *estabelecer uma base comum de entendimento para todos os atores envolvidos* (Ludwig et al., 2018). No que se refere aos papéis da ciência e da tecnologia, elas tratam, principalmente, de entender os desastres socioambientais por meio de avaliações de risco.

O monitoramento da vulnerabilidade a desastres tem sido objeto de muitos estudos (Cutter, 2006; Phillips et al., 2010; Bankoff et al., 2007). Assim, um olhar atento a esses





desafios indica que entre as estratégias emergentes destacam-se o monitoramento contínuo do risco. Neste sentido, uma ferramenta utilizada para identificar e classificar as áreas mais propensas aos impactos, advindos de eventos climáticos extremos, é o *Índice de Vulnerabilidade Socioambiental* (IVSA). A elaboração do IVSA baseia-se no uso das tecnologias de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Por meio de cruzamento, dados demográficos e cartográficos fornecem o mapeamento da suscetibilidade ambiental e vulnerabilidade social, elementos-chave para o IVSA. Diante da flexibilidade e da possibilidade de integração de diferentes tipos de dados, o IVSA tem sido aplicado a diversas áreas do conhecimento como, por exemplo, a saúde (Malta et al., 2017) e a geografia (Kuhlick et. al., 2013).

Afinal, as mudanças climáticas podem alterar o risco de desastres tanto aumentando a vulnerabilidade quanto diminuindo a resiliência uma vez que: a) *intensificam a ocorrência de evento*; e b) *reduzem a capacidade de gerir os impactos*. Afinal, desde a publicação do relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) intitulado *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, em 2012, espera-se que a precipitação anual média global até o final do século aumente, embora as mudanças na quantidade e intensidade variem significativamente por classes. Neste sentido, o agravamento dos impactos dos desastres apontado tanto pelo *Annual Report 2017 2016-17: Biennium Work Programme Final Report* (UNISDR, 2018) quanto pelo *Annual Disaster Statistical Review 2017* parecem exprimir a materialização das mudanças climáticas. A consideração destes fatores indica a necessidade de adaptação dos planos, programas e projetos locais aos efeitos das mudanças climáticas.

Portanto, à medida que as mudanças climáticas modificam o padrão de vulnerabilidade, acabam ampliando, conseqüentemente, o potencial de destruição dos desastres naturais. Neste sentido, considerando a relação entre mudanças climáticas e desastres de forma global é possível identificar quatro tendências principais:



- a *número de desastres vem aumentando anualmente;*
- b *número de pessoas afetadas por desastres está aumentando;*
- c *as perdas estão se tornando mais custosas;*
- d *as regiões mais pobres são as mais impactadas.*

Isto significa que a gestão dos desastres se torna paradoxal à medida que vem se tornando cada vez mais necessária, porém, sempre menos suficiente.

Neste sentido, Blumenau constitui um emblemático estudo de caso para o desenvolvimento e aplicação do IVSA. Ao longo de seu processo de formação urbana e desenvolvimento econômico, o município sofreu 68 inundações e inúmeros casos de deslizamento (Kormann, Robaina & Mattedi, 2021). Ao mesmo tempo, foram experimentadas tanto estratégias estruturais quanto não estruturais de gestão do problema. Apesar desses esforços, verifica-se uma forte tendência de agravamento dos impactos socioambientais nos últimos anos. Afinal, Blumenau materializa localmente duas tendências gerais: a) *os fenômenos hidrometeorológicos vêm se tornando mais aleatórios;* e b) *concentração da população em áreas de várzea e encostas.* Neste sentido, indica-se a necessidade de desenvolvimento de novos instrumentos cognitivos de interpretação e dispositivos sociais de gestão que permitam aprender a conviver com o risco. Portanto, o caso de Blumenau apresenta, simultaneamente, interesse teórico e prático para aplicação do IVSA.

Considerando estes fatores, o objetivo deste artigo é mapear a vulnerabilidade socioambiental das regiões do município de Blumenau (SC) aos desastres socioambientais. Mais precisamente, o presente artigo visa desenvolver um IVSA para e classificar a vulnerabilidade socioambiental do município de Blumenau em dois marcos temporais de 2000 e 2020. Estudar estes dois cenários permitiu realizar uma análise comparativa a fim de compreender a dinâmica socioambiental da vulnerabilidade. Para desenvolver este argumento, o texto foi dividido em cinco partes: 1) esta breve contextualização; 2) na segunda parte efetua-se um processo de revisão bibliográfica da relação entre desastres socioambientais e IVSA; 3)



a terceira parte ocupa-se com a caracterização do caso de estudo; 4) na quarta parte são explicitadas as estratégias metodológicas de produção dos dados e; 5) na quinta parte são apresentados os resultados da aplicação do IVSA de Blumenau.

Desastres naturais como efeitos emergentes das relações socioambientais

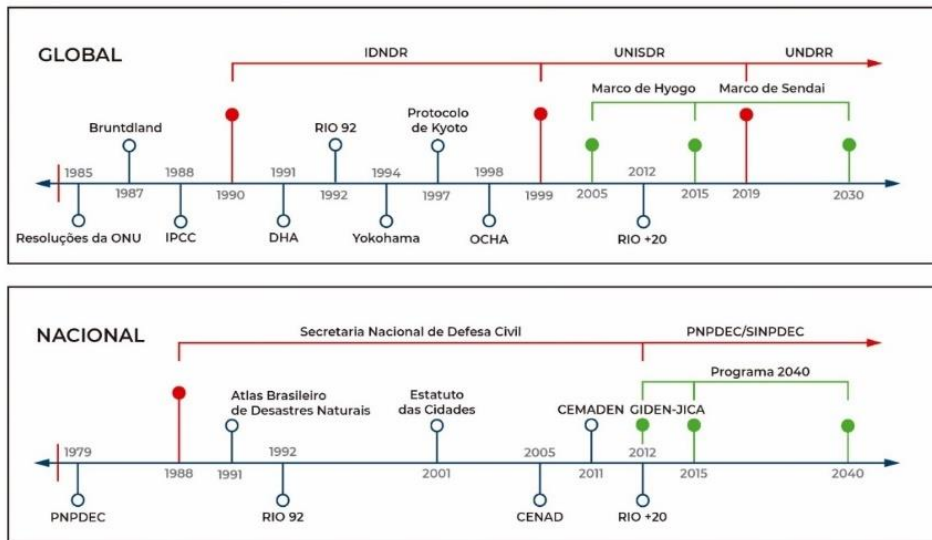
O estudo dos desastres naturais tem sido objeto de muitas controvérsias teóricas e metodológicas (Alexander, 1993; Stallings, 2002; Tobin, Montz, 1997, Quarantelli 1998; Prery E Quarantelli, 2005). De forma geral, pode-se dizer que os desastres naturais constituem consequências inesperadas do padrão predominante de interações entre sociedade e natureza. As diversas estratégias teóricas se diferenciam em função da ênfase atribuída aos fatores naturais e sociais (Mattedi & Butzke, 2001). Neste sentido, é possível diferenciar duas estratégias principais de abordagem dos desastres naturais: a) *Paradigma dos Perigos*: centrado na abordagem geográfica (evento físico); e b) *Paradigma da Vulnerabilidade*: centrado na abordagem sociológica (impacto social). Por isto, pode ser caracterizado como o efeito emergente do processo de dissolução das redes sociotécnicas que associam simbólica e materialmente o mundo natural ao social (Mattedi, 2017).

Os desastres naturais são objeto de um conjunto de ações integradas de gestão verdadeiramente amplas (Figura 1). Esta preocupação se exprime nos protocolos internacionais de gestão dos desastres. O Marco de Hyogo 2005-2015 enfatiza uma visão estratégica internacional que ratifica a preparação, a prevenção e a mitigação como metas fundamentais dos Estados para proteger as comunidades (Santos, 2011). Isto, de maneira a promover uma cultura de segurança baseada na redução das vulnerabilidades, no reconhecimento e consciencialização do risco a desastres por parte dos agentes públicos e das comunidades (Soriano, 2009). O Marco de Sendai 2015-2030 estabeleceu quatro prioridades: a) *Compreensão do risco de desastres*; b) *Fortalecimento da governança do risco de desastres*; c) *Investimento na redução de risco de desastres para a resiliência*; e d) *Melhoria na*

preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e uma melhor reconstrução (Marco de Sendai, 2015).

Figura 1

Linha do tempo das ações de Redução do Risco de Desastre (1985-2019)



Fonte: Adaptado de Shaw (2020, p. 3).

Conforme a Figura 1, um dos órgãos de maior relevância para gestão de risco de desastres em nível mundial é a United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). A UNDRR trabalha com governos, organizações da sociedade civil, setor privado e outras partes interessadas para garantir que a redução do risco de desastres esteja integrada nas políticas, programas e projetos de desenvolvimento. No Brasil, a gestão de risco de desastres tem suas raízes na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, criada em 1979. Em 1988, foi criada a Secretaria Nacional de Defesa Civil, que tinha como objetivo coordenar as ações de proteção e defesa civil em todo o território nacional. Ao longo dos anos, essa estrutura foi sendo aprimorada e fortalecida até chegar ao atual Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sindpec). Uma das principais instituições que integram o Sindpec é o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), que atua no monitoramento, na prevenção e no alerta de desastres naturais em todo o território brasileiro.



Contudo, as mudanças climáticas recentes vêm alterando o padrão de ocorrência dos desastres naturais (IPCC, 2012). Isto está acontecendo porque o aumento da temperatura a intensifica secas, incêndios florestais, ondas de calor, bem como enchentes, deslizamentos de terra, ciclones tropicais. Neste sentido, a mudança no estado do clima acaba alterando a frequência, intensidade, extensão e duração eventos climáticos. Estas mudanças foram detectadas considerando as variações médias das propriedades do clima num período tempo. Essas variações são provocadas tanto por processos internos naturais quanto por externos antropogênicos. Com o desenvolvimento da ciência do clima nos últimos anos, descobriu-se que a temperatura e a precipitação são preditores importantes dos impactos provocados por desastres. O efeito combinado destes fenômenos terá profundos impactos na saúde, alimentação, segurança, infraestrutura e economia de diversas regiões (Mora et al., 2018). Portanto, as mudanças climáticas tendem a tornar os desastres naturais mais frequentes e intensos.

Para que ocorra um desastre socioambiental é necessário a existência de um *evento físico* desencadeador. As condições biofísicas e climáticas de um determinado território podem apresentar características que expõem sua população a um risco, ou seja, o local está suscetível. Por tanto, a *suscetibilidade* é o quão provável um determinado fenômeno pode ocorrer independente dos fatores sociais, mas tendo a sociedade como elemento de interferência que acelera ou retarda (Freitas & Cunha, 2013)). Aqui, o elemento humano é um potencializador da suscetibilidade e sua análise indica compreender a probabilidade de ocorrer um evento danoso à população que reside em determinado local. Se certos territórios apresentam características físicas que representam risco para vida humana, trata-se, assim, da predisposição de uma região à incidência de um determinado fenômeno (evento físico) (Burton et al., 1993).

No entanto, para entender os desastres ambientais é preciso considerar também as características sociais da população. Neste sentido, o conceito de vulnerabilidade corresponde



ao “potencial para a perda” (Cutter, 2011). Segundo a autora, a vulnerabilidade inclui tanto os “elementos de exposição ao risco” como os fatores de propensão às circunstâncias que aumentam ou reduzem as capacidades da população, das infraestruturas ou dos sistemas físicos para responder e se recuperar de ameaças ambientais. Apesar deste entendimento, a vulnerabilidade é um produto da exposição aos processos perigosos e dos fatores de predisposição. No recorte de estudos, a situação de vulnerabilidade social dos moradores é acentuada pelo risco a que a população está exposta por residir em áreas sujeitas a desastres (Avila & Mattedi, 2017). A consideração da vulnerabilidade envolve, portanto, as influências socioeconômicas sobre o espaço.

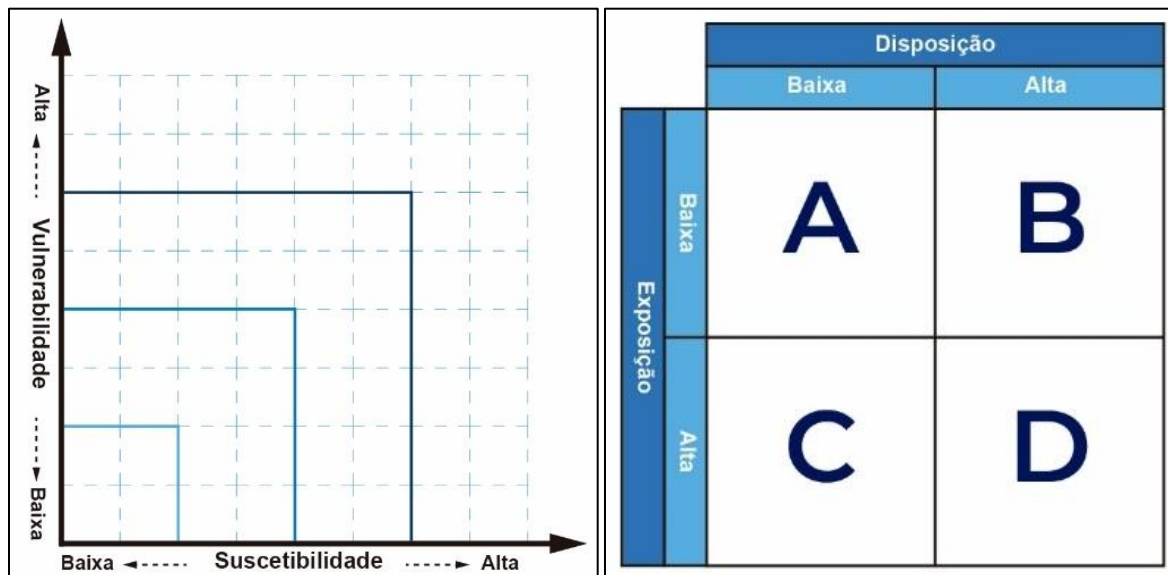
Com base nestes fatores, pode-se diferenciar a *Suscetibilidade Ambiental* da *Vulnerabilidade Social*. A *Suscetibilidade Ambiental* refere-se às predisposições de uma determinada região em ser impactada por um determinado *Evento Físico* (Propensão Espacial). A *Vulnerabilidade Social*, por sua vez, diz respeito ao grau de exposição de uma população aos *Impactos Sociais* (Exposição Comunitária). A relação entre estes dois conjuntos de variáveis nos permite estabelecer uma matriz analítica do IVSA. Assim, o IVSA refere-se, ao mesmo tempo, à probabilidade de perda de um elemento ou um conjunto de elementos e assenta-se: a) na possibilidade de danos oriundos de uma situação de risco; e b) no resultado da exposição ao risco (Ludwig & Mattedi, 2018). Isto significa que o IVSA captura a dinâmica que configura uma determinada espacialidade, procurando circunscrever sua escala, isto é, uma região, cidade, bairro de maneira a identificar os riscos de um lugar.

A Figura 2 considera que a relação entre a *Suscetibilidade* e *Vulnerabilidade* possibilita construir os elementos operacionais para a aplicação do IVSA. Mais precisamente, é possível estabelecer os nexos causais entre a probabilidade de ocorrência de um *Evento Físico* e a probabilidade deste acontecimento gerar *Impacto Social*. Isto significa, que os efeitos emergentes desencadeados por um desastre natural dependem, conjuntamente, da *disposição* (características físicas da região) e da *exposição* (padrão de organização social). Porém, é

preciso assinalar que a relação entre as duas dimensões não é linear. Na verdade, depende da calibragem de dois fatores contextuais: a) *as mudanças climáticas vêm alterando a recorrência dos regimes hidrometeorológicos*; e b) *o padrão de ocupação e desenvolvimento concentra populações em áreas de riscos*. O efeito combinado permite criar uma matriz analítica para o estabelecimento de cenários hipóteses do IVSA.

Figura 2

A relação entre as escalas de suscetibilidade/vulnerabilidade e disposição e exposição



Fonte: Autores (2022).

- **CENÁRIO A (seguro):** estabelece uma relação entre uma condição de baixas suscetibilidade e vulnerabilidade (áreas sem risco e com capacidade de proteção);
- **CENÁRIO B (potencialmente seguro):** relação entre uma baixa suscetibilidade e uma alta vulnerabilidade (áreas sem risco e com alta capacidade de proteção);
- **CENÁRIO C (potencialmente inseguro):** relaciona uma baixa suscetibilidade com uma alta vulnerabilidade (áreas sem risco, mas sem grande capacidade de proteção);
- **CENÁRIO D (inseguro):** estabelece uma relação entre uma alta suscetibilidade com uma alta vulnerabilidade (áreas com muito risco e sem capacidade de reação).



Desta relação entre *disposição* e *exposição* é possível estabelecer a vulnerabilidade socioambiental. Isto é, a convergência de situações limite e de espectro “explosivo” que comportam a ocorrência no mesmo tempo e espaço de inúmeras situações estressoras de ordem natural e antrópica. Assim, ao cruzarem e interagirem, estas vulnerabilidades produzem resultados danosos a determinada população e ao ambiente do entorno. É uma relação que conduz à ideia de existência simultânea de: 1) *Problemas de fundo*: acesso limitado à energia, estruturas, recursos e sistemas políticos e econômicos; 2) *Pressões dinâmicas*: falta de instituições locais, de treinamento, de investimentos, de urbanização, excesso de desmatamento e declínio na produtividade do solo; 3) *Condições inseguras*: locais perigosos, edifícios e infraestruturas, baixo nível de renda, falta de ações e instituições públicas; e 4) *Eventos perigosos*: terremotos, inundações, estiagem, seca, vírus etc. (Wisner et al., 2004).

Pode-se dizer, assim, que a vulnerabilidade reflete a complexidade da problemática socioambiental. Ela apresenta não apenas a probabilidade do lugar e seu potencial de perda de coisas e pessoas, em caso de um evento climático, mas, também, aponta às problemáticas sociais que as potencializam. O estudo da vulnerabilidade socioambiental apoia-se em análises e metodologias estatísticas de dados censitários e no estudo da distribuição da população e dos bens materiais expostos aos eventos perigosos. Oferecendo, desta forma, uma percepção mais ampla da fase pré-impacto, o que é essencial para ações de minimização da problemática. Para que se efetive o mapeamento e a classificação da vulnerabilidade socioambiental, torna-se necessária a combinação dos mapeamentos da suscetibilidade ambiental e de vulnerabilidade social. A combinação destes dois fatores – e outros elementos associados – dão luz ao enfoque dos desastres socioambientais.

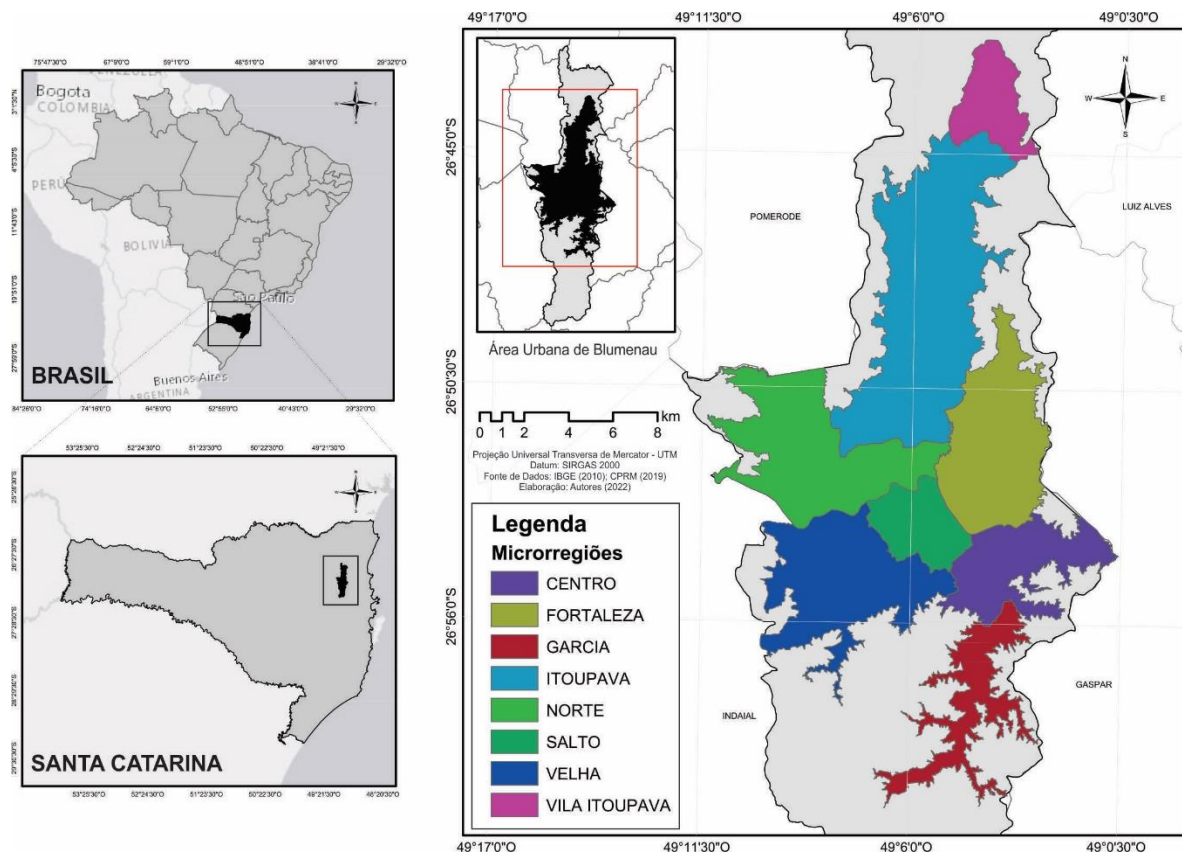
A produção dos desastres socioambientais em Blumenau (SC)

Blumenau é um município localizado na Região Sul do Brasil, mais precisamente no estado de Santa Catarina (Figura 3). É a cidade-sede da mesorregião do Vale do Itajaí, sendo o centro econômico mais importante da região. Foi fundada na metade do século XIX por

imigrantes de origem germânica. A população do município é de aproximadamente 350 mil habitantes (IBGE, 2010) que estão alocados em uma área de 519 mil km², sendo que cerca de 90% deles ocupam a área urbana. O índice de Desenvolvimento Humano do município é de 0,806, considerado muito alto (PNUD, 2010). O município enfrenta os desastres socioambientais desde sua colonização. Esses foram desencadeados por eventos climáticos extremos, tais como o excesso de pluviosidade, que ocasiona inundações, alagamentos, enxurradas, erosão e deslizamentos. Essa problemática é histórica e se agravou com o passar do tempo.

Figura 3

Localização de Blumenau



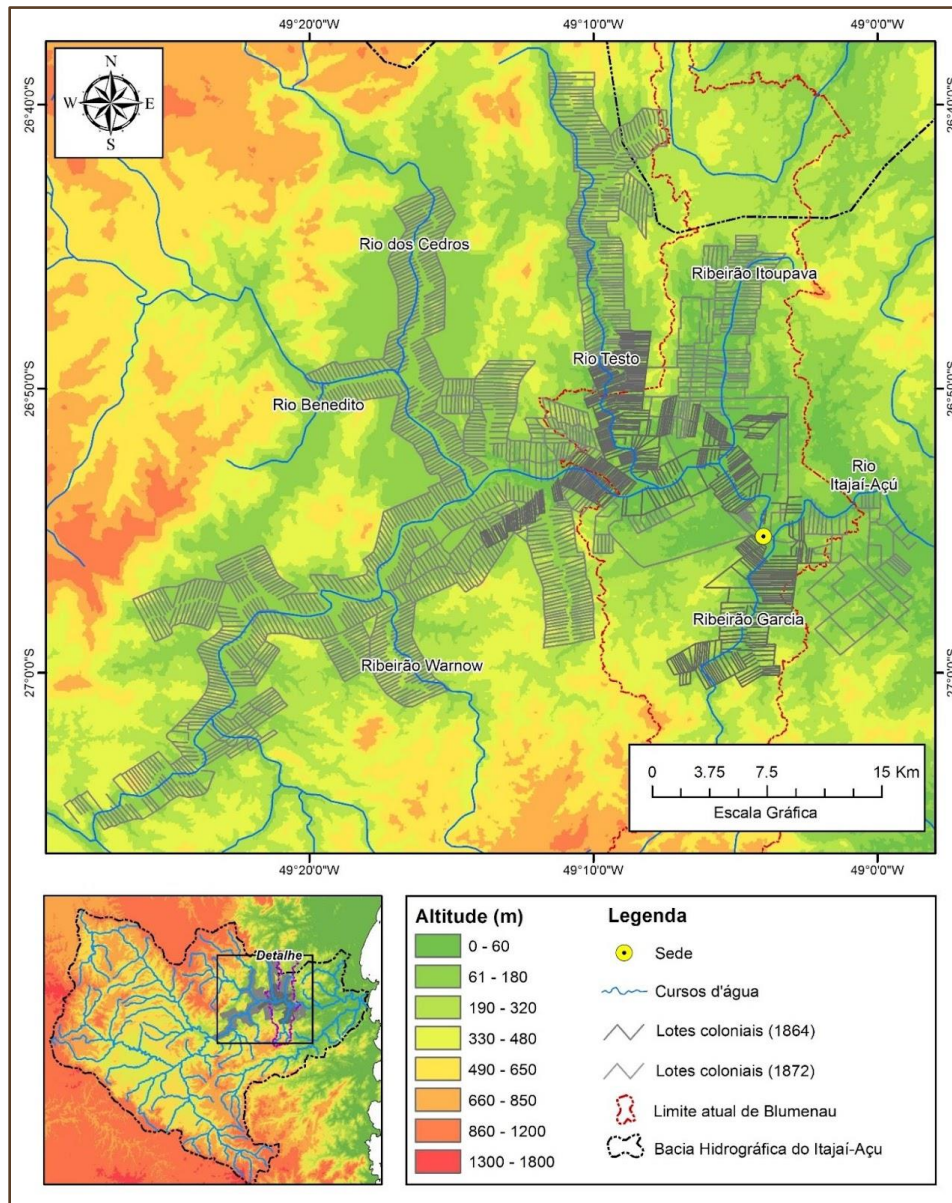
Fonte: Autores (2022).



O problema dos desastres acompanha o processo de desenvolvimento de Blumenau. Em 160 anos de história, o município registrou 68 enchentes (Mattedi et al., 2009). A primeira grande enchente ocorreu em 1880, atingindo cerca de 17 metros de cota de cheias. “Em 1983 e 1984, enchentes com mais de 15 metros atingiram 70% da malha urbana. Em 1990, uma enxurrada causou a morte de 22 pessoas” (Siebert, 2012, p. 7). Em 2008, ocorreu o desastre socioambiental mais grave da história do município, no qual deixou 24 mortes - sendo 21 por soterramento e três por afogamento, centenas de feridos, 25 mil pessoas tiveram que abandonar suas casas, além de centenas de milhões de reais em perdas (CEPED, 2016). Para Siebert (2012), a ocorrência recorrente de desastres socioambientais de grandes proporções é resultado de um processo de urbanização baseado no conflito constante com o meio natural, com tentativas de adaptá-lo às necessidades humanas. A ocupação que se desenvolveu nas planícies fluviais estruturou o processo de ocupação, fortemente marcada pelos recursos hídricos (Figura 4).

Figura 4

Lotes agrícolas retratando a ocupação do período colonial de Blumenau



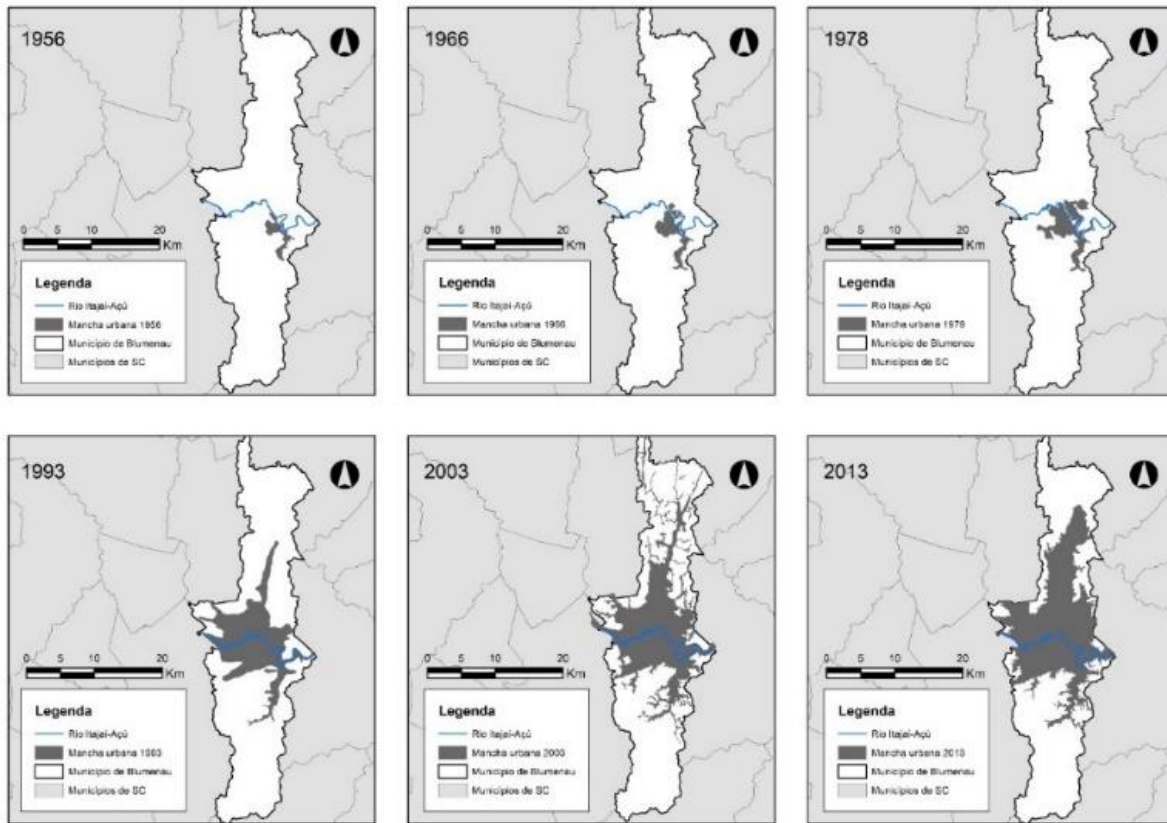
Fonte: Kormann (2014).

As condicionantes naturais deste processo são, principalmente, o rio Itajaí-Açu e seus afluentes como os ribeirões da Velha, Garcia, Itoupava, além de morros e encostas. O relevo da cidade é fortemente acidentado, suas partes mais planas estão situadas próximas aos cursos d'água, correspondendo às planícies de inundação do rio Itajaí-Açu e seus principais



afluentes. Estas áreas, que correspondem à litologia quaternária. Essas áreas são altamente suscetíveis a inundações, alagamentos e enxurradas. Outra parcela da população ocupa as encostas dos morros que apresentam basicamente litologia de duas grandes formações: a) *Grupo Itajaí*; e b) *Complexo Granulítico de Santa Catarina*. O Grupo Itajaí é uma litologia mais frágil, correspondendo a um relevo inclinado extremamente suscetível a deslizamentos de terra. O Complexo Granulítico de Santa Catarina é uma geologia mais antiga e, portanto, mais alterada, menos acidentada e mais estável, porém há ocorrência de deslizamentos em regiões com alta declividade.

Em Blumenau, o processo de desenvolvimento urbano foi condicionado pelo padrão de ocupação do espaço resultante da fragmentação dos antigos lotes coloniais. Com a industrialização, o processo de desenvolvimento urbano desencadeia uma dupla concentração: *a população se estabelece perto das indústrias e às margens dos rios*. Com a intensificação dos desastres nas últimas décadas, o efeito deste processo foi: a) *a verticalização das áreas de várzea (gentrificação pela classe média)*; e b) *ocupação das encostas dos morros (classe baixa)*. A reprodução também pode ser observada com áreas regularizadas pela prefeitura (boa infraestrutura urbana na várzea) inacessíveis aos mais pobres que ocupam as encostas. Neste sentido, a classe média é impactada pelas enchentes e as menos abastadas pelos deslizamentos de terra e enxurradas. A Figura 5 apresenta o processo de evolução urbana do município de Blumenau.

Figura 5*Evolução urbana do município de Blumenau (1956-2013)*

Fonte: Base de dados da PMB (2013) adaptado pelos autores.

O processo de fortalecimento da gestão de riscos de desastres (GRD) na região parte da implementação de barragens nos afluentes do rio Itajaí-Açu, na segunda metade do século XX, visando minimizar o impacto das recorrentes cheias que interferiam no desenvolvimento industrial e agrícola. Após as grandes enchentes de 1983 e 1984, foram implementados o Projeto Crise e o Centro de Operação do Sistema de Alerta da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu (Ceops). Em 1986, foi elaborado o Projeto JICA, apresentado pela Agência de Cooperação Internacional do Japão (Jica) a Santa Catarina, responsável pela produção dos sistemas de alerta e prevenção de desastres, bem como pela estruturação da defesa civil municipal. Em 1989, foi estabelecida a Defesa Civil Municipal de Blumenau. Após o desastre de 2008, a GRD



do município instituiu o sistema de alerta e comunicação para eventos climáticos chamado Alertablu, em 2013. De acordo com Jansen et al. (2021), o Índice de Estruturação Organizacional (Ieoi) da Defesa Civil de Blumenau é acima de 0,8, considerado muito desenvolvido.

Nesse contexto, as comunidades e a Defesa Civil do município estão preparadas para lidar com eventos climáticos extremos em certa medida. No entanto, o problema maior reside na falta de preparo para enfrentar situações cada vez mais graves, que combinam o aumento da vulnerabilidade social e da exposição ao risco de deslizamentos de massa e enxurradas, os quais têm se tornado cada vez mais frequentes. De acordo com o IBGE (2018), Blumenau possui 31 aglomerados subnormais e 78.371 habitantes vivendo em áreas vulneráveis, o que representa 25% da população. Blumenau é o sétimo município no *ranking* de habitantes vivendo em áreas de inundações e deslizamentos de terra. Assim, verifica-se que a cidade apresenta uma tendência de agravamento do problema dos desastres.

Considerando estes aspectos, argumentamos que o problema dos desastres socioambientais em Blumenau está progressivamente passando de um **CENÁRIO B** para um **CENÁRIO D** (Figura 2). Mais precisamente, a tendência de agravamento do problema dos desastres indica que Blumenau vai, progressivamente, perdendo a capacidade de controle do problema dos desastres. Isto significa que os efeitos das mudanças climáticas associados ao padrão predominante de desenvolvimento da região vai transformando o risco local. Ou seja, Blumenau vai deixando de ser uma cidade que se caracteriza por uma **Alta Suscetibilidade e Baixa Vulnerabilidade** para se transformar numa cidade com **Alta Suscetibilidade e Alta Vulnerabilidade**. Isto acontece porque áreas sem risco, assim como a capacidade de proteção, estão diminuindo: ***quanto mais intenso o processo de vulnerabilização desencadeado pelas mudanças climáticas e pela concentração da população em áreas de risco, menor a capacidade local de reação e recuperação.***

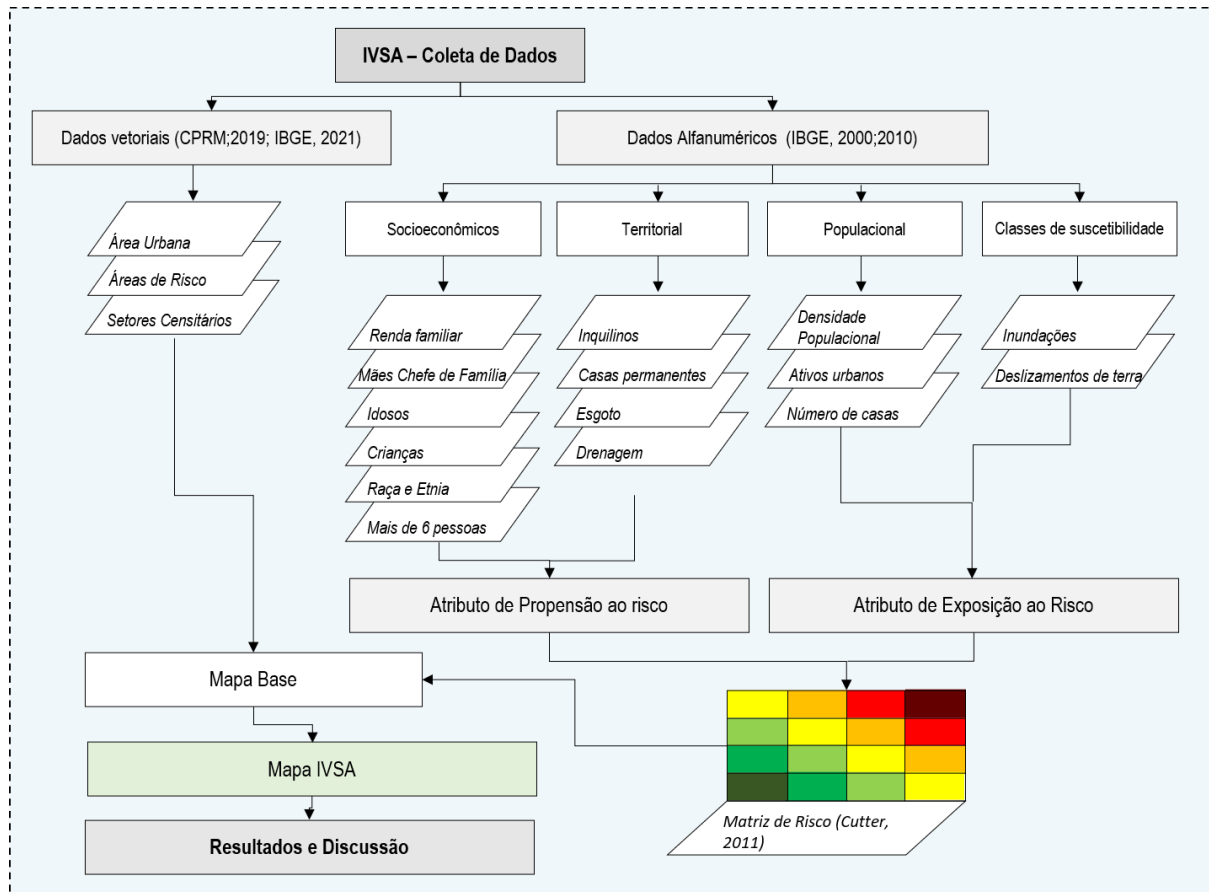


Metodologia de construção do IVSA

A pesquisa abordou a área urbana do município de Blumenau (SC) com foco específico nas áreas de risco ao movimento de massa. Trata-se de um estudo quali-quantitativo explicativo que culmina na classificação e mapeamento da vulnerabilidade socioambiental aos desastres hidrometeorológicos com base na metodologia de Cutter (2011) nos anos de 2000 e 2020. A pesquisa quantitativa objetiva quantificar as informações para analisá-las, enquanto a qualitativa busca descrever a relação entre o mundo e o sujeito. Por fim, a porção explicativa busca responder as causas dos acontecimentos, fatos, fenômenos físicos ou sociais encontrados no universo de pesquisa, descrevendo os conceitos dos fenômenos ou do estabelecimento de relações entre os conceitos (Jansen, 2020). Nesse contexto, o estudo foi realizado por meio da análise e agrupamento de diversas variáveis de cunho ambiental, socioeconômico e infraestrutura urbana com intuito de classificar o impacto dos desastres naturais nos diferentes contextos do município de Blumenau (SC). As variáveis foram dispostas em duas dimensões: propensão e exposição ao risco, e, posteriormente, com os índices obtidos por meio de cálculos para cada uma das dimensões. Estes foram cruzados em Matriz de Risco (Cutter, 2011), culminado em um mapeamento e classificação da vulnerabilidade socioambiental para os anos de 2000 e 2020, com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). A Figura 6 apresenta um fluxograma da metodologia deste estudo.

Figura 6

Fluxograma do percurso metodológico deste estudo



Fonte: Elaborado pelos Autores. ().

Indicadores

Para Cutter (2011), os componentes que aumentam a propensão (Ivs) ao risco são: i) Populações com necessidades especiais e idosos: afeta a mobilidade; requer cuidados especiais; maior intransigência; ii) estatuto socioeconômico: capacidade de absorver danos e de recuperar; mais bens materiais a perder (renda familiar); iii) raça e etnia: barreiras linguísticas e culturais; falta de acesso a recursos pós-desastre; tendência para ocupar zonas de perigosidade elevada; iv) sexo: empregos com altas taxas de feminização podem ser afetados; mães chefes de família; salários mais baixos; tarefas de prestação de cuidados; e v) tipo de habitação e infraestrutura urbana: Com frequência, os inquilinos não têm seguro nem



investem na comunidade; tipo de habitação e construção; falta de saneamento básico. Neste contexto, com base na definição de ativos conceituada por Cutter (2011) foram propostos indicadores e dimensões para a concepção dos índices de propensão (Quadro 1).

Quadro 1

Variáveis que aumentam a propensão aos riscos (período de 2000 e 2010)

Variável	Descrição
Renda familiar	A renda é um dos fatores fundamentais para o controle da propensão da população ao risco de desastres. Para o IBGE (2010) um rendimento mensal domiciliar de até três salários-mínimos configura uma situação de vulnerabilidade social.
% Mães chefe de família	A alta ocorrência de mães chefe de família em uma determinada área se caracteriza como um fator de vulnerabilidade social.
% População idosa (acima de 60 anos)	O excesso de população idosa em um setor constitui uma vulnerabilidade por conta de fatores como maior intransigência (mudança), cognição, conhecimento e dificuldade de mobilidade em emergências.
% População infantil (até 12 anos)	As crianças e adolescentes são vulneráveis às situações ambientais e sociais. O excesso de crianças em um setor constitui uma vulnerabilidade por conta de uma menor capacidade de resposta ao perigo (cognitiva, compreensão do problema, tomada de decisão, entre outros).
% População negra, parda ou indígena	A população negra, parda ou indígena constitui grupos com maior número de indivíduos em situação de vulnerabilidade social com maior propensão ocupar áreas de risco – racismo ambiental.
% Domicílios particulares permanentes com seis moradores ou mais moradores	A densidade populacional em residências amplia a situação de vulnerabilidade, ou seja, mais pessoas podem ser impactadas pelos riscos.
% Domicílios alugados	População em domicílios alugados tendem a não apresentar identidade com o local – diminuindo o conhecimento, a resposta e o engajamento para a gestão – além de menor capacidade de investimento no imóvel para absorção do impacto

Continua na próxima página



% Domicílios permanentes tipo casa	As casas, principalmente de um pavimento, tendem a apresentar menores possibilidades estruturais para absorver impactos, e assim estão mais expostas aos danos ocasionados por inundações, movimentos de massa e enxurradas
% Domicílios sem esgotamento sanitário adequado	A falta de esgotamento sanitário adequado implica no agravamento do impacto dos eventos climáticos, não apenas na degradação do meio ambiente, mas também no surgimento de doenças e dificuldade de recuperação do local afetado
% Vias sem pavimentação	Um dos grandes problemas encontrados tanto em centros urbanos quanto em cidades do interior é a deficiência na manutenção das vias urbanas. Apesar da não pavimentação das vias contribuir para a drenagem, a falta de manutenção tem impacto direto na mobilidade em emergência.
% Vias sem drenagem urbana	A falta de drenagem de águas pluviais tem impacto direto para potencializar inundações e movimentos de massa.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo 2000; 2010 (IBGE, 2000; 2010).

A exposição ao risco (Iva) (Quadro 2) visa quantificar o número de pessoas (potencial de perda de vidas) e a quantidade de materiais, ou seja, infraestrutura urbana (potencial de perdas econômicas) em áreas de risco de desastres. Esta etapa é de difícil precisão, pois os dados existentes para os setores censitários apenas quantificam o número de domicílios. Sendo assim, não foram identificados número de vias urbanas, equipamento urbanos como escolas, hospitais, postos de saúde, indústrias, comércios, parques, praças, quadras esportivas entre outros. Nesse contexto, as variáveis utilizadas para mensurar a exposição ao risco da população ao risco utilizadas foram disponibilizados pelo IBGE (2010) e CPRM (2019).

**Quadro 2**

Variáveis que aumentam a exposição aos riscos (período de 2000 e 2010)

Variável	
Densidade Populacional (Hab/ha) (IBGE, 2010)	Quanto maior concentração de pessoas em áreas de risco, amplia-se potencial de vítimas.
Densidade Infraestrutura urbana (ed./ha) (IBGE, 2010)	Além de aumentar o risco de morte, já que o conceito de movimentos de massa também considera destroços de residências, amplifica-se o potencial de perdas de materiais, dificultando a recuperação e ampliando o custo do desastre. Aumenta-se o impacto indireto, ou seja, afetando a normalidade de toda a comunidade (ex.: danos em vias afetando a mobilidade, na rede elétrica, no abastecimento de água, na coleta de lixo, nos serviços de saúde e educação etc.);
Número de residências no setor censitário (IBGE, 2010)	Quanto mais domicílios em setor, maior a infraestrutura urbana exposta aos impactos diretos e indiretos dos desastres.
Classificação de suscetibilidade (CPRM, 2019)	Observância da classificação de suscetibilidade ao movimento de massa e inundações (alta, média e baixa).

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo 2000 e 2010 (IBGE, 2000; 2010).

Com os dados alfanuméricos dos setores censitários¹ para propensão e exposição tabulados, o passo seguinte foi a normalização das variáveis utilizando a metodologia de Reis, Ribeiro e Silva (2020) com adaptações. Este ajuste permitiu aplicar o índice e, desta forma, caracterizar a vulnerabilidade de Blumenau. Os valores de referência foram extraídos da fração entre ocorrência da variável no setor censitário em relação à quantidade total de domicílios ou pessoas no respectivo setor. Neste caso, foi necessário utilizar parâmetros máximos e

¹ Neste contexto, considerou-se os setores censitários como delimitação territorial. O setor censitário é o pedaço de terreno geográfico, selecionado por sua homogeneidade das condições socioambientais no município, onde é feito o levantamento nacional do Censo pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2010). Para esta análise, recorre-se aos dados vetoriais georreferenciados que delimitam os setores censitários.



mínimos, em cada variável para transformá-la, também, numa variável padronizada, com valores variando 0 a 1. Ou seja, 0 corresponde à situação ideal, ou desejável, e 1 refere-se à pior situação. Assim, as variáveis de Propensão e Exposição ao risco foram calculadas separadamente utilizando as Equações (1) e (2):

$$Ips = \frac{Is - Imin}{Imax - Imin} \quad (1)$$

$$Ips = \frac{Is - Imax}{Imin - Imax} \quad (2)$$

De acordo com Reis, Ribeiro e Silva (2020), a variável Ips corresponde ao valor padronizado do indicador (I) no setor censitário (s). Is equivale ao valor original do indicador (I) no setor censitário (s), e Imax e Imin são, respectivamente, o valor máximo e mínimo do indicador (I) dentro o universo de setores censitários, o (p) condiz ao peso aplicado a cada variável. Para os indicadores com relação direta com a vulnerabilidade (quanto menor o valor do indicador, mais baixa a vulnerabilidade), foi utilizada a Equação (1). Já para os indicadores com relação indireta com a vulnerabilidade (quanto menor o indicador, maior a vulnerabilidade) foi utilizada a Equação (2) (V1 - renda familiar). Foi, então, calculado o IVs para propensão e IVa para exposição a partir da Equação (3).

$$IVx = \sum_i^n = 1 Ips \quad (3)$$

Desta forma, o IVx corresponde ao índice de propensão (IVs) e/ou exposição (IVa) no setor censitário do município, e a variável n corresponde ao total de variáveis selecionadas por dimensão (Reis; Medeiros & Silva, 2020). Com obtenção dos índices de propensão e de exposição separados de forma alfanumérica utilizando o Microsoft Excel, foi possível cruzar IVs e IVa em uma matriz de risco, culminando na classificação de VSA. Com a elaboração dos IVs e IVa dos setores censitários de Blumenau nos anos de 2000 e 2010, foi possível por meio de um cálculo integral prospectar os resultados para o ano de 2020 a partir da Equação (4) e (5).

$$ka = \frac{\Delta ivx}{\Delta t} \quad (4)$$

$$Ivxt = Ivo + Kax (t - to) \quad (5)$$



Nesse contexto, o coeficiente K_a significa a variação do índice intermediário (IVSA de 2010) e do índice inicial (IVSA de 200) (Δi_{vxx}) dividido pela variação do tempo intermediário (2010) e o tempo inicial (2000) (Δt) (Equação 4). Na sequência, calcula-se a projeção aritmética que considera I_{vxt} que é o índice para 2020, I_{vo} é o índice inicial, K_a é o coeficiente encontrado a partir da equação (4), e por fim o t que é relativo ao tempo final (2020) e t_o como tempo inicial (2000). Cruzando os índices obtidos em propensão (IVs) e exposição (I_{va}) em uma matriz de risco/impacto (Quadro 3) foi possível classificar a vulnerabilidade socioambiental de cada setor censitário exposto aos riscos de desastres em Blumenau nos anos de 2000 e 2020.

As matrizes de impacto ou risco são técnicas bidimensionais que relacionam ações com fatores ambientais. Embora possam incorporar parâmetros de avaliação, são métodos basicamente de identificação. As matrizes podem ser simples ou complexas, dependendo da quantidade de informações com que se trabalha (IBAMA, 2001). A matriz de impacto ou risco pode apresentar uma grande deficiência por não considerar em sua análise aspectos temporais e leva em conta somente os impactos diretos do projeto (Fogliatti et al., 2004). Em contrapartida, de acordo Costa et al. (2005), o método, além de permitir fácil compreensão dos resultados, aborda a relação de variáveis biofísicas e sociais.

Quadro 3

Matriz de impacto ou de risco

		Exposição ao risco									
		0 - 0,099	0,100- 0,199	0,200- 0,299	0,300- 0,399	0,400- 0,499	0,500- 0,599	0,600- 0,699	0,700- 0,799	0,800- 0,899	0,900-1
Propensão ao risco	0,900 - 1	M	A	A	A	A	MA	MA	MA	MA	MA
	0,800- 0,899	M	M	A	A	A	A	MA	MA	MA	MA
	0,700- 0,799	M	M	M	A	A	A	A	MA	MA	MA
	0,600- 0,699	M	M	M	M	A	A	A	A	MA	MA
	0,500- 0,599	B	M	M	M	M	A	A	A	A	MA
	0,400- 0,499	B	B	M	M	M	M	A	A	A	A
	0,300- 0,399	B	B	B	M	M	M	M	A	A	A
	0,200- 0,299	B	B	B	B	M	M	M	M	A	A
	0,100- 0,199	B	B	B	B	B	M	M	M	M	A
	0 - 0,099	B	B	B	B	B	B	M	M	M	M

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Cutter (2011).

Dessa forma, a classificação da vulnerabilidade socioambiental, obtida de forma alfanumérica, foi relacionada ao mapa base e, assim, desenvolvendo os mapas de IVSA de Blumenau (2000 e 2020). No mapa, cada setor censitário do município recebeu uma classificação conforme o cruzamento dos índices: (quadro 3): **Branco – sem risco significativo**; **B – Baixa** – cor verde **M – Média** – cor amarela; **A – Alta** – cor laranja e; **MA – Muito Alta** – cor Vermelha². Este mapa pode contribuir tanto para a compreensão em relação à

² Ressalta-se que a classificação sem risco significativo não se subentende a ausência do risco, porém a probabilidade de um movimento de massa causar impactos sociais é rara.



geolocalização das populações mais expostas aos riscos socioambientais quanto para identificar nível de impacto dos eventos hidrometeorológicos extremos. Além disso, foi possível realizar análises das áreas mais críticas do município e projetar cenários.

Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental

Existem diversas formas de expor a intersecção da vulnerabilidade física com a social, sendo que a cartografia espacial é a mais vantajosa (Cutter; Mitchell; Scott; 2000; O'brien et al., 2004; Zahran et al., 2008; Cutter; 2011). O desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade socioambiental recorreu a tecnologias com base nos SIG, no caso o *software* Esri Arcmap 10.8©. Para a construção dos mapas base se utilizou os dados geoespaciais contendo a localização dos setores censitários do IBGE (2010). Este dado é imprescindível, haja vista que os dados censitários alfanuméricos apenas podem ser aplicados em mapeamentos por meio deste vetor. Os dados vetoriais das áreas de alta suscetibilidade ambiental³ e área urbana edificada foram obtidos no portal de mapas do IBGE (2000 e 2020) e os limites administrativos foram disponibilizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2019) por meio de CDs (*Compact Disk*). Por meio do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) Esri Arcgis 10.8© foi realizado o cruzamento espacial das áreas suscetíveis a movimentos de massa com a área urbana e os setores censitários do IBGE (2010), visando delimitar apenas as áreas ocupadas que podem ser afetadas pelo evento. Por fim, foi aplicado a classificação da vulnerabilidade socioambiental de forma alfanumérica (Excel) em cada setor censitário já delimitado por sua área de risco de desastres.

Classificação da vulnerabilidade socioambiental em Blumenau (SC)

A Figura 7 apresenta o mapa de vulnerabilidade socioambiental (IVSA) de Blumenau. Na pesquisa foram identificados 258 pontos de alto risco a movimentos de massa e inundações

³ Utilizou-se a classe de alta suscetibilidade a movimentos de massa por conta do período de retorno de 30 anos dos desastres na região. As classes médias e baixas visam períodos mais longos e apresentam muito baixa probabilidade de ocorrência.



cadastrados pela CPRM (2015). Por meio do mapa de IVSA se identificou 50 áreas de vulnerabilidade socioambiental baixa, a maioria localizada na porção central e Norte do município; 184 áreas de vulnerabilidade socioambiental média, em todos os bairros do município; e 19 áreas de vulnerabilidade socioambiental alta, principalmente, registradas nas zonas Sul e Norte do município. Para uma verificação mais aproximada, foram identificadas as áreas de alta vulnerabilidade socioambiental.

A Microrregião Garcia de Blumenau apresenta condições ambientais extremamente suscetíveis a inundações, enxurradas e deslizamentos de massa. Nos últimos anos, ocorreu um aumento do número de assentamentos irregulares localizados nas áreas periféricas, nas manchas classificadas como Vulnerabilidade Socioambiental Muito Alta, sendo elas as ruas Araranguá, Carlos Splitter, Arnaldo Zimmermann, Grevsmuehl entre outras. São ruas ocupadas por uma população de baixa condição socioeconômica e localizadas em áreas mais suscetíveis a deslizamentos de terra e enxurradas nas cabeceiras da drenagem. A maior parte das habitações ocupam as planícies de inundação com Média e Alta Vulnerabilidade Socioambiental.

Os bairros da Microrregião Centro apresentam, principalmente, uma Alta Exposição às inundações. No geral, os dados da microrregião apresentam um aumento da densidade populacional e do número de equipamentos e da infraestrutura urbana. Em menor recorrência, identifica-se ocupações em áreas suscetíveis a movimentos de massa. Nesse contexto, as comunidades que apresentam condição de Muito Alta Vulnerabilidade Socioambiental são o Morro da Pedreira e Pedro Krauss. Por ser o principal centro comercial e institucional do município, a área foi contemplada com infraestrutura, planejamento urbano, sistemas de prevenção e treinamento para população frente à iminência deste tipo de evento.

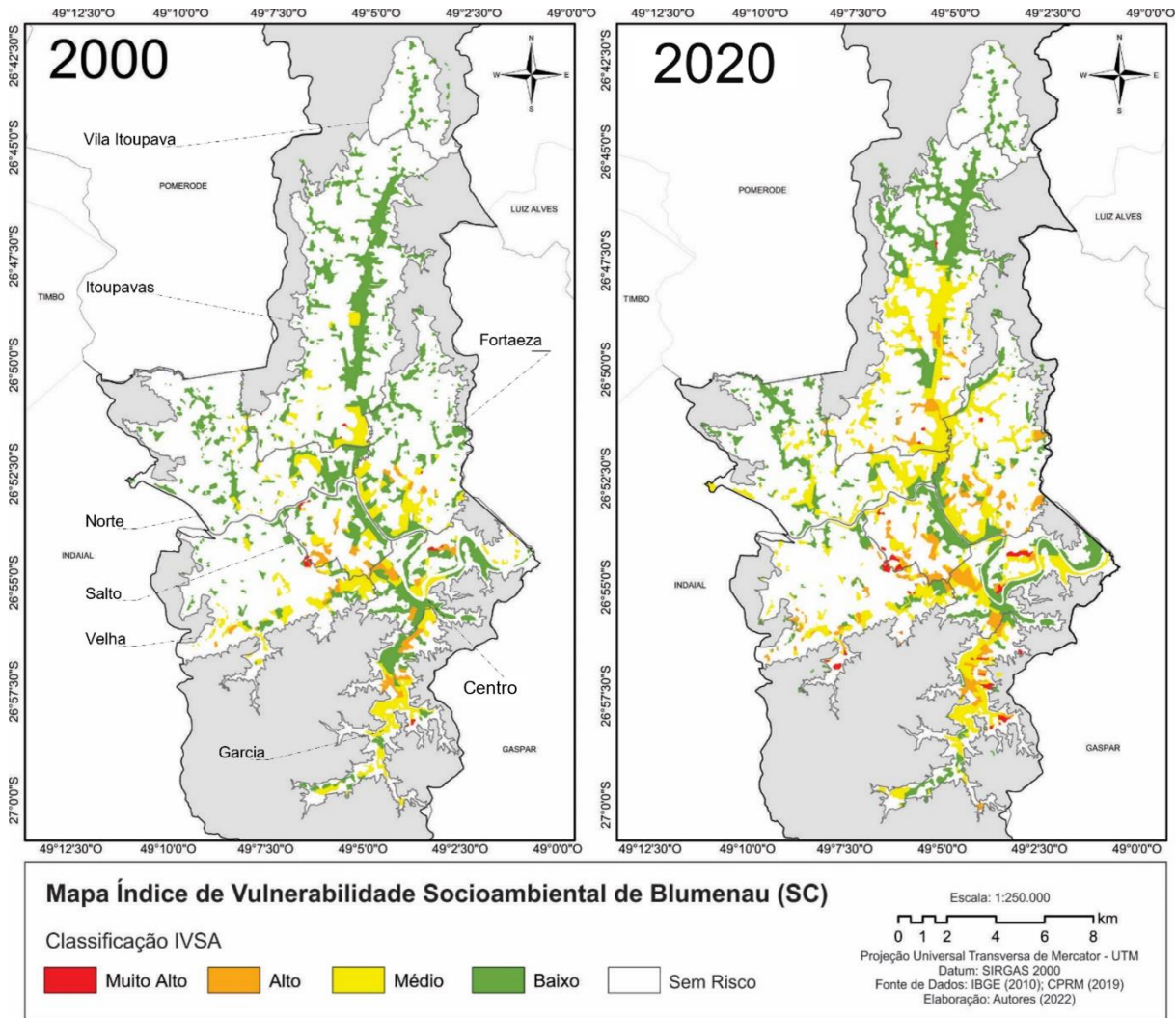
Os bairros das microrregiões da Velha e do Salto são classificados, em sua área urbana regularizada, como Baixa e Média Vulnerabilidade Socioambiental. Estas áreas podem sofrer, em menor frequência, com o impacto dos desastres. Apesar do nível socioeconômico da



população apresentar, em sua maioria, uma boa renda familiar, a adaptação às condições ambientais (residências, infraestrutura urbana e percepção do risco) é limitada e diminui a capacidade de suporte aos eventos climáticos extremos. As comunidades que apresentam Muito Alta Vulnerabilidade Socioambiental são: Coripós, Morro da Dona Edith, Morro da Figueira, Vila Bromberg, Vila Feliz e algumas áreas na Rua Bahia às margens do rio Itajaí-Açu. A Microrregião Norte apresentou um aumento populacional e, em paralelo, uma diminuição das condições socioeconômicas e de infraestrutura, porém a região apresenta muito baixa suscetibilidade ambiental.

Figura 7

Mapas IVSA de Blumenau (SC)



Fonte: Autores (2022).

A Microrregião Fortaleza se apresenta com muitos assentamentos em áreas suscetíveis a deslizamentos de massa e inundação. As áreas de Muito Alta Vulnerabilidade Socioambiental são: Toca da Onça, Nova Esperança e o Morro da Laguna. A Microrregião Itoupava, atualmente apresenta 52% de sua área classificada como média e 32% como Média Baixa Vulnerabilidade Socioambiental. A região é, em vários pontos, suscetível a inundações e escorregamentos de massa como a Rua Gustavo Zeck e a Vila União. A Microrregião da Vila



Itoupava apresenta boas condições socioeconômicas e de infraestrutura resultando em baixa vulnerabilidade socioambiental.

É possível afirmar que houve um dramático aumento da vulnerabilidade socioambiental em Blumenau entre os anos de 2000 e 2020. Esta dinâmica é reflexo do aumento da urbanização em áreas suscetíveis a inundações, enxurradas e deslizamentos de massa. O aumento desses assentamentos deve-se ao elevado preço do solo das áreas menos suscetíveis ambientalmente e, em paralelo, a um crescimento do desemprego e da precarização das condições socioeconômicas da população. Por fim, é possível afirmar que a população município de Blumenau está altamente vulnerável aos desastres socioambientais.

Considerações finais

A aplicação do IVSA ao caso de Blumenau revela a tendência de agravamento do problema dos desastres entre os anos de 2000 e 2020. Indica, por um lado, que a passagem do **Cenário B** para o **Cenário D** implica a progressiva diminuição da eficácia do padrão predominante de gestão dos desastres em Blumenau (concentrar proteção nas áreas centrais e generalizar risco para as áreas periféricas), e, por outro, que o principal vetor constitui a intensificação da dinâmica de urbanização (concentração das populações nas áreas de risco). O efeito combinado deste processo vai transformando a gestão do problema dos desastres mais necessária, porém, menos suficiente. É por isto que, apesar do crescente investimento em estratégias de previsão e reação, verifica-se o agravamento dos impactos. O estudo utilizou ferramentas e tecnologias geoespaciais para medir e cartografar a exposição ao risco (vulnerabilidade física) e dados censitários para a propensão das populações para os riscos (vulnerabilidade social) a fim de criar análises baseadas para Blumenau. A intersecção da vulnerabilidade física e social criou a paisagem dos riscos (*hazardscape*), que demonstrou que o município de Blumenau apresenta um cenário catastrófico.

O estudo combinado de exposição e vulnerabilidade é importante para a compreensão dos desastres, uma vez que essas duas dimensões são fundamentais para a análise da



capacidade de uma comunidade em enfrentar eventos adversos. Este estudo pode contribuir, teoricamente, para o desenvolvimento de pesquisas que enfoquem a proatividade em relação aos desastres e que não se limite apenas à resposta em situações de ação e reação. Além disso, existem poucos métodos que se propõem a quantificar a relação entre fatores socioeconômicos e ambientais no agravamento dos riscos de desastres socioambientais. O uso dos conceitos de Cutter (2011) parece ser uma abordagem melhor para o Brasil por causa de sua visão sobre vulnerabilidade social e exposição, que são fatores emergentes no país. Nesse contexto, este artigo contribui para os Estudos Urbanos com novos métodos de análise do risco de desastres considerando a expansão urbana em território suscetível a eventos climáticos e extremos, bem como a ampliação de vulnerabilidade social da população.

A contribuição prática deste estudo decorre do fato de que o mapeamento da vulnerabilidade socioambiental pode ser uma ferramenta importante para a gestão de riscos, pois permite identificar as áreas mais vulneráveis a desastres socioambientais e os grupos populacionais com maior potencial de impacto. Com base nessas informações, as autoridades podem implementar planos e ações preventivas e de mitigação mais eficazes. Assim, os recursos financeiros podem ser melhor aplicados nos locais e na população que mais precisa. Além disso, o mapeamento da vulnerabilidade socioambiental pode contribuir para a conscientização da população e das autoridades sobre a importância da gestão de riscos e da adoção de planos e ações preventivas. Também pode contribuir para o planejamento territorial e a tomada de decisões em diferentes locais. Poderia abranger assuntos como: construção de infraestrutura mais resiliente e desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes para proteger populações vulneráveis. Portanto, esse mapeamento da vulnerabilidade socioambiental pode ser uma ferramenta importante para a gestão do risco de desastres.

O método se baseia em ferramentas e tecnologias geoespaciais amplamente disponíveis. A abordagem multidisciplinar permite a adaptação do método para diferentes tipos de riscos e contextos socioeconômicos e ambientais. Além disso, a medição e a cartografia da





vulnerabilidade social e física podem ser adaptadas para diferentes escalas geográficas, desde comunidades locais até países e regiões inteiras. O uso de análises baseadas em locais e a intersecção da vulnerabilidade física e social também permite uma compreensão mais precisa e localizada das questões de risco e desastre, o que pode ser útil para o planejamento e a gestão de riscos e desastres em nível local. No entanto, é importante lembrar que a replicabilidade do método pode depender da disponibilidade de dados geoespaciais e socioeconômicos precisos e atualizados, bem como da capacidade de reunir e integrar informações de diferentes disciplinas. Estudos futuros contemplarão não apenas um município, mas também áreas da região do Vale do Itajaí, como a sub-bacia hidrográfica do rio Itajaí-mirim. Além disso, o estudo deve avançar na análise da percepção sobre o risco das populações expostas às inundações e deslizamentos de terra.

A principal limitação deste estudo é a base de dados do Censo 2010. Para contornar este problema, foi utilizado um método de projeção. O método de projeção leva em consideração o crescimento populacional de Itajaí entre os anos de 2000, 2010 para 2020. Mas pode levar a distorções, principalmente nos dados socioeconômicos, tendo em vista o provável aumento da vulnerabilidade social na paisagem de Blumenau. Ou seja, a vulnerabilidade que se reflete na paisagem da cidade pode ser aparentemente maior do que a apresentada pelos resultados deste artigo. Será possível cruzar informações e avaliar a eficácia do método aplicado apenas pelo novo Censo. No entanto, o uso de modelos de projeção tem se mostrado eficiente de acordo com Ayhan (2018), Daci (2016) e Miller (2006). Além disso, um estudo de campo observacional foi realizado para minimizar distorções graves da realidade socioespacial. Os modelos de equações de risco são outro fator a ser considerado para este estudo.

Em relação ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, que visa “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, o estudo destaca a importância da integração multidisciplinar das ciências sociais e naturais, bem como da engenharia e do planejamento urbano, o que pode promover a colaboração entre diferentes



setores e disciplinas na implementação de ações para alcançar este objetivo. Ao identificar os pontos críticos de vulnerabilidade nas cidades e nos assentamentos humanos, pode-se planejar e implementar estratégias para reduzir os riscos e aumentar a resiliência dessas áreas, garantindo que sejam inclusivas, seguras e sustentáveis. Por fim, a nível regional, o estudo se destaca suprimindo a necessidade de análises baseadas nos locais para lidar com questões de risco de desastres que afetam diretamente o desenvolvimento sustentável local.

Por fim, é necessário melhorar um modelo de governança do risco que fortaleça a resiliência local, não apenas para garantir a rápida reconstrução de áreas degradadas após uma crise, mas, também, para fortalecer a percepção da população sobre o risco, aumentando sua autonomia, garantindo condições para que elas possam responder de forma mais independente, minimizando as perdas de vida. Por fim, sugere-se: 1) melhorar a comunicação sobre o risco; 2) estimular a aprendizagem da população sobre sinais do risco no meio ambiente, bem como sistemas de alerta do governo; 3) fiscalizar/impedir novas ocupações em áreas de risco; 4) aumentar a capacidade de absorção dos impactos com a implementação de estruturas de segurança, que sejam adaptadas ao meio físico local; 5) criar uma rede comunitária de apoio em cada comunidade de risco; 6) proporcionar a educação sobre planejamento urbano e formas de construção que sejam seguras e sustentáveis; 7) realizar relocação de moradores, em casos extremamente necessários, de forma sustentável e socialmente justa; 8) fomentar a participação social na tomada de decisão, aumentando o pertencimento; 9) um plano habitacional que seja eficiente capaz mitigar a perpetuação do risco; e 10) universalizar o saneamento básico. Essas ações, combinadas às existentes, devem ser implementadas no sentido de mitigar a perpetuação dos riscos por meio do desenvolvimento de alternativas de ocupação mais sustentáveis e da aceitação de que determinadas áreas não devem ser ocupadas.

References

Albala-Bertrand, J. M. (1993). *The political economy of large natural disasters*. Oxford: Oxford





University Press.

Ayhan, H.O. (2018). Population Projection and Adjustment Methodologies for Household Sample Surveys: an Overview of Methodology. *Annal Biostat. & Biomed Appli.* 1(1).

Alexander, D. (1993). *Natural disasters*. New York: Chapman & Hall.

Avila, M. R. R., & Matedi, M. A. (2017). Desastre e território: a produção da vulnerabilidade a desastres na cidade de Blumenau/SC. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 2017.

Available at: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/Urbe/article/view/22089/21319>

Viewed on: January 21, 2023.

Bankoff, G; Frerks, G., & Hilhorst, D. *Mapping vulnerability: disasters, development & people*. London: Earthscan, 2007.

Burton, I; Kates, R. W., & White, G. (1993). *The environment as hazard*. New York: The Guilford Press.

Brasil (2017). Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Minimização de Desastres. *Resposta: gestão de desastres, decretação e reconhecimento federal e gestão de recursos federais em proteção em defesa civil para resposta*. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional.

CEMADEN - Centro de Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastre Naturais (2012).

Available at: <https://www.cemaden.gov.br/> Viewed on: July 11, 2022.

CEPED - Centros de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (2016). *Relatório dos Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais em Santa Catarina*. Available

at: <http://www.ceped.ufsc.br/relatorio-dos-danos-materiais-e-prejuizos-decorrentes-de-desastres-naturais-em-santa-catarina/> Viewed on: April 9, 2022.

Costa, M.V. et al. (2005). Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará. *XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, Anais*



INTERCON, Rio de Janeiro.

- CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2019). *Setorização de Riscos Geológicos de Santa Catarina*. Available at: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Setorizacao-de-Riscos-Geologicos---Santa-Catarina-4866.htm> Viewed on: November 9, 2022.
- Cutter, S. (2011). A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, 93(1), 59-70.
- Cutter, S, Mitchell, J., & Scott, M. (2000). Revealing the Vulnerability of People and Places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(4), 713-737. [10.1111/0004-5608.00219](https://doi.org/10.1111/0004-5608.00219)
- Daci, A. (2016). Mathematical models for population projection in Albania. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*.
- Guha-Sapir, D et al. (2013). The frequency and impact of natural disasters. In: Guha-Sapir, D & Santos, I. *The economics impacts of natural disasters*. Oxford: Oxford Press, 7-27.
- Fogliatti, M.C. et al. (2004). *Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Freitas, M.I.C. & Cunha, L. (2013) Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 5(1), 15-31.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2011). *Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, Cerrado e Pantanal. Demandas e propostas: metodologias de avaliação de impacto ambiental*. Brasília: IBAMA.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro, p.1-251.





- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000). *Censo demográfico de Santa Catarina de 1991-2000*. Available at:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/administracao-publica-e-participacao-politica/9663-censo-demografico-2000.html> Viewed on: November 11, 2022.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). *População em áreas de risco no Brasil*. Available at:
https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/6d4743b1a7387a2f8ede699273970d77.pdf Viewed on: July 30, 2021.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *População. Estimativas da População 2021*. Available at:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html> Viewed on: November 11, 2022.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2015). *Atlas da Vulnerabilidade Social nos municípios brasileiros*. Brasília: IPEA.
- IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#SPM>
Viewed on: August 30, 2022.
- IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (2018). Summary for Policymakers. In: *Global warming of 1.5°C*. World Meteorological Organization, Genebra, Suíça.
Available at: https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf Viewed on: August 2, 2022.
- Jansen, G.R. (2020). *Avaliação da governança da gestão de riscos de desastres: o caso da bacia hidrográfica do Rio Itajaí-SC*. Universidade Regional de Blumenau – FURB. Centro de Ciências Tecnológicas – CCT. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA. Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental.
- Jansen, G.R. et al. (2021). Estruturação organizacional-institucional dos municípios na



- governança da gestão de risco de desastres em bacias hidrográficas. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 18. <https://doi.org/10.21168/reg.a.v18e1>
- Kormann, T. C. (2014) *Ocupação de encostas no município de Blumenau - SC: Estudo da formação das áreas de risco a movimentos de massa*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Kormann, T. C.; Mattedi, M. A., & Robaina, L. E. de S. (2021). Distribuição espacial e temporal das ocorrências de movimentos de massa na cidade de Blumenau. *Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE)*, Anápolis, 17(33), 209-229. <https://doi.org/10.5418/ra2021.v17i33.11833>.
- Kuhlicke, C. et al. (2011). Contextualizing social vulnerability: findings from case studies across Europe. *Natural Hazards*, 58(2), 789-810.
- Ludwig, L., & Mattedi, M. A. (2016). Dos desastres do desenvolvimento, ao desenvolvimento dos desastres. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 39, 23-42.
- Malta, F. S., & Costa, E. M da. (2017). Índice de Vulnerabilidade Ambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. *Ciência Saúde Coletiva*, 22(12). <https://doi.org/10.1590/1413-812320172212.25032017>
- Mattedi, M. A. (2009). O desastre se tornou rotina. In: Frank, B.; Sevegnani, L. (Eds.). *Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política*. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí.
- Mattedi, M.A. (2017). Dilemas e perspectivas da abordagem sociológica dos desastres. *Tempo Social*, 29(3), 261-285.
- Mattedi, M. A. Ludwig, L., & Avila, M. R. R. (2018). *Desastre de 2008 no Vale do Itajaí + 10: água, gente e política*. Blumenau: Editora da FURB.
- Mattedi, M., & Butzke, I. C. (2001) A relação entre o natural e o social na abordagem dos desastres. *Ambiente & Sociedade*, 4(9),1-23.
- Mendes, J. M. et al. (2009). Vulnerabilidade social aos riscos naturais e tecnológicos em



- Portugal. In: SOARES, C. G. et al. (Org.). *Riscos industriais e emergentes*. Lisboa: Edições Salamandra, 2009.
- Miller, T. (2006). Demographic models for projections of social sector demand. In: CEPAL-Latin American and Caribbean Demographic Centre. *Población y Desarrollo*.
- Mora, C. et al. (2018). Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. *Nature Climate Change* (8),1062-1071.
- O'Brien, et al. (2004). Mapping Vulnerability to Multiple Stressors: Climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14,303-313.
- Prerry, R. W., & Quarentelli, E. L. (2005). *Quantis a disaster? New answers to old questions*. New York: XLibris Corporation.
- Phillips, B. D. L. et al. (2010). *Social vulnerability to disasters*. New York: CRC Press, 2010.
- PMB - Prefeitura Municipal de Blumenau (2013). *Decreto N° 10.117, de 19 de setembro de 2013. Substitui o Decreto N° 9853, de 19 de novembro de 2012*. Dispões sobre as áreas com restrição de uso e ocupação do solo.
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2010). *Relatório do Desenvolvimento Humano*. Available at: <http://unicrio.org.br/relatorio-do-desenvolvimento-humano-2010-analise-das-tendencias-de-40-anos-revela-que-as-nacoes-pobres-obtem-ganhos-de-desenvolvimento-com-maior-rapidez/> Viewed on: August 2, 2022.
- Reis, G. A., Ribeiro, A. J. A., & Silva, C. A. U. (2020). Diagnóstico de Vulnerabilidade Socioambiental em Áreas Urbanas Utilizando Inteligência Geográfica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13 (02): 767-781.
- Quarantelli, E. L. (1998). *What is a disaster? New perspectives on the questions*. London: Routledge.
- Santos, R. (2011). *O colapso da gestão de risco nas cidades brasileiras*. Recuperado de [http://www.ces.uc.pt/aigaion/ attachments/ O%20colapso_RubiaSantos.pdfdb48](http://www.ces.uc.pt/aigaion/attachments/O%20colapso_RubiaSantos.pdfdb48)



[caa5808111_94f7d79c252426b60d.pdf](#).

- Shaw, R. (2020). Thirty Years of Science, Technology, and Academia in Disaster Risk Reduction and Emerging Responsibilities. *International Journal Disaster Risk Science*, 11, 414-425
- Siebert, C. (2012). Resiliência urbana: planejando as cidades para conviver com fenômenos climáticos extremos. *Anais do VI ENAPPAS*. UFPA: Belém.
- Soriano, E. (2009). *Os desastres naturais, a cultura de segurança e a gestão de desastres no Brasil*. Available at: http://www.defesacivil.uff.br/defencil_5/Artigo_Anais_Eletronicos_Defencil_19.pdf Viewed on: September 11, 2022.
- Stallings, R. A. (2002). *Methods of disaster research*. New York: XLibris, 2002.
- Tierney, K (2020). *Disasters: a sociological approach*. London: Polity Press, 2020.
- Tobin, G. A., & Montz, B. E. (1997). *Natural hazards: explanation and integration*. New York: The Guilford Press.
- UFSC – Universidade Federal Santa Catarina (2016). *Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2014*. Florianópolis: CEPED UFSC.
- UNDRR - Escritório da Redução dos Riscos de Desastres (ONU) (2019). *O Custo Humano dos Desastres 2000-2019*. Available at: <https://www.undrr.org> Viewed on: September 13, 2022.
- UN/ISDR - Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (2017). *Como Construir Cidades Mais Resilientes Um Manual Para Líderes do Governo Local Uma Contribuição para a Campanha Mundial de 2010-2022*. Available at: https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/assets/toolkit/documents/Handbook%20or%20local%20government%20leaders%20%5B2017%20Edition%5D_PT_Jan2019.pdf Viewed on: September 13, 2022.
- WEF – World Economic Forum (2021). *The Global Risk Report. Davos: World Economic*



Forum. Available at: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2021>

Viewed on: September 17, 2022.

Wisner, B. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London:
Routledge.