

VULNERABILIDADE SOCIAL: uma metodologia de matriz de dados geográficos no município de Petrópolis, Rio de Janeiro

SOCIAL VULNERABILITY: a geographic data matrix methodology in the municipality of Petrópolis, Rio de Janeiro

*VULNERABILIDAD SOCIAL: la propuesta de una metodología de matriz de datos geográficos en el municipio de
Petrópolis, Río de Janeiro*

RESUMO

A expansão e intensificação do uso e ocupação da terra no Brasil, traz consigo consequências ambientais significativas e aumenta os riscos associados, como desastres relacionados a fenômenos climáticos extremos. Para lidar com essa problemática, a gestão de riscos se torna indispensável. Diante desse cenário, o presente estudo propõe um Índice de Vulnerabilidade Social que tem como objetivo identificar as populações vulneráveis e expostas aos riscos dos fenômenos naturais. Esse índice foi construído com base em variáveis sociais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e foi validado por meio de trabalho de campo no município de Petrópolis, com ênfase no primeiro distrito, no estado do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos revelaram diferenças significativas entre as populações classificadas em diferentes níveis de vulnerabilidade. Infelizmente, comunidades com alta vulnerabilidade, quando comparadas às de baixa vulnerabilidade, muitas vezes são negligenciadas e ficam invisíveis para o poder público. Isso ressalta a necessidade de uma abordagem mais abrangente e inclusiva na gestão de riscos.

Palavras-chave: Desastres. Exposição ao risco. Indicador social. Resiliência.

ABSTRACT

Land use and land cover expansion and intensification in Brazil, have significant environmental consequences and increase the associated hazards, including disasters related to extreme weather events. Hazard and risk management become indispensable to deal with this problem. This study proposes a Social Vulnerability Index aiming to identify vulnerable populations exposed to hazards associated with natural phenomena. This index was built based on social variables provided by the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) and was validated by fieldwork in the municipality of Petrópolis, with an emphasis on the first district, in the state of Rio de Janeiro. The results obtained revealed significant differences between populations classified at different vulnerability levels. Unfortunately, communities with high vulnerability, when compared to those with low vulnerability, are often overlooked by the government. This emphasizes the need for a more comprehensive and inclusive approach to risk management.

Keywords: Disasters. Risk exposure. Social indicator. Resilience.

RESUMEN

La expansión e intensificación del uso y ocupación de la tierra en Brasil tiene consecuencias ambientales significativas y aumenta los peligros asociados, incluyendo desastres relacionados con fenómenos climáticos extremos. La gestión de peligros y riesgos se vuelve indispensable para abordar este problema. Este estudio propone un Índice de Vulnerabilidad Social con el objetivo de identificar poblaciones vulnerables expuestas a peligros asociados con fenómenos naturales. Este índice fue construido con base en variables sociales proporcionadas por el Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) y fue validado a través de

 Raul Reis Amorim ^a
 Isabelle Salazar Vieira Alves ^b
 Ulises Rodrigo Magdalena ^c

^a Universidade Estadual de São Paulo (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

^b Universidade Estadual de São Paulo (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

^c Universidade Estadual de São Paulo (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2024.77950

Correspondência:

raulreis@unicamp.br

Recebido em: 17 ago. 2023

Revisado em: 19 mar. 2024

Aceito em: 01 ago. 2024



trabajo de campo en el municipio de Petrópolis, con énfasis en el primer distrito, en el estado de Rio de Janeiro. Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas entre las poblaciones clasificadas en diferentes niveles de vulnerabilidad. Desafortunadamente, las comunidades con alta vulnerabilidad, en comparación con aquellas con baja vulnerabilidad, son frecuentemente pasadas por alto por el gobierno. Esto enfatiza la necesidad de un enfoque más completo e inclusivo para la gestión de riesgos.

Palabras Clave: Desastres. Exposición a riesgos. Indicador social. Resiliencia.



INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem-se observado um aumento significativo tanto no número de ocorrências de desastres quanto em sua intensidade (DILLEY *et al.*, 2005; BRAUCH, 2005; CARDONA, 2005). No Brasil, durante os meses de outubro a março, é comum a ocorrência de desastres decorrentes de eventos de precipitação. Esses eventos, devido à sua rapidez e duração, resultam em populações feridas, desabrigadas, perda de vidas e danos econômicos (MARENGO, 2009).

Para lidar com os desastres, torna-se fundamental estabelecer um arcabouço teórico-metodológico que instrumentalize a gestão de riscos naturais. Neste trabalho, o conceito de vulnerabilidade social está relacionado aos impactos sociais e econômicos decorrentes dos desastres (TIMMERMAN, 1982; CUTTER, 1996; CUTTER, BORUFF e SHIRLEY, 2003; BARROS, CARVALHO e FRANCO, 2003). É essencial compreender que os efeitos de um fenômeno natural somente se configuram como desastres quando ocorrem em áreas habitadas ou ocupadas por atividades econômicas e/ou culturais. A manifestação da vulnerabilidade ocorre somente quando há exposição de pessoas, propriedades, sistemas e outros elementos em áreas propensas a perigos, resultando em potenciais danos para os indivíduos envolvidos (CUTTER, BORUFF e SHIRLEY, 2003; BARROS, CARVALHO e FRANCO, 2003; MIGUEZ, DI GREGÓRIO e VERÓL, 2018).

A definição de vulnerabilidade é de caráter polissêmico e possui diferentes parâmetros na proposição do conceito, pois não há uma linguagem científica uniforme para a utilização deste termo (JUPIASSU, 1976; WEICHSELGARTNER, 2001). Logo, confunde-se com o conceito de suscetibilidade que se refere à propensão física de uma área ou região a ser impactada por eventos adversos (BITAR, 2014).

Para a mensuração da vulnerabilidade social, existem diferentes metodologias a partir da seleção das variáveis sociais em função dos temas e objetivos específicos. Essas abordagens buscam avaliar os aspectos sociais e econômicos que tornam determinadas populações mais vulneráveis. No caso dos desastres, têm-se como base autores como Koks *et al.* (2015), Tapsell *et al.* (2002) e Cutter *et al.* (2006).

No Brasil, existem metodologias para mensurar a vulnerabilidade social em nível municipal. Essas abordagens buscam identificar e compreender os fatores e aspectos sociais que influenciam a vulnerabilidade das comunidades. O Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada (IPEA) possui um índice que pode ser aplicado para todas as instâncias e temáticas, feito através da divisão territorial de Unidades de Desenvolvimento Humano (COSTA e MARGUTI, 2015). Por sua vez, a Agência Nacional de Águas (2014) possui um índice voltado para as



inundações, no qual categoriza áreas suscetíveis a inundações considerando os danos causados, porém, não inclui diretamente aspectos sociais que influenciam na vulnerabilidade.

Existem também índices de vulnerabilidade, como o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social da Fundação SEADE – SP, que inicialmente foi concebido como um indicador de transferência de renda. No entanto, ao longo do tempo, este índice passou a ser amplamente utilizado por diferentes instituições governamentais e não governamentais como um instrumento de gestão, sem sofrer modificações em suas variáveis.

Assim, a mensuração da vulnerabilidade social envolve a consideração de aspectos sociais, econômicos e institucionais que influenciam a capacidade de resiliência de uma comunidade, fornecendo subsídios para o planejamento de medidas preventivas, de respostas adequadas e premissas objetivas.

A determinação de metodologias para identificar áreas vulneráveis socialmente é fundamental para subsidiar as políticas públicas. O desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade desempenha um papel crucial ao auxiliar nas tomadas de decisões por parte dos órgãos representativos e nos diagnósticos, sobretudo no tema aqui trabalhado, desastres. É essencial aprofundar os estudos sobre as diferentes formas pelas quais uma população pode ser atingida e identificar essas populações vulneráveis a fim de trabalhar de maneira mais eficiente na mitigação e prevenção dos riscos.

O presente artigo propõe um Índice de Vulnerabilidade Social, na escala de setor censitário, que, apesar de poder ser aplicado em diferentes áreas e temáticas, aqui possui a premissa de se trabalhar, na Geografia, a temática de riscos voltados para desastres. Para validar a metodologia, foi selecionado o município de Petrópolis, situado na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, com ênfase no primeiro distrito, conhecido por apresentar uma frequência significativa de ocorrências de desastres

MATERIAIS E MÉTODOS

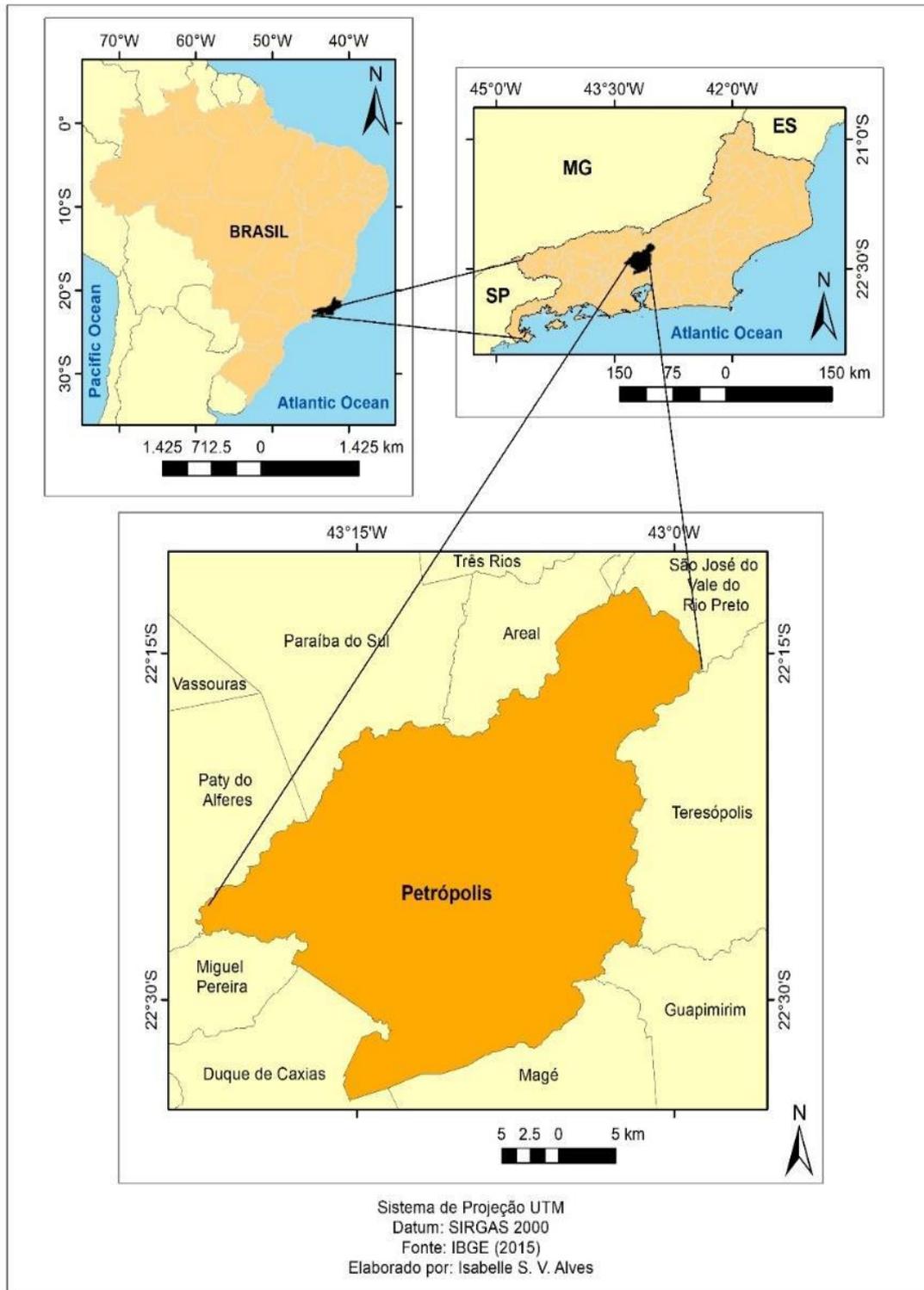
Área de Estudo

Petrópolis é um município situado no interior do estado do Rio de Janeiro, na Região Serrana (Figura 1), com cinco distritos e uma área total de aproximadamente 793 km², e uma população total de 278.881 habitantes em 2022, de acordo com o Censo Demográfico de 2022 (IBGE CIDADES, 2023). Por sua vez, o primeiro distrito concentra grande parte das áreas urbanas e a maioria dos habitantes (WINTER, 2016). É mais conhecido pelos



recorrentes desastres, como movimentos de massa e inundações, devido à rápida e desordenada expansão urbana, resultando na ocupação de áreas de risco (GUERRA *et al.*, 2007).

Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Petrópolis



Fonte: autores.



Segundo Alves, Manz e Amorim (2022), a região de Petrópolis apresenta relevo acidentado, caracterizado por vales encaixados, escarpas com alta declividade e solos mais instáveis e suscetíveis a movimentos de massa. Essas áreas estão expostas a chuvas intensas devido à influência da massa Tropical Atlântica e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Além disso, a altimetria contribui para a turbulência do ar, aumentando a frequência das chuvas ao longo do ano.

O município enfrenta dois problemas significativos relacionados às dinâmicas naturais intensas: os movimentos de massa e as inundações devido ao esgotamento da área central, especialmente as áreas de fundo de vale que sofreram retificação dos canais e total ocupação pelos habitantes. Esses problemas estão frequentemente associados a eventos de chuvas torrenciais, com altos volumes de precipitação em curtos períodos de tempo, a exemplo do evento de precipitação de 15/02/2022 (ALVES, MANZ e AMORIM, 2022).

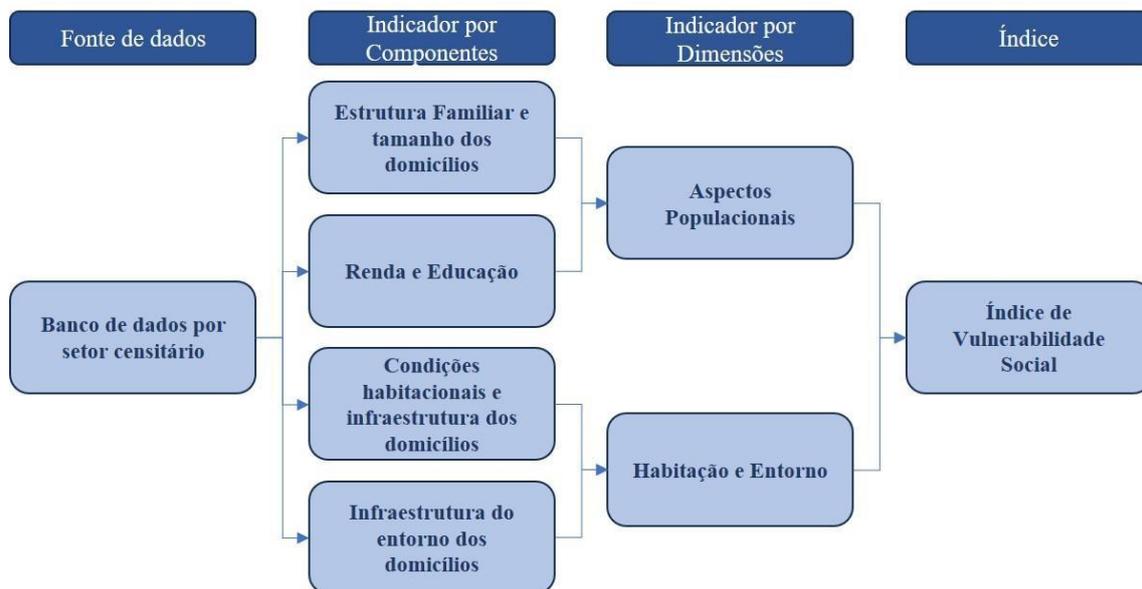
Os movimentos de massa em Petrópolis são influenciados por fatores como as características das encostas, o relevo e o regime de águas superficiais, bem como pelo uso e ocupação desordenados da terra. A ocupação irregular nas margens dos rios e nas encostas, juntamente com a ocupação de áreas instáveis e ilegais sem fiscalização adequada, são elementos que contribuem para a ocorrência de desastres (ALVES, MANZ e AMORIM, 2022).

Procedimentos para Metodologia do Índice de Vulnerabilidade Social

A concretização da metodologia de vulnerabilidade social aplicada a desastres, a partir da determinação de um indicador multidimensional, envolve o agrupamento de variáveis selecionadas a partir do Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>, em dimensões, componentes e variáveis.

As dimensões "Aspectos Populacionais" e "Habitação e Entorno" estão separadas, cada uma delas dividida em dois componentes (Figura 2).

Figura 2 – Síntese do Índice de Vulnerabilidade Social



Fonte: autores.

Esses componentes, por sua vez, englobam variáveis que foram selecionadas a partir de dez planilhas de dados por setor censitário¹. Para a determinação mais precisa do índice, foram utilizadas técnicas estatísticas, análise espacial e fatorial para a menor área de representação espacial do território nacional: setor censitário.

Aspectos Populacionais

A dimensão Aspectos Populacionais está intrinsecamente ligada à representação das características que definem a vulnerabilidade das famílias brasileiras expostas a riscos. Ela abrange variáveis-chave, como gênero, escolaridade, renda e faixa etária, separadas em componentes: “Estrutura Familiar e Tamanho dos Domicílios” e “Renda e Educação”, conforme a Tabela 1.

Ao considerar essas características, é possível compreender melhor a dinâmica das famílias expostas a desastres, direcionando estratégias de gestão de riscos e políticas públicas adequadas, pois esses fatores têm impacto negativo na vulnerabilidade social. Isso contribui para a redução da vulnerabilidade e o fortalecimento da resiliência dessas famílias diante de eventos naturais adversos.

¹ Domicílio01, Domicílio02, DomicílioRenda, Entorno03, Entorno04, Pessoa01, Pessoa13, Responsável01, Responsável02 e ResponsávelRenda.



Tabela 1 – Variáveis que compõem a dimensão “Aspectos Populacionais” no Índice de Vulnerabilidade Social para os setores censitários

Dimensão	
Componentes	Variável
Estrutura Familiar e Tamanho dos Domicílios	Proporção de criança 0 – 12 anos
	Proporção de idosos 60 anos e mais
	Proporção de idosos Responsáveis
	Proporção de mulheres responsáveis
	Proporção de responsáveis em idade ativa
	Proporção de domicílios com > 4 moradores
Renda e Educação	Proporção de pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal até 1 salário mínimo
	Proporção de pessoas responsáveis do sexo feminino sem rendimento nominal mensal
	Proporção de domicílios sem renda
	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita até 1/4 salário mínimo
	Proporção de crianças e adolescentes alfabetizados
	Proporção de alfabetizados em idade ativa
	Proporção de mulheres alfabetizadas responsáveis

Fonte: autores.

Dentro dessa dimensão, é fundamental considerar as dinâmicas de renda, pois elas estão diretamente proporcionais ao tamanho do domicílio. Além disso, o número de dependentes exerce influência significativa na vulnerabilidade social, havendo um aumento esperado dessa vulnerabilidade com o aumento do número de dependentes na mesma residência (CUTTER, BORUFF e SHIRLEY, 2003). Dessa forma, investigar a renda da população é importante pois ela revela a capacidade em aspectos financeiros de resistir e lidar com situações de desastres e perigos naturais.

O gênero também desempenha um papel importante, pois influencia na distribuição de papéis, empregabilidade e responsabilidades entre homens e mulheres, além de contribuir para as desigualdades e desafios enfrentados por cada grupo. Cutter, Boruff e Shirley, (2003) destacam que as mulheres enfrentam maior dificuldade na recuperação de desastres devido a salários mais baixos e responsabilidades familiares.

A educação e a faixa etária estão relacionadas às questões de gênero e renda. A escolaridade reflete o acesso à educação, o que impacta a empregabilidade, a distribuição de salários entre homens e mulheres e as responsabilidades domésticas. Frequentemente, as mulheres são obrigadas a interromper os seus estudos para cuidar de suas famílias. Além disso, muitas famílias são chefiadas por mães solo.

O acesso à educação e o nível de conhecimento adquiridos são fatores que influenciam nos ganhos ao longo da vida, enquanto baixos níveis de escolaridades podem dificultar a assimilação de sistemas de alerta, o acesso a informações e de recuperação a desastres (CUTTER, BORUFF e SHIRLEY, 2003).



Por fim, a faixa etária dos membros das famílias também desempenha um papel crucial, pois diferentes grupos etários podem apresentar necessidades e vulnerabilidades distintas diante dos riscos. Barros, Carvalho e Franco (2003) justificam que a presença de crianças e idosos aumentam a vulnerabilidade das famílias uma vez que são necessários maiores os custos para a manutenção das necessidades básicas, condições de segurança, alimentação adequada e atendimento médico a esses indivíduos.

Habitação e Entorno

A dimensão Habitação e Entorno é formada por duas componentes: “Condições Habitacionais e Infraestrutura dos Domicílios” e “Infraestrutura do Entorno dos Domicílios”. A Tabela 2 detalha as variáveis, sendo que para o primeiro, adotou-se as mesmas variáveis para os setores urbanos e rurais. Por sua vez, o segundo, houve diferenciação na seleção: seis para os setores urbanos e duas para os setores rurais². Isso porque áreas rurais podem não ter acesso a condições básicas como o acesso a iluminação pública, pavimentação, bueiros e outros.

Tabela 2 – Variáveis que compõem a dimensão Habitação e Entorno do Índice de Vulnerabilidade Social para setores censitários

Dimensão	
Componente	Variável
Condições habitacionais e Infraestrutura dos domicílios	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes sem abastecimento de água da rede geral
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário que não tem rede geral de esgoto ou pluvial
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes com energia elétrica
	Proporção de moradores em domicílios não próprios
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes não adequadas
Infraestrutura do entorno dos domicílios	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes – Não Existe iluminação pública
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes – Não Existe pavimentação
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes – Não Existe bueiro / boca-de-lobo
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes – Não Existe arborização
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes – Não Existe rampa para cadeirante
	Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes sem lixo coletado

Fonte: autores.

² Para os setores censitários rurais, foram consideradas apenas duas variáveis: Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes – Não Existe arborização; e Proporção de moradores em domicílios particulares permanentes sem lixo coletado.



As condições habitacionais desempenham um papel crucial na qualidade de vida de uma família, pois estão diretamente ligadas às condições de saúde (BARROS, CARVALHO e FRANCO, 2003). Um ambiente habitacional inadequado, com falta de saneamento básico, infraestrutura precária e exposição a riscos, pode ter impactos negativos na saúde física e mental dos moradores.

Por outro lado, um ambiente habitacional seguro, com acesso a serviços básicos de saúde, ventilação adequada e saneamento básico, contribui para uma melhor qualidade de vida e bem-estar. É essencial considerar as condições habitacionais ao analisar a vulnerabilidade social e desenvolver estratégias de gestão de riscos e políticas públicas voltadas para a melhoria das condições de vida das famílias. Além disso, a situação de infraestrutura em locais de moradias inadequadas, pode desencadear riscos como contaminação do meio físico e até mesmo serem potencializadores para a deflagração de movimentos de massa e inundações (DAVIS, 2006).

Por esse motivo variáveis sobre a presença ou não de infraestrutura foram adotados, como o abastecimento de água, esgotamento sanitário e presença de bocas de lobo, as quais são indícios de obras de drenagem para o direcionamento do escoamento superficial de águas pluviais.

A existência de infraestrutura como pavimentação, iluminação pública e energia elétrica também garantem a população subsídios para resistir a perigos naturais além de propiciar melhores condições para o enfrentamento quando ocorrerem desastres. A acessibilidade está diretamente relacionada ao grau de ordenamento da ocupação realizada em área suscetível a fenômenos naturais. Dessa forma, a observação dessas variáveis incita boas condições de resistência a vulnerabilidade (BLAIKIE *et. al.*, 2014).

Em conclusão, a presença de arborização e a coleta do lixo estão relacionadas a fatores sociais, de saúde pública e condições ambientais de suscetibilidade. A existência de áreas verdes, representada pela presença de arborização, pode implicar em zonas permeáveis que ajudam a reduzir o escoamento superficial da água e atrasar a ocorrência de inundações nos canais de drenagem. Por outro lado, a coleta adequada do lixo está ligada à sua destinação correta, evitando que seja descartado no ambiente e contribuindo para a prevenção de inundações e a contaminação do solo e da água. Esses aspectos têm um impacto direto no bem-estar da população local (DAVIS, 2006).



Representação da Vulnerabilidade Social

Após estabelecer as dimensões, componentes e variáveis relevantes, procedeu-se à realização de uma análise espacial para compilar, processar e transformar as variáveis em um Índice de Vulnerabilidade Social. Esse processo foi conduzido com o auxílio da estatística fatorial, que permitiu identificar os padrões subjacentes aos dados, e utilizou os setores censitários como unidades de referência para projeção dos resultados.

Posteriormente, procedeu-se ao cálculo da proporção das variáveis para cada setor, o que permitiu realizar uma pré-avaliação localizada da vulnerabilidade social. Esse procedimento de normalização dos dados garante que todas as variáveis sejam consideradas em uma mesma escala, variando entre 0 e 1. Essa normalização é essencial, uma vez que não é possível correlacionar dados absolutos que expressam diferentes aspectos, como gênero e renda, sem que sejam colocados em uma proporção comparável. Entretanto, foram necessários mais procedimentos para se chegar à elaboração do Índice de Vulnerabilidade Social, uma vez que os dados não estão categorizados.

Nesse contexto, utilizou-se a estatística fatorial devido às proporções das variáveis estarem concentradas entre 0 e 1. Para evitar a remoção de variações aleatórias e considerar tendências nos resultados, optou-se por não utilizar medidas de posição, como a média aritmética.

Em vez disso, a análise dos dados foi feita por meio dos quartis, que dividem a amostra em intervalos regulares. O primeiro quartil corresponde ao 25º percentil e o terceiro quartil corresponde ao 75º percentil. Esses percentis são valores que dividem a distribuição, permitindo identificar as classes de indicadores "baixa", "média" e "alta" com base nos valores dos quartis. A demonstração do cálculo da posição dos quartis pode ser expressa considerando (Equação 1):

$$P = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\} | \eta \in^{+*}$$

Equação 1

Assim, pode-se calcular a posição do primeiro e terceiro quartis de acordo com as Equações 2 e 3, do qual o tratamento depende do tamanho do banco de dados.

$$Q_1 = \frac{n+1}{4}$$

Equação 2

$$Q_3 = \frac{3(n+1)}{4}$$

Equação 3



Na sequência, cada variável foi analisada dentro do seu conjunto por área de análise, utilizando o método dos quartis. Esse método divide o conjunto de dados em quatro partes: 1 a 25, 26 a 50, 51 a 75 e 76 a 100. Em seguida, os dados foram divididos em três classes: baixa (= 1 a 25), média (= 26 a 75) e alta (= 76 a 100).

Caso os quartis Q_1 ou Q_3 não sejam números inteiros, é necessário realizar uma interpolação para determinar seus valores precisos. Isso envolve calcular o avanço proporcional entre a posição sugerida e o próximo número (ROGERSON, 2012). Desta forma, para Q_i não-inteiro com valor decimal igual a 0.25, temos (Equação 4):

$$Q_i = \left[\frac{(P_{n+1} - P_n)}{4} \right] + P_n$$

Equação 4

Para Q_i não-inteiro com valor decimal igual a 0.5, temos (Equação 5):

$$Q_i = \left[\frac{(P_{n+1} - P_n)}{2} \right] + P_n$$

Equação 5

Para Q_i não-inteiro com valor decimal igual a 0.75, temos (Equação 6):

$$Q_i = \left[\frac{3(P_{n+1} - P_n)}{4} \right] + P_n$$

Equação 6

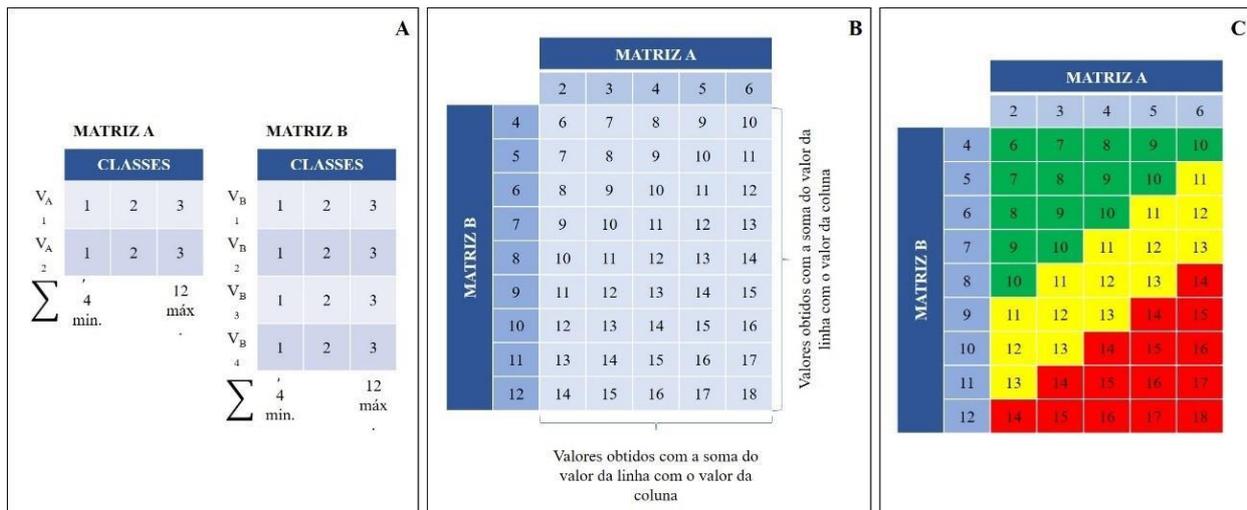
O intervalo interquartil é utilizado para classificar os dados com base em sua ocorrência real, permitindo uma divisão harmoniosa em três classes (baixa = 1, média = 2 e alta = 3), relacionadas às dimensões, “Aspectos Populacionais” e “Habitação e Entorno”. Essas classes são obtidas através da soma e reclassificação dos resultados prévios por meio da *Matriz de Dados Geográfico* proposta por Berry (1964) para a espacialização do Índice de Vulnerabilidade Social.

Ao realizar a soma das matrizes de resultados, novos valores surgem, os quais precisam ser reclassificados. Por exemplo, a soma de uma matriz 2x4 tende a apresentar 12 valores diferentes, variando de 6 (valor mínimo) a 18 (valor máximo). Para categorizar esses resultados em três classes, utiliza-se os intervalos do interquartil.



Os valores de 6 a 10 são classificados como 1 (baixa), os valores de 11 a 13 como 2 (média) e os valores de 14 a 18 como 3 (alta) (Figura 3).

Figura 3 – A – Possíveis valores obtidos por cada variável, considerando a categorização por classes (1 – classe baixa; 2 – classe média; e 3 – classe alta); B – Soma das matrizes de diferentes componentes, indicando valores mínimos e máximos obtidos por cada classe; C - Distribuição das classes da matriz, após reclassificação, sendo verde (classe 1 – baixa), amarelo (classe 2 – média) e vermelho (classe 3 – alta)



Fonte: elaboração própria.

Para identificação dos intervalos de classificação, utilizou-se um conjunto de equações conforme apresentado na Tabela 3. Esse procedimento é repetido para todos os componentes e dimensões ao longo do processo de soma das variáveis que os compõem para alcançar o Índice de Vulnerabilidade Social. O conjunto de equações utilizado permite a classificação harmônica dos dados em três intervalos: baixa (1), média (2) e alta (3), proporcionando uma análise criteriosa e abrangente de cada elemento que contribui para o índice final.



Tabela 3 – Equações para a categorização dos valores obtidos na soma de matrizes.

Etapas	Equações	Exemplo
A - Determinação do número de variáveis na matriz geográfica	$N = x_{máx} - x_{min}$	$N = 18 - 6$ $N = 12$
B - Determinação do número de variáveis que irão compor as classes extremas (baixa e alta)	$i = \frac{N}{C}$	$i = \frac{12}{3}$ $i = 4$
C - Determinação dos intervalos constituintes de cada classe na matriz geográfica	Classe Baixa:	
	$L_B = x_{min} + i$	$L_B = 6 + 4$ $L_B = 10$
	$C_B = x_{min} \uparrow L_B$	$C_B = 4 \uparrow 10$
	Classe Média:	
	$L_{M(min)} = L_B + 1$	$L_{M(min)} = 10 + 1$ $L_{M(min)} = 11$
	$L_{M(max)} = L_A - 1$	$L_{M(max)} = 14 - 1$ $L_{M(max)} = 13$
	$C_M = (L_{M(min)} \uparrow L_{M(max)})$	$C_M = (11 \uparrow 13)$
	Classe Alta:	
	$L_A = x_{max} - i$	$L_A = 18 - 4$ $L_A = 14$
$C_A = L_A \uparrow x_{max}$	$C_A = 14 \uparrow 18$	
Legenda		
N = número de variáveis x_{max} = maior variável determinada na matriz geográfica x_{min} = menor variável determinada na matriz geográfica i = número de variáveis que irão compor as classes extremas da matriz geográfica C = número de classes L_B = Limite superior da classe baixa	L_A = Limite inferior da alta $L_{M(min)}$ = Limite mínimo da classe média $L_{M(max)}$ = Limite máximo da classe média C_B = Intervalo de variáveis que compõem a classe baixa C_M = Intervalo de variáveis que compõem a classe média C_A = Intervalo de variáveis que compõem a classe alta	

Elaboração: os autores



Trabalho de Campo

A metodologia foi validada através da coleta de dados em 12 localidades representativas de diferentes níveis de vulnerabilidade social. Isso garantiu a precisão e confiabilidade do Índice de Vulnerabilidade Social.

O trabalho de campo ocorreu em duas etapas: a primeira nos dias 26 e 27 de março de 2022, cerca de 39 dias após o desastre que resultou em 242 mortes em 15 de fevereiro de 2022. A segunda etapa foi realizada de 16 a 19 de março de 2023, um ano após o desastre. Essa abordagem temporal permitiu a validação do indicador desenvolvido pelos autores, observando as condições sociais e do entorno das áreas afetadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A vulnerabilidade social refere-se à fragilidade na qual certos grupos ou indivíduos se encontram em uma sociedade devido a desigualdades estruturais e condições desfavoráveis. Embora não possa ser diretamente associada à pobreza, indivíduos pertencentes a classes sociais mais baixas sofrem mais as consequências de desastres devido ao seu acesso limitado à renda, frequentemente resultante de baixos salários, e à concentração de seu patrimônio em uma residência (BLAIKIE *et al.*, 1994).

O indicador de vulnerabilidade social permite compreender áreas geográficas ou grupos populacionais vulneráveis, especialmente em situações de desastre, ao observar sua capacidade de resposta e resiliência na recuperação. Isso serve de base complementar para o desenvolvimento de estratégias de intervenção e políticas públicas direcionadas.

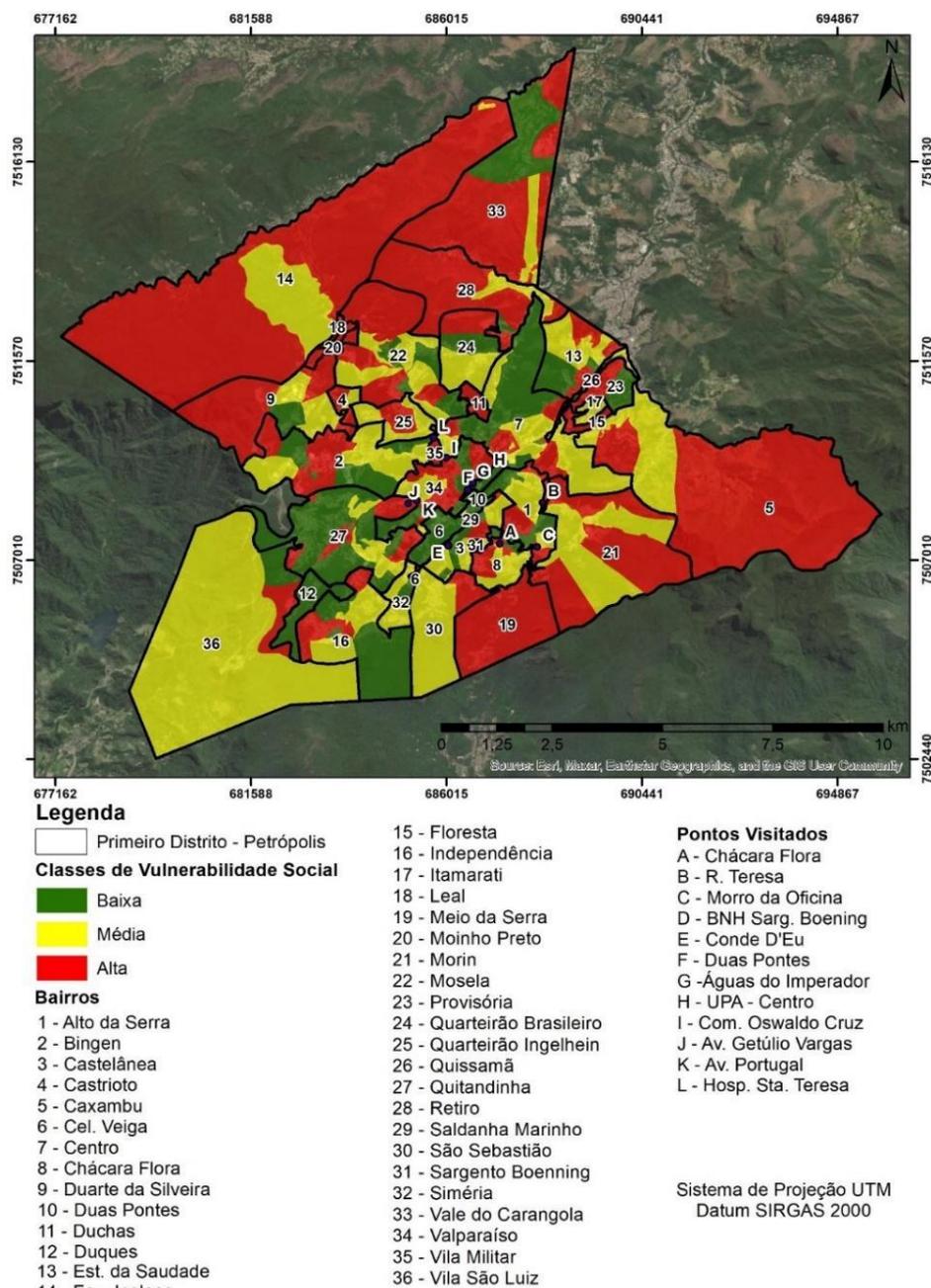
A análise desse indicador revela sua eficácia em fornecer dados sociais relevantes para avaliação e planejamento, abrangendo medidas de proteção, prevenção, mitigação e resposta. Ao contrário da suscetibilidade ambiental, que se refere à propensão de uma área ser afetada por fenômenos naturais (BITAR, 2014; LOURENÇO e AMARO, 2018; GIRÃO, RABELO e ZANELLA, 2018; MIGUEZ, DI GREGÓRIO e VERÓL, 2018), a vulnerabilidade social considera fatores socioeconômicos e demográficos que influenciam a capacidade das comunidades em enfrentar e se recuperar de eventos adversos. Assim, áreas socialmente vulneráveis não necessariamente são suscetíveis a desastres.

A projeção dos resultados (Figura 4), juntamente com os limites dos bairros ocorreu pois, estes, são unidades de planejamento e prevenção de desastres no município. Apesar dos diferentes níveis de vulnerabilidade social nos bairros, a distribuição dos setores censitários mascara e generaliza elementos e infraestruturas



urbanas e sociais. Isso destaca o paradigma da escala geográfica, uma vez que os setores censitários, embora sejam a menor área de análise, não englobam todas as dinâmicas do território para refletir a realidade de forma mais precisa (FERREIRA, 2017).

Figura 4 - A Distribuição da Vulnerabilidade Social em relação a bairros do Primeiro Distrito de Petrópolis



Fonte: autores.

Ao incluir as delimitações dos bairros na representação cartográfica, estabeleceu-se uma conexão direta entre as áreas analisadas e os respectivos bairros correspondentes. A exemplo, os bairros do Centro e Quitandinha



(Figura 4) são caracterizados predominantemente por uma baixa vulnerabilidade social, por causa da presença de pontos turísticos, eventos, exposições culturais e serviços essenciais. Consequentemente, esses bairros possuem infraestruturas mais robustas e uma população com maior poder aquisitivo, devido à localização valorizada da área e à especulação imobiliária. Então, devido à sua baixa vulnerabilidade social, esses bairros possuem uma capacidade rápida de resposta e resiliência diante dos desastres.

Por outro lado, os bairros como Chácara Flora e Alto da Serra (Figura 4), apresentam predominância de média e alta vulnerabilidade social. Em decorrência das características sociais, demográficas e de infraestruturas urbanas, quando atingidos por desastres, não possuem uma rápida capacidade de resposta e resiliência. No entanto, ao considerar essas características, percebe-se que no mapa (Figura 4), alguns bairros podem possuir setores censitários com baixa vulnerabilidade social. Isso se explica pela presença de condomínios residenciais que possuem setores censitários específicos com características adversas da população e do entorno.

Logo, é evidente que a resiliência a desastres está associada a vulnerabilidade social e vice-versa (KLEIN, NICHOLLS e THOMALLA 2003; CUTTER *et al.* 2008; BURTON, 2015). Porém, essa particularidade está conectada ao paradigma da escala geográfica (FERREIRA, 2017), que pode ser superada em trabalho de campo, permitindo a validação da metodologia proposta neste artigo e uma análise mais detalhada da vulnerabilidade social relacionada a desastres no município.

Trabalho de Campo

Pensando na lógica da relação existente entre vulnerabilidade e resiliência, visitou-se pontos estratégicos para identificar a vulnerabilidade social, como os bairros do Centro, Chácara Flora, Alto da Serra e outros (Tabela 4 e Figura 4). Embora o indicador de vulnerabilidade social se baseie em dados do censo de 2010, argumenta-se que a escala de tempo desses dados ainda é capaz de fornecer uma representação significativa da vulnerabilidade da população devido às contradições das relações socioeconômicas e políticas que seccionam a evolução da infraestrutura territorial e desenvolvimento social.

Tabela 4 – Classificação da Vulnerabilidade Social, segundo os pontos do Trabalho de Campo

	Nome	Classe de Vulnerabilidade Social
A	Chácara Flora	Alta
B	R. Teresa	Média
C	Morro da Oficina	Alta
D	BNH Sargento Boenning	Baixa
E	Conde D’Eu	Baixa
F	Duas Pontes	Baixa
G	Águas do Imperador	Baixa
H	UPA – Centro	Baixa
I	Comunidade Oswaldo Cruz	Alta
J	Av. Getúlio Vargas	Alta
K	Av. Portugal	Média
L	Hosp. Sta. Teresa	Baixa

Fonte: autores.

Em outras palavras, em áreas caracterizadas por alta vulnerabilidade, é perceptível a falta de mudanças significativas no intervalo entre anos ou mesmo quando se compara entre desastres. Essa constância é evidente nas Figuras 5 e 6. Isso indica a persistência dos fatores que contribuem para a vulnerabilidade nessas regiões.

Figura 5 – Chácara Flora, 39 dias após o desastre de 15 de fevereiro de 2022 (26/03/2022). A) Residências destruídas e penduras em barranco; B) Residências destruídas próximas ao Centro de Educação Infantil Deise Elói Gomes; C) Residência atingida no sopé da vertente



Fonte: autores.

Figura 6 – Chácara Flora, 01 ano após o desastre de 15 de fevereiro de 2022 (18/02/2023). A) Residências destruídas e penduras em barranco; B) Residências destruídas próximas ao Centro de Educação Infantil Deise Elói Gomes; C) Residência atingida no sopé da vertente



Fonte: autores.

Ao analisar a Figura 5, é possível observar o impacto do desastre no Chácara Flora em março de 2022, em que a capacidade de resposta emergencial e assistencialismo é praticamente nulo, do qual apenas houve a remoção de terra e escombros da via principal para que os moradores tivessem acesso ao transporte público. Após um ano, observou-se que não houve alterações significativas na paisagem, exceto a construção de um muro. Essa medida pode ter sido tomada para evitar assaltos, uma vez que muitas casas foram alvo de invasões após o desastre (Figura 6³).

A relação entre vulnerabilidade social e resiliência, que comprova o índice, também pode ser observada em outros bairros do município, como no caso do Morro da Oficina, que apresenta alta vulnerabilidade. É importante ressaltar que essa localidade foi severamente afetada pelo desastre ocorrido em 15 de fevereiro de 2022, resultando em 242 mortes, sendo 93 delas na comunidade (DE SOUZA, 2022). Diferentemente do Chácara Flora, a visita à comunidade ocorreu apenas um ano após o desastre, levando em consideração o

³ As letras apresentadas na Figura 4, representam as mesmas letras presentes na Figura 3.

respeito aos moradores e a sensibilidade da situação. Portanto, na primeira etapa do trabalho de campo, a visualização foi realizada a distância (Figura 7).

Figura 7 – Morro da Oficina, 39 dias após o desastre do dia 15 de fevereiro de 2022: reconhecimento a distância (26/03/2022)



Fonte: autores.

Apesar das dificuldades de acesso à comunidade, é possível observar claramente a extensão dos danos causados pelo desastre. A paisagem apresenta estruturas danificadas, escombros e evidências de movimentos de massa. Ao retornar à localidade um ano depois, em 18 de março de 2023, fica evidente que a comunidade confirma a relação existente entre vulnerabilidade e resiliência. Infelizmente, foi e é visível a falta de ações por parte das autoridades responsáveis, uma vez que as ruas não estão sendo limpas (Figura 8 – A e B) e nenhuma medida de contenção e reconstrução foi implementada, tendo em vista que ainda há materiais soltos a montante da encosta (Figura 8 – C e D) e pessoas vivendo expostas ao risco (Figura 8 – E e F).

Essas imagens evidenciam a urgência de intervenções efetivas por parte das autoridades responsáveis, com o objetivo de garantir o atendimento das necessidades básicas da população afetada e promover a reconstrução e resiliência da comunidade. Torna-se imprescindível a implementação de políticas públicas de apoio, investimentos em infraestrutura e assistência social para reverter a situação de abandono e vulnerabilidade enfrentada pelos moradores expostos ao risco.

Figura 8 – Morro da Oficina um ano após o desastre do dia 15 de fevereiro de 2022 (18/03/2023): A e B) Ruas abandonadas, sem limpeza e reconstrução; C e D) Materiais sem obras de retenção a montante da encosta; E e F) Habitações ocupadas ainda por moradores



Fonte: autores.

Por outro lado, em localidades de baixa vulnerabilidade, como as áreas ao longo da rua Washington Luiz, localizadas na região central do município, observou-se um tempo de resposta emergencial de um mês para o mesmo desastre ocorrido nas localidades citadas anteriormente. Na Figura 9 – A e B, é possível notar que as autoridades isolaram a área atingida e, no ano seguinte, na Figura 9 – C e D, a reconstrução dessas áreas já estava concluída.

Figura 9 – R. Washington Luiz: A e B) 39 dias após o desastre do dia 15 de fevereiro de 2022 (26/03/2022); C e D) um ano após o desastre (18/03/2023)



Fonte: autores.

Esses exemplos confirmam as disparidades existentes entre áreas de alta e baixa vulnerabilidade, evidenciando a desigualdade socioespacial e a forma como diferentes comunidades são afetadas por desastres. Enquanto as localidades de alta vulnerabilidade enfrentam a negligência das autoridades, falta de infraestrutura adequada e dificuldades para reconstrução, as áreas de baixa vulnerabilidade recebem uma resposta mais rápida e eficiente, com a restauração das condições normais em um curto período de tempo.

Portanto, o Mapa de Vulnerabilidade Social do Primeiro Distrito de Petrópolis, construído com base na metodologia do índice, oferece uma representação visual e clara das áreas mais vulneráveis. Sendo que o trabalho de campo tende a fortalecer a metodologia e a confiabilidade do índice.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo estabeleceu um Índice de Vulnerabilidade Social na escala de setor censitário. Embora, os dados sociais sejam limitados por serem de 2010, os mesmos, conseguiram representar a dinâmica do território, do qual poderiam ser mais detalhados com a atualização dos setores censitários como vetores espaciais e dados sociais. Como alternativa, o trabalho de campo foi uma ação de validação temporal associado a abordagem de resiliência e capacidade de resposta da população exposta ao risco, validando, assim, a metodologia deste trabalho.

Além dessa questão, outra limitação imposta ao desenvolvimento do índice está associada à aplicação dos conceitos que envolvem a vulnerabilidade social. Com o intuito de evitar subjetividades, elaborou-se uma nota de observação dos conceitos no final do artigo. Ademais, a manipulação dos dados para a elaboração do índice e a estatística fatorial associada são outras limitações, uma vez que exigem do usuário conhecimentos prévios de análise espacial e/ou de programação. A critério de replicação e difundir o índice, foi estabelecido um repositório de dados *online* gratuito <<https://data.mendeley.com/datasets/j85dj6p4z8/draft?a=ea76ba3f-15d3-400d-a6cb-d42bdbc5f8dc>> , onde é possível obter os dados e resultados utilizados.

Ademais, fica evidente que o Índice de Vulnerabilidade Social desenvolvido pelos autores, é cabível de utilização em todo o território nacional, tendo em vista a sua base de dados e disponibilidade com acesso aberto.

Por fim, foi observado que localidades e populações em alta vulnerabilidade estão sofrendo com a falta de assistência das autoridades governamentais, privadas de direitos básicos como moradia, alimentação, saúde e água. Essas áreas estão sendo negligenciadas e suas necessidades estão sendo ignoradas, resultando em uma situação de abandono e invisibilidade.

Portanto, este estudo ressalta a necessidade de atenção e ação por parte das autoridades para enfrentar a vulnerabilidade social em áreas afetadas por desastres. É fundamental adotar políticas e medidas adequadas para atender às necessidades das populações vulneráveis, garantindo o acesso a direitos básicos e promovendo a resiliência das comunidades. A continuidade da pesquisa nessa área, com a atualização dos dados e a inclusão de informações recentes, será essencial para aprimorar as estratégias de mitigação de riscos e melhorar a qualidade de vida das populações afetadas pela vulnerabilidade social.

**NOTA**

Desastre é o termo utilizado para descrever os efeitos negativos decorrentes de eventos de risco que afetam uma sociedade ou uma região específica. Esse conceito se assemelha ao conceito de catástrofe em Portugal, conforme mencionado por Lourenço e Amaro (2018). Os desastres são caracterizados por fenômenos naturais que, ao atingir uma população, resultam em danos significativos, como apontado por Fontes (1998).

Risco é um termo que se refere a qualquer processo, seja ele natural ou induzido, que represente uma ameaça para uma determinada área ou população, conforme citado por Fontes (1998) e Keller e Blodget (2004). No entanto, é fundamental ressaltar que o risco é construído ao longo da história devido às ações humanas, conforme destacado por Braga, Oliveira e Givisiez (2006).

Vulnerabilidade é entendida como o potencial de perda de um grupo social ou elemento em uma determinada área, diante da possibilidade de serem afetados por um fenômeno natural (CUTTER, 1996). Essa perspectiva ressalta a importância de considerar não apenas as características do fenômeno em si, mas também as condições sociais, econômicas e ambientais que influenciam a capacidade de uma comunidade lidar com os impactos desse fenômeno. A vulnerabilidade pode variar de acordo com fatores como acesso a recursos, infraestrutura adequada, nível socioeconômico, capacidade de resposta e resiliência.

Suscetibilidade representa a predisposição de um local à ocorrência de determinado fenômeno, como apontado pelo Bitar (2014), Lourenço e Amaro (2018), Girão, Rabelo e Zanella (2018) e Miguez, Di Gregório e Veról (2018). Em outras palavras, ela se refere à propensão ou sensibilidade de uma área em relação à manifestação de um evento específico, levando em consideração fatores geológicos e ambientais.

Resiliência é um conceito que envolve a capacidade de resistência, adaptação, absorção e recuperação diante de um desastre, visando retornar ao estado de normalidade, conforme mencionado por Cardona (2004) e Bitar (2014).

Exposição ao risco refere-se à situação em que a população e seus bens estão sujeitos à ocorrência de um fenômeno perigoso, como destacado por Alves (2006), Braga, Oliveira e Givisiez (2006), Licco (2013) e Lourenço e Amaro (2018). Nesse contexto, as pessoas e as infraestruturas estão expostas aos efeitos adversos de eventos naturais ou induzidos, como deslizamentos de terra, inundações, incêndios, entre outros.



AGRADECIMENTOS

A metodologia proposta foi desenvolvida com o financiamento das seguintes agências de fomento: (1) Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processos n°. 2016/00007-3; 2018-09401-1; 2018/22907-1; 2019/24229-3; 2021/10343-9; 2022-01202-5; 2022/03080-4; (2) Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo n°. 401048/2016-0; e (3) Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processos n°. 88887.705094/2022-00 e 88881.705095/2022-01.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun., 2006.
- ALVES, I. S. V.; MANZ, J.; AMORIM, R. R. Análise Geossistêmica Aplicada ao Estudo dos Riscos: o caso dos movimentos gravitacionais no município de Petrópolis-RJ: Geosystem Analysis Applied to the Study of Risks: the case of gravity movements in the municipality of Petrópolis-RJ. *Espaço em revista*, v. 24, n. 1, p. 423-452, 2022.
- BARROS, R.; CARVALHO, M.; FRANCO, S. **O Índice de Desenvolvimento Familiar (IDF)**. Brasília: IPEA, 2003.
- BARROS, M. B. A.; CESAR, C. L. G.; CARANDINA, L.; TORRE, G. D. Desigualdades sociais na prevalência de doenças crônicas no Brasil, PNAD-2003. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*. v. 11, n. 4, p. 911-926, set., 2006.
- BERRY, B. J. L. L. Approaches to Regional Analysis: A Synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*, 1964. v. 54, p. 2-11.
- BITAR, O. Y. (coord.) **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1: 25.000: nota técnica explicativa**. São Paulo: IPT; Brasília: CPRM, 2014.
- BLAIKIE, P.M.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. **At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 1 ed. London: Routledg, 1994.
- BRAGA, T. M.; DE OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais (ABEP), 15, 2006, Caxambu-MG. *Anais [...]*. Caxambu-MG, ABEP, 2006. p. 1-17.
- BRAUCH, H. G. **Threats, challenges, vulnerabilities and risks in environmental and human security**. SOURCE 'Studies of the University: Research, Counsel, Education', Publication Series of UNU-EHS, Bonn, Germany, n. 1, p. 16, 2005.
- BURTON, C. G. A Validation of Metrics for Community Resilience to Natural Hazards and Disasters Using the Recovery from Hurricane Katrina as a Case Study. *Annals of the Association of American Geographers*. v. 105, n. 1, p. 67-86, 2014.
- CARDONA, O. D. **Indicators of Disaster Risk and Risk Management**. Instituto de Estudios Ambientales – IDEA & Inter-American Development Bank – IDB. Universidad Nacional de Colombia. Manizales – Colombia, p. 18-23. 2005.
- CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, Greg *et al.* (Ed.). **Mapping vulnerability: disasters, development, and people**. London, Routledge, 2004. 235p. p.37-51
- COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros. Brasília: IPEA, 2015.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.



- CUTTER, S.L.; BORUFF, B.J.; SHIRLEY, W.L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. **Social Science Quarterly**, v.84, n.2, p. 243-261, 2003.
- CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T.; MITCHELL, J. T.; BORUFF, B. J.; GALL, M.; SCHMIDTLEIN, M. C.; BURTON, C. G.; MELTON, G. The long road home: Race, class, and recovery from Hurricane Katrina. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 48, n. 2, p. 8-20, 2006.
- CUTTER, S. L.; BARNES, L.; BERRY, M.; BURTON, C.; EVANS, E.; TATE, E.; WEBB, J. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, 18, n.4, p. 598-606, 2008.
- DAVIS, M. **Planeta Favela**. Tradução de Beatriz Medina – São Paulo: Boitempo, 2006.
- DE SOUZA, R. N. Casal que morreu em novo deslizamento no Morro da Oficina foi avisado que deveria deixar a casa, mas só tirou os netos. **O Globo – Rio**, 2022. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/rio/casal-que-morreu-em-novo-deslizamento-no-morro-da-oficina-foi-avisado-que-deveria-deixar-casa-mas-so-tirou-os-netos-25441923>>. Acesso em: 06 de mai. 2023.
- DILLEY, M. R. S.; CHEN, B.; DEICHMANN, U.; LERNER-LAM, A.; ARNOLD, M. **Natural disaster hotspots: a global riskanalysis**. Washington, D. C., World Bank Publications, n. 5, p. 17, 2005.
- FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. 1. Ed. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2017.
- FONTES, B. A. S. M. Assentamentos populares urbanos e meio ambiente. **Dados (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 41, n.1, p. 115-147, 1998.
- GIRÃO, Í. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 71-83, 2018.
- GUERRA, A. J. T.; GONÇALVES, L. F. H.; LOPES, P. B. M. Evolução histórico-geográfica da ocupação desordenada e movimentos de massa no município de Petrópolis, nas últimas décadas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, pp. 35-43, 2007.
- IBGE CIDADES. **Petrópolis**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rj/pepolis/panorama>>. Acesso em: 10 out. 2022.
- JAPIASSU, H. J. **Interdisciplinaridade e Patologia do Saber**. Rio de Janeiro: Imago Editora LTDA, 1976.
- KELLER, E. A. BLODGET, R. H. Inundaciones. In: KELLER, E. A. BLODGET, R. H. **Riesgos naturales: Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes**. Pearson Educación, S. A. Madrid, 2004. pp. 108-147.
- KLEIN, R. JT.; NICHOLLS, R. J.; THOMALLA, F. Resilience to natural hazards: How useful is this concept?. **Global environmental change part B: environmental hazards**, v. 5, n. 1, p. 35-45, 2003.
- KOKS, E. E., JONGMAN, B., HUSBY, T. G., & BOTZEN, W. J. Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. **Environmental science & policy**, v. 47, 2015. p. 42-52.
- LICCO, E. A. Vulnerabilidade social e desastres naturais: uma análise preliminar sobre Petrópolis, Rio de Janeiro. **InterfacEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 8, n. 1, 2013. p. 25-41.
- LOURENÇO, L.; AMARO, A. **Riscos e Crises: da teoria à plena manifestação**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2018.
- MARENGO J. A. Chapter 7, Reginal Climate, d-South America-Box: Intense rainfall and floods claim at least 120 lives in Southern Brazil, 1) Tropical South America East of the Andes, In, State of Climate 2008. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 90, p. S136, 2009.
- MIGUEZ, M. G.; DI GREGÓRIO, L. T.; VERÓL, A. P. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- ROGERSON, P. A. **Métodos estatísticos para geografia: um guia para o estudante**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2012.



TAPSELL, S. M.; PENNING-ROUSELL, E.C.; TUNSTALL, S.M.; WILSON, T. L. Vulnerability to flooding: health and social dimensions. **Philosophical transactions of the royal society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 360, n. 1796, p. 1511-1525, 2002.

TIMMERMAN, P. **Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society**. Toronto: Institute of Environmental Studies, University of Toronto, Toronto. 1981.

WEICHELGARTNER, J. Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, v. 10, n. 2, 85-94p. 2001.

WINTER, J. M. C. F. **Caderno Pedagógico: Material integrado de História, Geografia, Turismo e Educação para o Trânsito de Petrópolis. Ensino Fundamental 7o**. Secretaria de Educação, Prefeitura de Petrópolis, Petrópolis, 2016.