

## VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ALERTA PRECOCE DE DESASTRES: UMA ANÁLISE ESPACIAL E MULTIVARIADA DO ENGAJAMENTO PÚBLICO EM CURITIBA (PARANÁ, BRASIL)

**Murilo Noli da Fonseca**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, Curitiba, Paraná  
[murilonoli@gmail.com](mailto:murilonoli@gmail.com)

**Luciene Pimentel da Silva**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, Curitiba, Paraná  
[pimentel.luciene@pucpr.br](mailto:pimentel.luciene@pucpr.br)

### RESUMO

Esta pesquisa investiga a relação entre a vulnerabilidade socioambiental e o número de celulares cadastrados voluntariamente no Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil para recebimento de alertas de desastres por SMS em Curitiba, Brasil. Foram utilizadas técnicas de análise multivariada e estatística espacial em um Sistema de Informações Geográficas para identificar padrões de cadastramento em diferentes contextos socioambientais. A espacialização dos dados, realizada no ArcGIS Pro, revelou que os cadastros estão concentrados em áreas periféricas mais vulneráveis, mas, proporcionalmente, são mais frequentes em regiões centrais menos expostas a riscos. Análises de autocorrelação e agrupamento (k-means) indicam que variáveis socioeconômicas, como saneamento, renda e escolaridade, influenciam negativamente o número de cadastros, sugerindo barreiras estruturais ao acesso à informação sobre riscos. Além disso, a população idosa se destaca como um grupo mais propenso ao cadastramento. Os resultados evidenciam desigualdades na difusão de alertas e reforçam a necessidade de estratégias inclusivas para ampliar a resiliência das populações mais vulneráveis, especialmente diante dos impactos das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Comunicação de Risco. Preparação. Resiliência. Mudanças Climáticas.

### SOCIOENVIRONMENTAL VULNERABILITY AND DISASTER EARLY WARNING: A SPATIAL AND MULTIVARIATE ANALYSIS OF PUBLIC ENGAGEMENT IN CURITIBA (PARANA, BRAZIL)

### ABSTRACT

This study investigates the relationship between socioenvironmental vulnerability and the number of mobile phones voluntarily registered in the National System of Protection and Civil Defense to receive disaster alerts via SMS in Curitiba, Brazil. Multivariate analysis and spatial statistics techniques were applied using a Geographic Information System to identify registration patterns across different socioenvironmental contexts. Spatial data distribution, performed using ArcGIS Pro, revealed that while registrations are concentrated in more vulnerable peripheral areas, they are proportionally more frequent in central regions that are less exposed to risks. Autocorrelation and clustering (k-means) analyses indicate that socioeconomic variables, such as sanitation, income, and education, negatively influence the number of registrations, suggesting structural barriers to accessing risk information. Furthermore, the elderly population stands out as more likely to register for alerts. The findings highlight inequalities in the dissemination of early warnings and emphasize the need for inclusive strategies to enhance the resilience of vulnerable populations, especially in face of climate change impacts.

**Keywords:** Risk Communication. Preparation. Resilience. Climate Change.

### INTRODUÇÃO

A intensificação da urbanização desordenada nas últimas décadas, pautada principalmente pela ausência de planejamento e controle de uso e ocupação do solo, tem gerado cada vez mais riscos socioambientais e eventos danosos à sociedade. Esses riscos afetam desproporcionalmente os grupos mais pobres e vulneráveis, os quais comumente residem em assentamentos informais e favelas (Satterthwaite et al., 2020;

Hilhorst; Bankoff, 2022). Especificamente nessas áreas, os moradores têm mais chances de morrer do que a população equivalente em áreas mais ricas (Silva; Kawasaki, 2020). Em outras palavras, os desastres são deflagrados por eventos naturais e por condições socialmente construídas, sendo vivenciados de forma distinta por diferentes indivíduos e grupos, o que gera múltiplas interpretações sobre os processos e os eventos. Tais impactos são agravados pelos efeitos decorrentes das mudanças climáticas (Padulano et al., 2021; IPCC, 2023), os quais potencializam a intensidade e a probabilidade de ocorrência de desastres.

A redução dos impactos de eventos adversos e desastres torna-se possível com a implementação de sistemas de monitoramento e alerta de eventos adversos e desastres, associados a planos de contingência, capacitação e treinamento. As Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) exercem um papel central nesse processo (Pappenberger et al., 2015; González et al., 2016; Bricker et al., 2017), pois permitem reduzir a intensidade, a frequência e a severidade dos desastres, promovendo a construção de comunidades resilientes. A emissão de avisos e alertas para os dispositivos móveis da população, por exemplo, possibilita que as autoridades atuem de forma rápida. Vários países, tanto desenvolvidos quanto em desenvolvimento, implantaram um sistema de alerta baseado em dispositivos móveis (Douvinet, 2020). Na América Latina – uma região marcada pela segregação socioespacial -, países como Argentina e Colômbia empregam serviços de *Cell Broadcast* e de *Short Message Service* (SMS) para alertas de desastres (5G Americas, 2018). No Brasil, especificamente, o serviço de envio de alertas por SMS foi implantado em 2017, sendo operacionalizado pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad), que envia avisos de eventos adversos e alertas geo-hidrológicos para os dispositivos móveis das pessoas que cadastrarem o Código de Endereçamento Postal (CEP) do(s) local(is) sobre os quais desejam receber mensagens.

No entanto, pesquisas têm evidenciado várias limitações dos sistemas de alerta de eventos adversos e desastres baseados em dispositivos móveis quanto à sua capacidade de possibilitar uma preparação adequada e efetiva entre diferentes grupos populacionais (Cools et al; 2016; Lumbroso, 2018; Chan; Man; Lam, 2019; Fonseca; Garcias; Silva; 2023) e reduzir o risco de desastres. No evento ocorrido em fevereiro de 2023 no Litoral Norte de São Paulo, por exemplo, foram registrados mais de 600 mm de chuva em 24 horas – intensidade nunca registrada no país desde o início dos registros no século XX. Os moradores não receberam alertas em tempo hábil, tampouco houve orientação para evacuação, mesmo diante do risco iminente de deslizamentos e inundações (G1, 2023). As mensagens divulgadas pela imprensa, pelas redes sociais e por SMS não transmitiram adequadamente a gravidade da situação. No desastre ocorrido no Rio Grande do Sul em 2024, apenas 1,83% das mensagens de alerta foram consideradas completas (Fonseca et al., 2024).

Internacionalmente, pesquisas avaliaram o potencial dos sistemas de alerta de desastres baseado em dispositivos móveis (Parker; Jackson, 2015; Gonzales et al., 2016; Sid, 2019; Bopp; Douvinet, 2020). No entanto, até o desenvolvimento deste artigo, nenhum trabalho havia avaliado a efetividade desse recurso e a sua relação com a vulnerabilidade socioambiental no Brasil. Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar o grau de relação entre a vulnerabilidade socioambiental e o número de telefones celulares voluntariamente cadastrados pelos cidadãos no Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINDPEC) para receber alertas de eventos adversos e desastres por SMS. Para isso, utilizaram-se técnicas de análise multivariada e estatística espacial em um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O recorte espacial da pesquisa foi o município de Curitiba, capital do Estado do Paraná, situado na região sul do Brasil. A cidade integra o *C40 Cities Finance Facility* (CFF) e do *International Council for Local Environmental Initiatives* (ICLEI). Entretanto, ainda que reconhecida internacionalmente como uma cidade planejada, ecológica e modelo de planejamento urbano, Curitiba evidencia cenários significativos de risco associados a episódios pluviais extremos, os quais permearam a evolução da cidade (Mendonça, 2016; Curitiba, 2020ab). As inundações, por exemplo, são recorrentes no município e tendem a se intensificar em cenários de mudanças climáticas (Curitiba, 2020a, 2020b).

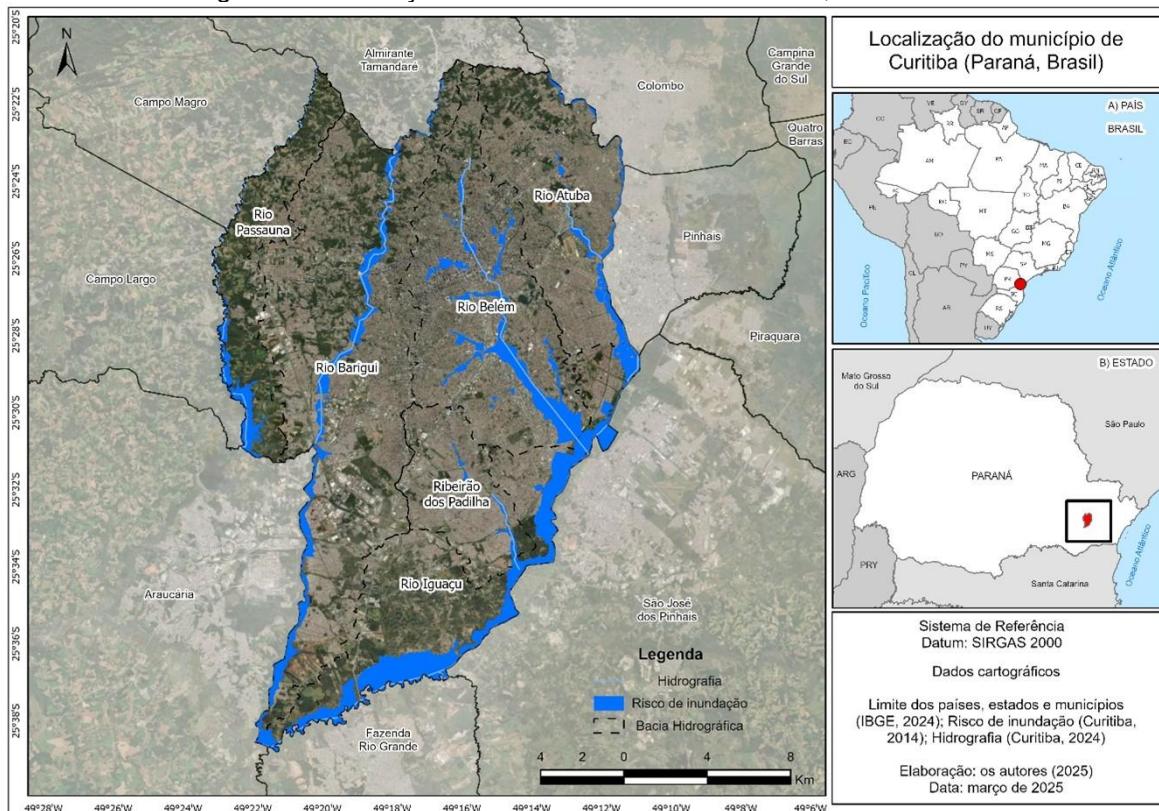
## METODOLOGIA

A pesquisa envolveu a aplicação de técnicas estatísticas, sobretudo a análise multivariada e análise espacial em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). A análise espacial foi aplicada para compreender as relações entre as condições de populações em situações de vulnerabilidade socioambiental e expostas a ameaças de desastres deflagrados por eventos hidrometeorológicos em Curitiba, bem como o número de celulares cadastrados, no mesmo município, por cidadãos para o recebimento de tais alertas de eventos hidrometeorológicos emitidos pelo Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC).

### Caracterização da área de estudo

O município de Curitiba, capital do Paraná e polo da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), localiza-se na região Sul do Brasil (Figura 1). Possui área total de 435,495 km<sup>2</sup> e população de 1.773.718 habitantes (IBGE, 2022). A problemática socioambiental está envolvida de múltiplas maneiras com os impactos derivados do seu processo de urbanização. As inundações permeiam a construção da cidade e tendem a se agravar diante do processo rápido e desordenado de urbanização, que resultou na ocupação de áreas com fragilidade ambiental e destituídas de infraestrutura básica (Mendonça et al., 2016).

Figura 1 - Localização de Curitiba no Estado do Paraná, Sul do Brasil



Elaboração: os autores (2023).

Estima-se que 45 bairros (60%) apresentem trechos em planícies de inundações e 60 (80%) em áreas com tempo de retorno de 50 anos (SNC-Lavalin, 2012), abrigando 21,7% da população residente. Os bairros situados nas fronteiras entre Curitiba e os municípios de Pinhais e São José dos Pinhais possuem forte correlação entre áreas inundáveis e a presença de assentamentos informais (Mendonça et al.; 2016; Curitiba, 2020).

### Espacialização dos celulares cadastrados

A distribuição espacial dos celulares cadastrados para receber alertas via SMS, entre setembro de 2017 e julho de 2022, foi realizada no software ArcGIS Pro 2.8. Os dados foram disponibilizados pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), por meio da Lei de Acesso à Informação. Em seguida, os celulares cadastrados e ativos foram espacializados com base no código postal informado pelos usuários. O processo de conversão de CEP em endereço foi realizado na plataforma *Google Colab*, com o uso da *Application Programming Interface* (API) do serviço VIACEP, que permite a conversão de CEP em endereços. Em seguida, os endereços foram geocodificados para uso no ArcGIS. Esse procedimento possibilitou a identificação das áreas com celulares cadastrados, bem como a estimativa do total de pessoas aptas a receber um alerta.

### **Caracterização das vulnerabilidades**

Os dados analisados foram classificados em três categorias: (1) alerta – variável dependente, (2) social e (3) moradia – variáveis independentes (Quadro 1). Com exceção da primeira, as demais foram usadas para a caracterização da vulnerabilidade socioambiental (Rufat et al., 2015; Hummel, 2016; Hacon et al., 2018; Alvalá et al., 2019).

Quadro 1 - Variáveis empregadas na pesquisa

Categoria	Variável dependente				
	Variável	Abreviação	Descrição	Unidade	Fonte
Alerta	Celular	Celular	Número de pessoas cadastradas para receber alerta de eventos adversos	Total	ANATEL (2022)
Categoria	Variável independente				
	Variável	Abreviação	Descrição	Unidade	Fonte
Moradia	Saneamento Básico	Saneamento	Domicílios particulares permanentes sem abastecimento de água da rede pública	Razão (total de domicílios)	IBGE (2010)
			Domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo		
			Domicílios particulares permanentes sem esgotamento sanitário		
	Condições de Ocupação	Cond_Ocupa	Domicílios particulares permanentes que não são próprios		
	Renda	Renda1SM	Domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1 salário-mínimo		
Social	Crianças	Crianças	Número de pessoas entre 0 e 5 anos	Razão (total de moradores)	
	Idosos	Idosos	Número de pessoas acima de 60 anos		
	Alfabetização Mulheres	Mulher_Analfa6a14	Número de mulheres entre 6 e 14 anos		
		Mulher_Analfa>60	Número de mulheres acima de 60 anos sem alfabetização		
	Alfabetização Homens	Homem_Analfa6a14	Número de homens com entre 6 e 14 anos		
		Homem_Analfa>60	Número de homens acima de 60 anos sem alfabetização		

Elaboração: os autores (2023).

A segmentação da população foi baseada no fato de que os alertas e as mensagens podem ser gerados conforme a faixa etária dos indivíduos. Crianças e idosos, por exemplo, são considerados grupos populacionais mais vulneráveis à ocorrência de eventos adversos devido a fatores como limitações

físicas, maior dependência de auxílio em situações de evacuação e maior suscetibilidade a impactos na saúde (Tascón-González et al., 2020; Kantamaneni et al., 2022). Para este estudo, foram consideradas como crianças aquelas com menos de 5 anos de idade (Lei nº 12.796 de 2013). A faixa etária entre 6 e 14 anos foi adotada como limite para relacionar a idade com a alfabetização. Adicionalmente, a população com 60 anos ou mais foi considerada como idosa (Lei nº 10.741 de 2003).

Os dados foram organizados em uma planilha Excel. O conjunto analisado foi formado por uma matriz cujas linhas correspondem aos setores censitários existentes em Curitiba em 2010 ( $n = 2.395$ ), e cujas colunas contêm as variáveis que caracterizam cada setor ( $n = 10$ ).

### **Estatística básica e análise multivariada**

A análise multivariada buscou verificar quais variáveis socioambientais podem exercer influência sobre o número de pessoas que cadastraram o celular para receber alertas de eventos adversos. O procedimento envolveu a determinação da matriz de autocorrelação e a aplicação de análise de *cluster*, realizada no *software* Statistica, por meio de dendrograma e *k-means* (MATHYS et al., 2023). O dendrograma permite verificar variáveis com características similares, agrupando-as com base em sua distância euclidiana. O *k-means*, por sua vez, distribui as  $n$  observações em  $k$  ( $\leq n$ ) conjuntos para reduzir a soma dos quadrados ou variância no *cluster*. Também foi usada a análise fatorial para identificar conjuntos de variáveis correlacionadas, que resultassem em fatores. Nesta pesquisa empregou-se a extração de componentes principais, adotando-se o número de fatores igual a 3 e mínimo igual a 1.

### **Autocorrelações espaciais**

Os resultados foram analisados a fim de verificar relações espaciais entre as variáveis socioambientais e o número de celulares cadastrados. Elas foram analisadas por meio da aplicação do *Multivariate Clustering*, disponível no *software* ArcGIS Pro 3.0, com a adoção do método *K-means*. Trata-se de um método de aprendizado de máquina não supervisionado que determina agrupamentos naturais de itens com base nos respectivos valores de atributo. Em outras palavras, o agrupamento multivariado possibilita a identificação de áreas específicas que apresentam alta vulnerabilidade socioambiental e baixo número de celulares cadastrados para receber alerta de eventos adversos emitidos pela Defesa Civil.

## **RESULTADOS**

Foram identificados 146.616 celulares cadastrados para receber o alerta de eventos adversos e desastres por SMS, dos quais 141.366 encontravam-se ativos até 31 de julho de 2022 (cerca de 7,5% da população residente). Do ponto de vista temporal, a maior parcela das pessoas cadastrou o celular no verão (63,1%) e na primavera (16,9%), estações em que são observadas chuvas frequentes e intensas na cidade. No que se refere à distribuição espacial, as pessoas cadastradas residem principalmente nos bairros periféricos, que apresentam maior vulnerabilidade socioambiental e registram, recorrentemente, impactos causados por eventos extremos. Contudo, proporcionalmente, destacam-se os bairros localizados nas áreas centrais da cidade, os quais apresentam menor vulnerabilidade aos riscos.

### **Análise multivariada**

O Quadro 2 apresenta as estatísticas básicas para as variáveis independentes e a variável dependente. Conforme os dados do Censo de 2010, a maioria dos setores censitários possui quase a totalidade de domicílios com acesso a serviços de saneamento básico – abastecimento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário (IBGE, 2010). Os resultados também mostram que a proporção de pessoas e domicílios localizados em áreas com as piores médias de “Saneamento”, “Condições da Casa”, “Renda” e “Analfabetismo” é maior em regiões classificadas pela gestão local como áreas de risco de inundações.

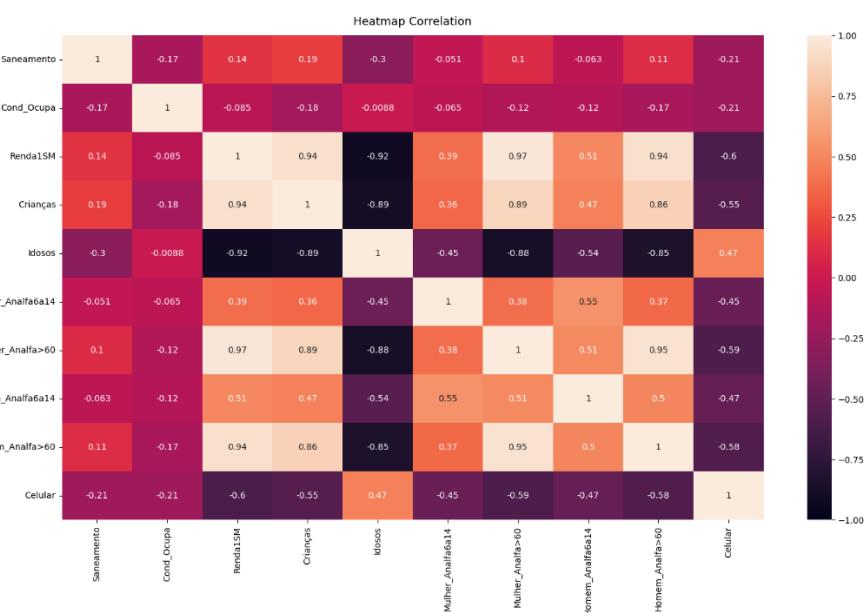
Quadro 2 - Estatísticas básicas das variáveis numéricas

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	25%	50%	75%	Máximo
Saneamento	3.94	7.93	0	0.14	0.79	3.29	65.11
Cond_Ocupa	27.83	12.43	0	20.08	26.29	33.62	99.55
Renda1SM	28.81	19.35	0	11.65	26.47	43.35	83.85
Crianças	7.21	2.55	0	5.56	7.31	8.81	17.78
Idosos	11.64	5.74	0	7.35	10.82	15.13	39.16
Mulher_Analfa6a14	3.86	4.83	0	0.00	2.78	5.88	100
Mulher_Analfa>60	13.04	14.84	0	1.79	7.58	20.00	100
Homem_Analfa6a14	4.38	4.76	0	0.00	3.23	6.67	48.78
Homem_Analfa>60	6.91	9.72	0	0.00	2.94	10.00	64.29
Celular	58.95	71.82	0	10.00	36.00	78.00	66

Elaboração: os autores (2023).

A matriz de autocorrelação (Figura 2) apresenta os coeficientes de Pearson, combinados dois a dois, abrangendo as variáveis independentes e a variável dependente, revelando o grau de correlação linear entre elas. Quanto mais próximo de 1, maior a correlação. Valores negativos indicam que o aumento de uma variável resulta na diminuição de outra (Benesty et al., 2009). O número de celulares cadastrados apresenta coeficiente negativo com a maioria das variáveis, ou seja, está inversamente relacionado à maior parcela das variáveis. Portanto, quanto maior a concentração de pessoas em área de vulnerabilidade socioambiental, menor a proporção de celulares cadastrados. A única variável que apresentou relação positiva foi o número de idosos – indicando que essa população, mesmo em áreas de risco, parece estar mais atenta ao cadastramento de celulares para o recebimento de alertas.

Figura 2 - Matriz de correlação das variáveis socioeconômicas e ambientais



Elaboração: os autores (2023).

O Quadro 3 apresenta os três fatores de maior importância na explicação de cada variável. Os resultados indicam que poucas variáveis apresentam cargas fatoriais elevadas (superiores a 0,50). Nos fatores um e três, por exemplo, é possível encontrar valores expressivos, sendo eles “Renda1SM”, “Crianças”, “Mulher\_Analfa>60” e “Homem\_Analfa>60” (TABELA 1).

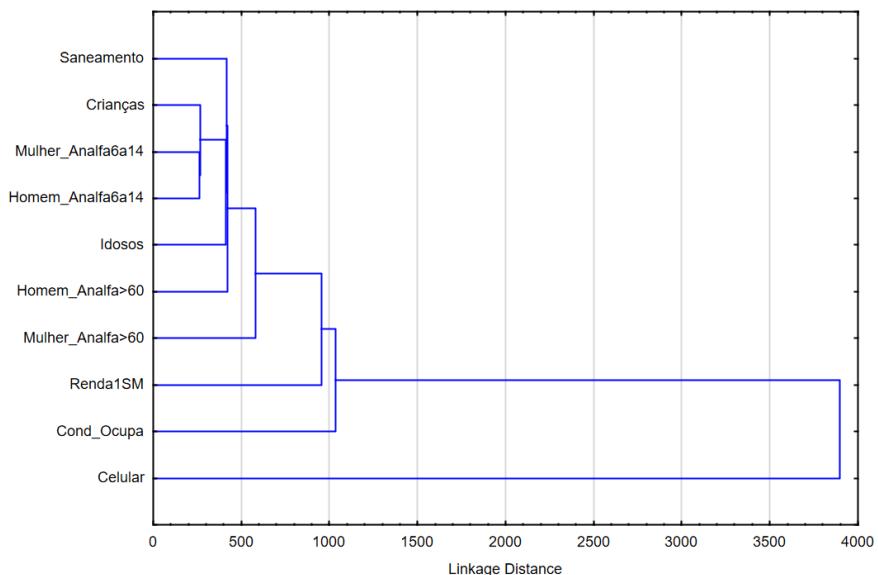
Quadro 3 - Análise fatorial

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Saneamento	-0,25	-0,02	0,45
Cond_Ocupa	-0,11	-0,48	-0,39
Renda1SM	-0,90	0,09	0,02
Crianças	-0,79	0,13	0,13
Idosos	0,55	-0,42	0,16
Mulher_Analfa6a14	-0,43	-0,59	-0,09
Mulher_Analfa>60	-0,86	0,05	0,05
Homem_Analfa6a14	-0,50	-0,51	-0,04
Homem_Analfa>60	-0,81	0,06	0,07
Celular	0,20	-0,27	0,77

Elaboração: os autores (2023).

A Figura 3 apresenta o dendrograma e mostra a relação entre os celulares cadastrados para o recebimento de alertas e as variáveis de vulnerabilidade. As variáveis com maior relação são as socioeconômicas, cujas distâncias euclidianas são menores. Um dos “ramos” do dendrograma pode ser observado com maior clareza, contemplando a variável socioambiental (“Saneamento”) e as variáveis demográficas (“Crianças”, “Mulher\_Analfa6a14”, “Homem\_Analfa6a14”, “Idosos” e “Homem\_Analfa>60”).

Figura 3 - Dendrograma das variáveis socioeconômicas e número de celulares



Elaboração: os autores (2023).

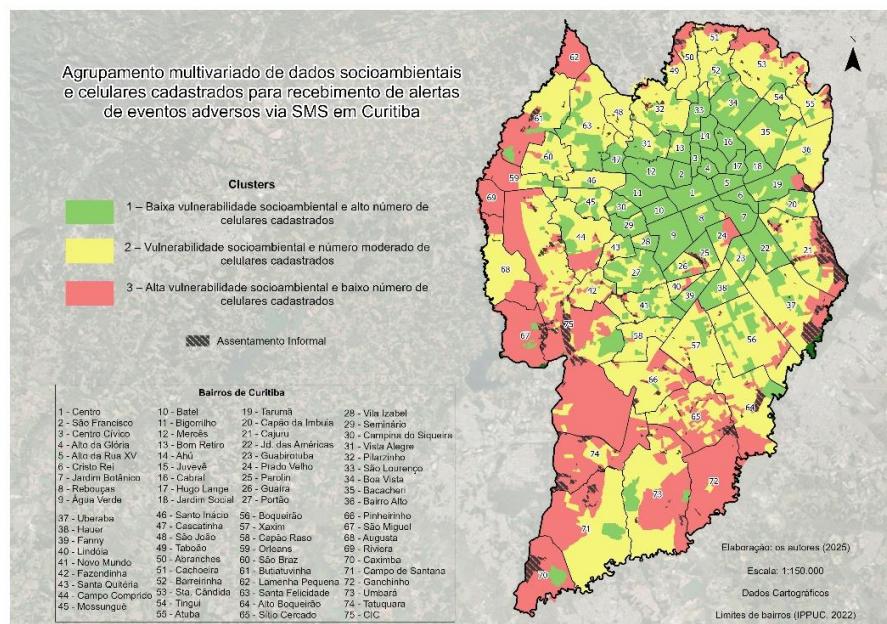
Outro método de agrupamento adotado foi o *k-means*. Os resultados indicam dois *clusters*. O primeiro inclui as variáveis socioeconômicas “Saneamento”, “Cond\_Ocupa”, “Renda1SM”, “Crianças”, “Idosos”, “Mulher\_Analfa6a14”, “Mulher\_Analfa>60”, “Homem\_Analfa6a14”, “Homem\_Analfa>60”. O segundo cluster, por sua vez, contém apenas a variável “Celulares”.

### Estatística Espacial

As áreas periféricas de Curitiba concentram os *clusters* caracterizados por elevada vulnerabilidade socioambiental e baixo número de celulares cadastrados para o recebimento de alertas (Figura 4). Essas áreas contêm a maior parcela de assentamentos informais, ou seja, territórios populares

originados a partir de estratégias usadas pela população para atender, comumente de forma autônoma e coletiva, às suas necessidades de moradia e de usos associados, diante da insuficiência e inadequação das políticas públicas e investimentos privados dirigidos ao direito à cidade (IBGE, 2025).

Figura 4 - Agrupamento multivariado de dados socioeconômicos e celulares cadastrados para receber alerta de evento adverso em Curitiba (PR)



Elaboração: os autores (2023).

As áreas que apresentam maior vulnerabilidade e baixo número de celulares cadastrados também merecem atenção especial, considerando os cenários previstos de mudanças climáticas para o município de Curitiba nos anos de 2030, 2050 e 2100 (Curitiba, 2020ab). Os bairros Boqueirão e Cajuru, por exemplo, estão situados dentro das manchas de risco futuro de inundaçao e alagamento (Curitiba, 2020ab). Já os bairros Abranches e Pilarzinho, localizados na porção norte do município, apresentam a mesma situação, porém em áreas de risco de deslizamento (Curitiba, 2020ab).

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que as variáveis relacionadas à vulnerabilidade socioambiental exercem influência inversamente proporcional sobre o número de celulares cadastrados para o recebimento de alertas de eventos adversos. Em outras palavras, quanto maior o número de pessoas em vulnerabilidade socioambiental, menor é a proporção de celulares cadastrados. Essas populações concentram-se em áreas periféricas do município de Curitiba, as quais abrigam o maior número de assentamentos informais e são recorrentemente atingidas por eventos adversos e desastres (Curitiba, 2020ab), corroborando outros estudos (Saito et al. 2019; Goto; Suarez; Ye, 2022; Peters et al., 2022). Além disso, os assentamentos informais geralmente apresentam limitações à regularização da área, o que impede a implantação de infraestrutura básica, como o arruamento e, consequentemente, impede a atribuição de um Código de Endereçamento Postal, elemento fundamental para o cadastro no sistema de alertas do órgão de Proteção e Defesa Civil (Fonseca; Garcias; Silva, 2023).

A proporção de domicílios cuja renda não ultrapassa um salário-mínimo em 2010 (R\$510,00 ou US\$125,00) apresenta uma das maiores correlações negativas. A precariedade econômica afeta o acesso aos recursos e diminui a capacidade de aquisição de bens materiais para subsistência e de recuperação após um desastre. Essa informação é prioritária no campo da redução de riscos (Tselios; Tompkins, 2019). A identificação das desigualdades de renda em diferentes áreas dos municípios pode contribuir para a formulação de políticas públicas voltadas à melhoria das condições econômicas da

população vulnerável (Pinheiro; Ferentz; Fonseca, 2020). Além disso, para muitos indivíduos, os riscos naturais desempenham um papel secundário em suas vidas. Pois os fenômenos e suas consequências não fazem parte do seu cotidiano (Bubeck et al; 2013; Tumini, Poletti, 2019).

Homens, mulheres, crianças, idosos e adultos reagem de maneiras diferentes quando se deparam com um evento adverso (Fonseca; Ferentz, 2020; 2021); conhecer tais grupos e suas respectivas vulnerabilidades pode ajudar na definição de áreas prioritárias para as ações de proteção e defesa civil antes, durante e após um desastre (Eini et al., 2020). As áreas que concentram elevados números de crianças e de pessoas sem alfabetização entre 6 e 14 anos e acima de 60 anos apresentam correlação negativa alta com o número de celulares. Esses grupos requerem cuidados especiais, considerando sua maior dependência para deslocamentos autônomos e sua menor capacidade de resistência a possíveis lesões.

Os resultados também indicam que gênero e alfabetização exercem uma relação inversamente proporcional com o número de celulares cadastrados, embora não tenha sido observada diferença significativa entre homens e mulheres. Ainda assim, estudos destacam o papel das mulheres (Oktari et al., 2021) e do seu nível de escolaridade como fator determinante para a situação de risco a que estão expostas (Perera et al., 2020). Dito de outro modo, mulheres com menor escolaridade tendem a apresentar renda mais baixa e, portanto, mais dificuldades de adaptação. Essa constatação pode ajudar a incluir a dimensão de gênero em políticas públicas e promover ações direcionadas às mulheres, como o acesso ampliado à educação e a criação de oportunidades que favoreçam sua adaptação.

Identificar os grupos vulneráveis constitui apenas um dos passos necessários para melhorar a qualidade dos alertas e reduzir o risco de desastres (Rahayu et al., 2020; Adams et al., 2022; Fonseca et al., 2025). É imperativo que os meios de alerta sejam adequados aos interesses, às necessidades e aos valores dos diferentes grupos populacionais e faixas etárias (Sufri et al., 2020; Fonseca; Garcias 2021). As mídias digitais costumam ser uma fonte de informação entre os mais jovens (Bean et al., 2015), enquanto os idosos tendem a usar meios tradicionais, como televisão e comunicação oral (Tang et al. 2015). Pessoas com deficiência, dificuldades de leitura e escrita, ou idosos, podem não ser capazes de interpretar nem de responder a mensagens de alerta em um celular. No Brasil, há 11 milhões de pessoas analfabetas, e o analfabetismo funcional atinge cerca de 29% da população (IBGE, 2019). Além disso, 17,2 milhões de pessoas com dois anos ou mais possuem algum tipo de deficiência (8,4%), sobretudo entre indivíduos com 60 anos ou mais (24,8%) (IBGE, 2019).

## CONCLUSÃO

As mudanças climáticas suscitam preocupação no meio acadêmico, no governo e na sociedade devido aos seus efeitos já perceptíveis em várias partes do mundo. Tais efeitos tendem a exacerbar a vulnerabilidade e precariedade dos assentamentos informais nos países em desenvolvimento. Portanto, é necessário desenvolver estratégias de emissão de alertas de eventos adversos potencializadores de desastres.

Os resultados deste trabalho oferecem grande contribuição para a gestão de riscos e desastres. As variáveis atreladas à vulnerabilidade socioambiental, sobretudo os domicílios com renda de até um salário-mínimo, a presença de crianças e de pessoas analfabetas entre 6 e 14 anos e acima de 60 anos, exercem um papel inversamente proporcional ao número de celulares cadastrados para receber os alertas de eventos hidrometeorológicos.

Diante disso, as práticas de comunicação do risco de desastre devem ser adequadas aos meios de comunicação, às necessidades territoriais, sociais e às características dos próprios riscos. Abordagens participativas e de coprodução podem ser desenvolvidas para incorporar o conhecimento ou as observações acumuladas ao longo das gerações em práticas coletivas, culturais e métodos informais de alerta em áreas de vulnerabilidade. Tais territórios, normalmente, apresentam características que podem fortalecer o sistema de comunicação de risco, como a confiança, coesão social, a comunicação regular e compartilhamento de informações. Esses fatores possibilitam uma maior apropriação e contribuem para a superação dos obstáculos que comprometem a sua eficácia – especialmente em virtude da potencialização dos riscos resultantes das mudanças climáticas.

Como limitações, este trabalho utilizou variáveis sociais agregadas por setores censitários, derivadas do Censo Demográfico de 2010. Outras variáveis não foram incluídas na análise, como o número de celulares por pessoa e a presença de outros grupos vulneráveis, por exemplo, indivíduos LGBTQIA+ e

pessoas com deficiência, uma vez que não estão disponíveis na escala de setor censitário. Também não foram consideradas projeções demográficas, devido à ausência de dados.

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo n.º 423287/2021-4 pelo apoio financeiro, e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA), pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

5G AMERICAS. **Public Warning Systems in the Americas**. 2018. Disponível em:  
<https://www.5gamericas.org/public-warning-systems-in-the-americas/>

ADAMS, I.; GHOSH, S.; RUNESON, G. Access to Early Warning for Climate Change-Related Hazards in Informal Settlements of Accra, Ghana. **Climate** 2022, 10, 62.  
<https://doi.org/10.3390/cli10050062>

ALVALÁ, R.C.S., DE ASSIS DIAS, M.C., SAITO, S.M., STENNER, C., FRANCO, C., AMADEU, P., RIBEIRO, J., DE MORAES SANTANA, R.A.S.; NOBRE, C.A. Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of Brazilian early warning system, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, vol. 41, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101326>

BEAN, H., SUTTON, J., LIU, B. F., MADDEN, S., WOOD, M. M., MILETI, D. S. The Study of Mobile Public Warning Messages: A Research Review and Agenda. **Review of Communication**, vol.15, n.1, p.60-80, 2015. <https://doi.org/10.1080/15358593.2015.1014402>

BENESTY, J., CHEN, J., HUANG, Y., COHEN, I. Pearson Correlation Coefficient. In: Noise Reduction in Speech Processing. Springer Topics in Signal Processing, vol 2. Springer, Berlin, Heidelberg. 2009. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-00296-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-00296-0_5)

BOPP, E.; DOUVINET, J. Spatial performance of location-based alerts in France. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 50, p. 101909, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101909>

BRICKER, J.; SCHWANGHART, W.; ADHIKARI, B.; MORIZUCHI, S.; ROEBER, V; GIRI, S. Performance of Models for Flash Flood Warning and Hazard Assessment: The 2015 Kali Gandaki Landslide Dam Breach in Nepal. **Mountain Research and Development**, vol.37, p.5-15, 2017.  
<https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00043.1>

BUBECK, P.; BOTZEN, W.J.W.; KREIBICH, H.; AERTS, J.C.J.H. Detailed insights into the influence of flood-coping appraisals on mitigation behaviour, **Global Environmental Change**, vol.23, p.1327–1338, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.009>  
CHAN, E.Y.Y., MAN, A.Y.T., LAM, H.C.Y. Scientific evidence on natural disasters and health emergency and disaster risk management in Asian rural-based area. **British Medical Bulletin**, vol.129, n.1, p.91-105, 2019. <https://doi.org/10.1093/bmb/lbz002>

COOLS, J; INNOCENTI, D; O'BRIEN, S. Lessons from early flood warning systems. **Environmental Science and Policy**, vol.58, p.117-122, 2016 <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.006>

CURITIBA. **Avaliação de Riscos Climáticos da Cidade de Curitiba**. 2020a. Disponível em:  
<https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00305799.pdf>

CURITIBA. **Plano municipal de mitigação e adaptação às mudanças climáticas de Curitiba**. 2020b. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00306556.pdf>

DOUVINET, J. L'alerte par sirènes: une priorité discutable en France. **Annales de géographie**, vol.731, n.1, 5p, 2020. Disponível em: <<https://shs.cairn.info/revue-annales-de-geographie-2020-1-page-5?lang=fr>>

EINI, M.; KABOLI, H.S.; RASHIDIAN, M.; HEDAYAT, H. Hazard, and vulnerability in urban flood risk mapping: Machine learning techniques and considering the role of urban districts. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, vol.50, 101687, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101687>

FONSECA, M.N.; FERENTZ, L.M.S. Percepção sobre as consequências e prejuízos de inundações: estudo aplicado em Pinhais, Paraná. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 12, n. 23, p. 415–443, 2020. <https://doi.org/10.14295/rbchs.v12i23.11135>

FONSECA, M.N.; FERENTZ, L.M.S. Percepção sobre as estratégias de resposta e adaptação aos riscos ambientais: estudo aplicado em Pinhais, Paraná sob a ótica das inundações. **Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 83, p. 01–18, 2021. <https://doi.org/10.14393/RCG228155101>

FONSECA, M.N.; GARCIAS, C.M.; SILVA, L.P. Sistema de alerta de desastre baseado no CEP: limites e possibilidades. **Cadernos Metrópole**, v. 25, 2023. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2023-5807>

FONSECA, M. N.; SILVA, L. P.; PINHEIRO, E. G.; TEDIM, F.M.S. Mensagens de alerta de desastre no Rio Grande do Sul: Desafios e oportunidades na comunicação de risco. **Redes (Santa Cruz Do Sul. Online)**, v. 29, p. 1-20, 2024. <https://doi.org/10.17058/redes.v29i1.19701>

FONSECA, M. N.; SILVA, L. P.; PINHEIRO, E. G.; TEDIM, F.M.S. Flood risk communication: Challenges and opportunities in Brazilian cities. **International Journal of Disaster Risk Reduction**. Volume 119, March 2025, 105292. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105292>

GOTO, E.; SUAREZ, A.M.; YE, H. Spatial analysis of social vulnerability in São Paulo city, Brazil. **Applied Geography**, v.140, 102653, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102653>

GONZALES, D. **Geo-targeting Performance of Wireless Emergency Alerts in Imminent Threat Scenarios**. Published in: Geo-Targeting Performance of Wireless Emergency Alerts in Imminent Threat Scenarios (Washington, DC: US Department of Homeland Security (DHS) Science and Technology (SandT) Directorate, v. 2, p. 130, 2016

G1. **Governo de SP e Prefeitura de São Sebastião foram avisados de risco de desastre 2 dias antes, diz diretor de órgão nacional de monitoramento**. G1 Globo. 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2023/02/22/governo-de-sp-e-prefeitura-de-sao-sebastiao-foram-avisados-de-risco-de-desastre-2-dias-antes-diz-diretor-de-orgao-nacional-de-monitoramento.ghtml>> Acesso em 22/02/2023

HACON, S. S.; OLIVEIRA, B. F. A.; SILVEIRA, I. Climate Change Risks in Brazil: a review of the health sector impacts of 4°C or more temperature rise. Nobre, C. A.; Marengo, J. A.; Soares, W. R. (Org.). **Impacts of 4°C or more Temperature Risk**. UK: Springer, 2018. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92881-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92881-4_4)

HILHORST, D.; BANKOFF, G. **Introduction: Why Vulnerability Still Matters**. London: Routledge, 2022. Disponível em: <<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003219453-1/introduction-dorothea-hilhorst-greg-bankoff>>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico de 2010. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico de 2022. 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional de Saúde. 2019. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9160-pesquisa-nacional-de-saude.html> >

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Aglomerados subnormais 2019: classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à covid-19.** IBGE, 2020. 33p. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101717> >

KANTAMANENI, K.; PANNEER, S.; SUDHA RANI, N.N.V.; PALANISWAMY, U.; BHAT, L.D.; JIMENEZ-BECOS, C.; RICE, L. Impact of Coastal Disasters on Women in Urban Slums: A New Index. *Sustainability* 2022, 14, 3472. <https://doi.org/10.3390/su14063472>

LUMBROSO, D; BROWN, E; & RANGER, N. Stakeholders' perceptions of the overall effectiveness of early warning systems and risk assessments for weather-related hazards in Africa, the Caribbean and South Asia. *Natural Hazards*, 1–24, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2537-0>

MATHYS, T.; SOUZA, F.T.; BARCELLOS, D.; MOLDEREZ, I. The relationship among air pollution, meteorological factors and COVID-19 in the Brussels Capital Region. *Science of The Total Environment*. Vol. 857, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158933>

MENDONÇA, F.A; BUFFON, E.A.M; CASTELLANO, F.J; SITOE, G. Resiliencia asocioambiental-espacial urbana à inundados: possibilidades e limites no bairro Cajuru em Curitiba (PR). **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia**, vol.12, n.19, p.279-298, 2016. <https://doi.org/10.5418/RA2016.1219.0012>

OKTARI, R.S.; KAMARUZZAMAN, S.; FATIMAHSYAM, F. SOFIA, S. Gender mainstreaming in a Disaster-Resilient Village Programme in Aceh Province, Indonesia: Towards disaster preparedness enhancement via an equal opportunity policy. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v.52, 101974, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101974>

PADULANO, R.; RIANNA, G.; COSTABILE, P.; COSTANZO, C.; DEL GIUDICE, G.; Propagation of variability in climate projections within urban flood modelling: A multi-purpose impact analysis. *Journal of Hydrology*, 602, 126756, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126756>

PAPPENBERGER, F; CLOKE, H. L; PARKER, D. J; WETTERHALL, F; RICHARDSON, D. S.; THEILEN, J. The monetary benefit of early flood warnings in Europe. *Environmental Science and Policy*, 51, 278–91, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.016>

PARKER, A.; JACKSON, B. Exploring the Effect of the Diffusion of Geo-Targeted Emergency Alerts: The Application of Agent-Based Modeling to Understanding the Spread of Messages from the Wireless Emergency Alerts Systems. United States. Department of Homeland Security. 2015

PERERA, D.; AGNIHOTRI, J.; SEIDOU, O.; DJALANTE, R. Identifying societal challenges in flood early warning systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v.51, 101794, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101794>

PETERS, L.E.R.; CLARK-GINSBERG, A.; MCCAUL, B.; CÁCERES, G.; NUÑEZ, A.L.; BALAGNA, J.; LÓPEZ, A.; PATEL, S.S.; PATEL, R.B.; VAN DEN HOEK, J. Informality, violence, and disaster risks: Coproducing inclusive early warning and response systems in urban informal settlements in Honduras. *Frontiers in Climate*. 2022, 4, 937244. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.937244>

PINHEIRO, E. G.; FERENTZ, L.M.S.; FONSECA, M. N. Estruturação de indicadores na priorização de concessão de recursos para obras voltadas à redução de riscos de desastres entre os municípios do Estado do Paraná. *Redes*, 25, 2737-2759. 2020. <https://doi.org/10.17058/redes.v25i0.15287>

RAHAYU, H.P.; COMFORT, L.K.; HAIGH, R.; AMARATUNGA, D.; KHOIRUNNISA, D. A study of people-centered early warning system in the face of near-field tsunami risk for Indonesian coastal cities. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. 2020, 11, 241–262. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-10-2019-0068>

RUFAT, S.; TATE, E.; BURTON, C.G.; MAROOF, A.S. 2015. Social vulnerability to floods: review of case studies and implications for measurement. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v.14, p.4. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.09.013>

SAITO, S. M.; DIAS, M. C. DE A.; ALVALÁ, R. C. DOS S.; STENNER, C.; FRANCO, C.; RIBEIRO, J. V. M.; SOUZA, P. A. DE; SANTANA, R. A. S. De M.. Urban population exposed to risks of landslides, floods, and flash floods in Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 31. 2019. <https://doi.org/10.14393/SN-V31-2019-46320>

SATTERTHWAITE, D.; ARCHER, D.; COLENBRANDER, S.; DODMAN, D.; HARDOY, J.; MITLIN, D.; PATEL, S. Building resilience to climate change in informal settlements. **One Earth**, vol.2, p.143-156, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.002>

SNC-LAVALIN PROJETOS LTDA. Avaliação de vulnerabilidade ambiental e socioeconômica para o município de Curitiba. 2012. Disponível em: < <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/vulnerabilidade-ambiental-e-socioeconomica/2139> > Acesso em 25 de abril de 2025

SID, A. **Cell Broadcast Alerts as Tools for Community Outreach in Ebola Virus Disease**. Master's thesis. Harvard Extension School. 2019. Disponível em: <https://dash.harvard.edu/handle/1/37365384>

SILVA, M.D.; KAWASAKI, A. A local-scale analysis to understand differences in socioeconomic factors affecting economic loss due to floods among different communities. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 47, 1026, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101526>

SUFRI, S.; DWIRAHMADI, F.; PHUNG, D.; RUTHERFORD, S. Enhancing community engagement in disaster early warning system in Aceh, Indonesia: opportunities and challenges. **Natural Hazards**, vol.103, n.3, p.2691-2709, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04098-2>

TANG, Z., ZHANG, L.; XU, F.; VO, H. Examining the role of social media in California's drought risk management in 2014. **Natural Hazards**, v. 79, n. 1, p. 171–193, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1835-2>

TASCÓN-GONZÁLEZ, L.; FERRER-JULIÀ, M.; RUIZ, M.; GARCÍA-MELÉNDEZ, E. Social Vulnerability Assessment for Flood Risk Analysis. **Water** 2020, 12, 558. <https://doi.org/10.3390/w12020558>

TSELIOS, V.; TOMPKINS, E. What causes nations to recover from disasters? An inquiry into the role of wealth, income inequality, and social welfare provisioning. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, vol.33, p.162-180, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.003>

TUMINI, I.; POLETTI, A. Natural disaster, and informality (re)production in Chile. **City, Culture and Society**, Volume 19, December 2019, 100312. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2019.100312>

---

Recebido em: 04/09/2024

Aceito para publicação em: 07/05/2025