CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO NA GESTÃO DE DESASTRES HIDROLÓGICO-GEOTÉCNICOS

RISK AREAS PRIORITIZATION CRITERIA FOR HYDROLOGICAL-GEOTECHNICAL DISASTER MANAGEMENT

Arthur Henrique Bach[1]; Ana Carolina Badalotti Passuello[2]; Luiz Antonio Bressani[3].

[1]Mestre | arthurhbach@gmail.com | UFRGS | Porto Alegre, Brasil; [2]Doutor | ana.passuello@ufrgs.br | UFRGS | Porto Alegre, Brasil; [3]Doutor | labressani@gmail.com | UFRGS | Porto Alegre, Brasil,

Resumo:
O incremento em quantidade e intensidade de desastres devido às mudanças climáticas nos últimos anos tem se tornado um dos principais desafios para o planejamento urbano. São visíveis os danos causados por desastres hidrológico-geotécnicos. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver critérios para priorização de áreas de risco, que possam ser utilizados para tomada de decisão na mitigação de desastres, considerando aspectos sociais, econômicos, de infraestrutura e físicos. Os critérios foram selecionados através das percepções de um grupo de especialistas da área de gestão de riscos e tratados através de uma matriz matemática para definição de pesos em níveis de importância. O trabalho foi desenvolvido no cenário de áreas de risco de Porto Alegre/RS, concentrando-se em processos perigosos relacionados a movimentos de massa, enxurradas e inundações. Os resultados apontam para maiores níveis de importância para os critérios voltados para as dimensões sociais, além de condicionantes de exposição e velocidade do processo. Estes resultados mostram a importância do atendimento prioritário de áreas mais vulneráveis socioeconomicamente e com infraestruturas precárias, acusando a necessidade de um planejamento urbano sustentável e resiliente, que atenda igualmente a população através de medidas estruturais e não estruturais.

Palavras-chave:
Planejamento Urbano; Gestão de Riscos; Tomada de decisão; Sustentabilidade; Perigo.

Abstract:
The increasing number and intensity of disasters due to the climate changes in the last years has become one of the main challenges for urban planning. The hydrological and geotechnical disaster losses are visible. This study aims to develop multiple criteria for prioritizing high-risk areas, which can be used for decision-making in disaster mitigation plans, considering social, economic, infrastructure, and physics aspects. The criteria were selected based on the perceptions of a group of risk management experts and were weighed using a mathematical matrix according to their relative importance. The study was developed in the high-risk areas of Porto Alegre - Brazil, focusing on dangerous processes related to landslides, floodings and flash floods. The findings emphasize the greater relevance of social criteria, considering the impact of disasters on local populations and their social vulnerability to hazards. These results highlight the need to prioritize supportive actions in socioeconomically vulnerable areas with inadequate infrastructure, underscoring the importance of sustainable and resilient urban planning that equitably serves the population through both structural and non-structural measures.

Keywords:
Urban Planning; Risk Management; Decision Making; Sustainability; Hazards.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da intensidade e frequência de eventos climáticos extremos tornou-se um desafio para grandes cidades, devido aos impactos sociais, econômicos e ambientais. O tema integra agendas como o Marco de Sendai (ONU, 2015) e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, em especial o objetivo 11, que visa tornar cidades sustentáveis e resilientes (ONU, 2015). Os prejuízos em centros urbanos, especialmente em áreas de vulnerabilidade social, são evidentes, reflexo da ausência de infraestrutura adequada. Embora não seja possível evitar muitos eventos climáticos, é essencial identificar padrões para desenvolver métodos preventivos e reduzir seus danos (Alcântara-Ayala, 2002).

Nesse cenário, destaca-se a importância do mapeamento das áreas de risco (Magalhães; Thiago; Agrizzi, 2011). Um dos métodos utilizados são as Cartas Geotécnicas, que contribuem para a redução de desastres ao orientar o planejamento urbano (Bressani; Costa, 2015). Este instrumento integra a análise de risco, que relaciona a probabilidade de eventos futuros com os potenciais danos. Com os mapeamentos, podem-se planejar ações preventivas, estimar e evitar prejuízos, por meio da cooperação entre comunidade e poder público. Essas medidas envolvem a hierarquização de cenários de risco (Marcelino; Nunes; Kobiyama, 2006). Ressalta-se o papel educativo das cartas geotécnicas, incentivando sua adoção como instrumento de transformação do meio físico (Bressani; Costa, 2015). Tais ações abrangem intervenções estruturais (infraestrutura) e não estruturais (educação preventiva, formação de lideranças, planejamento) (MCID, 2024; Decina; Brandão, 2016).

O planejamento urbano resiliente não é apenas uma resposta às mudanças climáticas, mas uma oportunidade de criar cidades mais saudáveis e equitativas. O planejamento resiliente deve incorporar a adaptação climática desde o início, com infraestruturas robustas para resistir a eventos extremos. São essenciais as infraestruturas sociais e as estratégias de resposta a desastres (Wilden; Feldmeyer, 2021; Zobel; Khansa, 2014).

Verifica-se, contudo, uma lacuna na priorização das áreas de risco após o mapeamento. Este trabalho visa apoiar decisões político-administrativas sobre ações prioritárias para investimentos públicos, propondo critérios para uma ferramenta que maximize os benefícios para a população afetada. Diante disto, o presente trabalho tem como objetivo propor e discutir critérios para a priorização de áreas de alto risco de desastres hidrológico-geotécnicos. A pesquisa insere-se no contexto de gestão de riscos no Brasil, especialmente em Porto Alegre, que passa pelo processo de execução de um Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), proposto pelo Ministério das Cidades (MCID), que motivou a presente pesquisa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES

Em meio às mudanças climáticas e às ocorrências de eventos extremos, o principal papel do Poder Público é uma gestão eficaz na redução de riscos de desastres. Este é um dos pontos importantes na busca por cidades mais sustentáveis, inteligentes e resilientes. O aumento de desastres está diretamente relacionado à vulnerabilidade das comunidades periféricas, que intensificam o perigo devido à sua ocupação desordenada. A redução destes riscos deve estar associada aos processos de tomada de decisão, não somente pós-evento, como também em políticas públicas e no planejamento urbano (Assis *et al*., 2024).

Para melhor compreender o risco, é necessário entender o perigo e a vulnerabilidade, que vão incidir nos prejuízos/danos esperados. O perigo pode ser definido como a probabilidade de um evento acontecer, vinculado ao próprio evento em si, ou ainda, a sua magnitude (Bressani, 2024; Silva Filho *et al.,* 2017). Apesar de existir uma grande lista de processos perigosos, mais de 87% das mortes entre os anos de 1991 e 2012, de acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED UFSC, 2013), estão associadas a processos de inundação, enxurrada e movimentos de massa.

As inundações são caracterizadas pela elevação do nível de água de um canal fluvial devido à ocorrência de chuvas intensas, atingindo a planície de inundação ou áreas vizinhas. Já as enxurradas são escoamentos de alta energia de transporte, sendo capazes de carregar pessoas e até objetos maiores, ocorrendo geralmente em áreas com deficiências no sistema de drenagem e em locais de maior declividade, podendo ou não estar associadas a rios ou arroios. E os movimentos de massa são caracterizados por serem movimentos de solo e/ou rocha que se deslocam devido à declividade, podendo ter várias velocidades. Além do fator da gravidade, a geometria das encostas, o tipo da ocupação, o tipo de solos (e suas resistências) e a água subterrânea (com contribuição das chuvas) são os principais fenômenos que intervêm na sua deflagração (Bressani, 2024).

Já o conceito de vulnerabilidade tenta mensurar as condições preexistentes que fazem com que um elemento exposto seja afetado por um processo perigoso. A vulnerabilidade mede o grau do possível dano que um elemento poderá ter frente a um determinado evento (Bressani, 2024; Silva Filho *et al*., 2017). Em situações extremas, como a de desastres, a vulnerabilidade é ampliada devido ao impacto mensurado a partir dos danos causados diretamente e indiretamente em uma comunidade (Silva Filho *et al*., 2017). A capacidade de avaliar a vulnerabilidade a desastres é uma necessidade fundamental para auxiliar na formulação de estratégias de redução de risco, fornecendo aos tomadores de decisão informações pertinentes sobre os locais de infraestruturas mais suscetíveis. Isso, por sua vez, aprimora os processos de planejamento e gerenciamento do risco (Alvalá *et al*., 2024).

É dentro dessa dinâmica das vulnerabilidades e do perigo que o risco pode ser definido como o produto entre os dois conceitos. O risco representa uma estimativa de dano potencial a que pessoas, bens e atividades econômicas estão sujeitas, levando em conta a probabilidade de um evento perigoso ocorrer e a vulnerabilidade dos elementos expostos (Bressani, 2024; Silva Filho *et al*., 2017). A dinâmica do risco deve considerar os diferentes cenários possíveis, combinando a probabilidade de os processos perigosos ocorrerem e a relação entre os indicadores de vulnerabilidade. Neste ponto, entra a Gestão de Riscos de Desastres (GRD), que é a identificação do risco e a instrumentação de soluções concretas para cenários diversos. Estes cenários de risco podem ser representados graficamente através de mapas de áreas de risco do município, separando as áreas por ordem hierárquica do risco (Lana *et al*., 2021).

Uma forma de reduzir o impacto dos desastres é por meio da mitigação, que consiste em minimizar os efeitos adversos de uma ameaça (Marchezini *et al*., 2024). A ameaça, neste sentido, representa o potencial de um evento perigoso causar danos sociais e econômicos (Marchezini *et al.*, 2024). As medidas de mitigação podem ser estruturais, como obras de contenção, drenagem, proteção superficial, requalificação urbana e realocação de edificações. Essas intervenções são essenciais em áreas urbanas densamente povoadas e devem integrar o planejamento urbano para gestão de riscos. As ações não estruturais abrangem políticas e práticas educativas, institucionais e comportamentais voltadas à prevenção. Incluem o uso e ocupação do solo, educação ambiental, sistemas de alerta precoce, treinamentos e legislação específica, com foco na participação

comunitária. Tais iniciativas fortalecem a capacidade adaptativa da sociedade e promovem uma cultura de prevenção e resiliência (Lana *et al*., 2021).

A eficácia da Gestão de Riscos de Desastres (GRD) depende da articulação entre medidas estruturais e não estruturais. As primeiras oferecem proteção física, enquanto as segundas ampliam o conhecimento e a preparação da população. A educação para redução de riscos é essencial para consolidar essa cultura de prevenção. Ela envolve analisar a ocupação do espaço, infraestrutura e práticas sociais, propondo novas formas de diálogo com a comunidade. Este só é eficaz quando feito diretamente com os moradores das áreas vulneráveis. Essa abordagem participativa cria espaços de diálogo entre comunidade, pesquisadores, educadores e agentes públicos, integrando os principais atores da GRD (MDR, 2021).

O aumento dos desastres no Brasil evidencia uma lacuna preocupante de investimentos em prevenção. Medidas pré-desastre são mais eficazes na redução de vítimas, pessoas afetadas e perdas econômicas (Silva *et al*., 2025). A prevenção proativa, destacada no Marco de Sendai, é essencial para mitigar os impactos dos desastres. Essa mitigação depende da capacidade do Estado de implementar políticas públicas por meio de leis e ações.

A lei que institui o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) (Brasil, 2012) prevê que estados e municípios atuem no planejamento, monitoramento e medidas preventivas. Contudo, há inconsistências nessa capacidade, especialmente na distribuição de recursos. Uma das principais dificuldades dos municípios na gestão de riscos é justamente essa limitação, o que reforça a necessidade de ferramentas que permitam avaliar e acompanhar metas e ações locais. O conhecimento dos riscos aumenta a segurança e qualidade de vida. Com o comprometimento dos gestores, as diretrizes legais tornam-se metas viáveis (Ferentz; Garcias, 2020; Silva *et al*., 2025).

Essas ferramentas devem refletir a realidade local das áreas de risco. Segundo Zhang *et al*. (2020), índices de resiliência urbana têm-se tornado instrumentos valiosos para monitorar o progresso de cidades frente ao clima. Já Anelli, Tajani e Ranieri (2022) destacam que tais índices devem basear-se nos componentes do risco natural: perigo, exposição e vulnerabilidade. As metodologias multicritério auxiliam a definição e quantificação de prioridades, permitindo comparações objetivas entre alternativas e facilitando decisões alinhadas com os objetivos definidos (Taherdoost; Madanchian, 2023).

3. MÉTODOS

O delineamento metodológico adotado para o desenvolvimento da proposta passa pelas fases de compreensão, desenvolvimento e resultados (Figura 1).

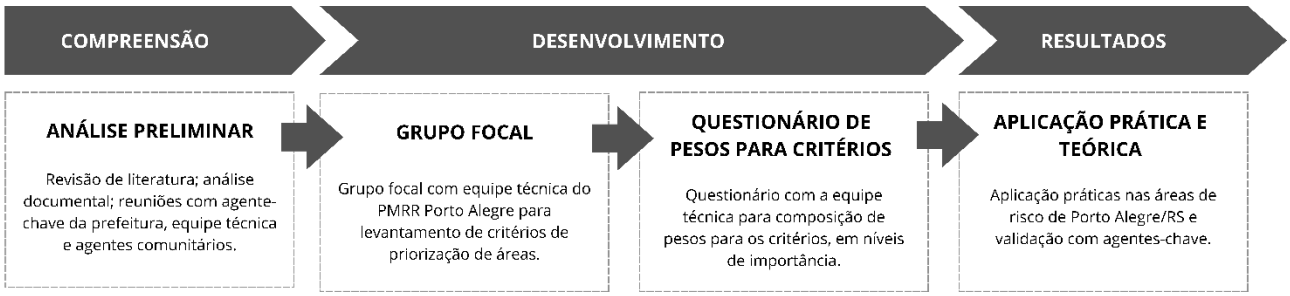

Figura 1: Delineamento metodológico da pesquisa.
Fonte: os autores (2025)

Na fase de compreensão, foi realizada uma análise preliminar que contemplou um estudo empírico das áreas de risco de Porto Alegre, revisões bibliográficas, análise documental e reuniões com a equipe executora do PMRR de Porto Alegre. O objetivo da etapa foi o de buscar dimensões temáticas para agrupamento de critérios de priorização.

A segunda fase, de desenvolvimento, contempla duas etapas: a primeira é a realização de um grupo focal com especialistas que integram a equipe do PMRR de Porto Alegre, como forma de levantar critérios para priorização de áreas de risco. Oito especialistas participaram do grupo focal, sendo estes das áreas de gestão de riscos hidrológicos e geotécnicos, cartografia social e de medidas estruturais de mitigação de desastres, possuindo, em média, 20 anos de experiência na área.

Já a segunda etapa consiste na aplicação de um questionário com os mesmos especialistas, para composição de pesos para os critérios previamente levantados. Utilizou-se das estratégias metodológicas do Processo Analítico Hierárquico (AHP – *Analytical Hierarchy Process*) de Saaty (1980), onde cada dimensão e critérios foram comparados par a par, atribuindo os pesos: igualmente importante (peso 1); um pouco mais importante (peso 3); mais importante (peso 5); e muito mais importante (peso 7). Os dados foram tratados através de uma matriz AHP para cada respondente. Para cada caso, o peso da dimensão (w_d) é multiplicado pelo peso de seus respectivos critérios (w_c) para composição de seu peso final (W), conforme a Equação 1.

$$W = w_d + w_d \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:
W – Peso final do critério;
wd – Peso da dimensão;
wc – Peso local do critério.

Os especialistas foram instigados a analisar três cenários distintos para todos os critérios: enxurradas, movimentos de massa e inundações. A média final compõe o peso das dimensões e dos critérios. Na última fase, de resultados, é feita a aplicação prática e teórica dos critérios para validação no contexto local.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A priorização de áreas de risco possui um papel fundamental no planejamento estratégico de ações para a redução de riscos de desastres hidrológicos e geotécnicos. Notou-se que são escassas as ferramentas que apoiam as decisões ligadas a políticas públicas no planejamento urbano. Sabe-se que todas as áreas de risco merecem atenção do Poder Público, todavia, é necessário traçar estratégias que tenham melhor custo-benefício. Para isso, os critérios de priorização de áreas são fundamentais para a escolha de caminhos críticos para o investimento, buscando atender áreas de maior vulnerabilidade e maiores graus de perigosidade (Ferentz; Garcias, 2020).

Neste sentido, entende-se que estes critérios devam pautar fundamentalmente o princípio da multidisciplinaridade, envolvendo as dimensões físicas, econômicas, sociais e de infraestrutura (Zhang *et al.* 2020; Anelli; Tajani; Ranieri 2022). A dimensão física, nesse contexto, aborda questões relacionadas aos processos perigosos, apontando condicionantes geomorfológicos e hidrológicos. A dimensão econômica inclui aspectos de vulnerabilidade econômica e danos materiais causados por desastres. A dimensão social aborda aspectos da população residente nas áreas de risco, como a vulnerabilidade social e os impactos dos desastres à vida humana. Já a dimensão de infraestrutura inclui os aspectos relacionados à qualidade e resiliência das estruturas das áreas de risco, bem como os equipamentos de serviços essenciais e os acessos viários.

Estas dimensões representam a multidisciplinaridade envolvida no processo do planejamento urbano voltado para a gestão de riscos. Estas quatro dimensões foram analisadas neste trabalho. Notou-se que os especialistas atribuíram maior nível de importância para a dimensão social (43,7%) (Tabela 1). Isto demonstra a importância dos processos perigosos em situações em que a vulnerabilidade social da população é acentuada, realidade essa que é possível ser verificada na

maioria das periferias brasileiras. Ainda, a dimensão social representa os fortes danos à vida humana causados por desastres. Somente no desastre ocorrido em maio de 2024, no Rio Grande do Sul, houve 178 óbitos, 806 feridos e 34 pessoas desaparecidas. Além disso, mais de 380 mil pessoas ficaram desalojadas (Defesa Civil, 2024). Estes dados demonstram a importância de a dimensão social ser considerada uma das mais importantes pelos especialistas. A dimensão foi considerada ponto-chave para avaliar as condições de vulnerabilidade das áreas de risco, visto que as piores condições demandarão do Poder Público a adoção de políticas públicas de maior complexidade, mais amplas e onerosas. Essa tendência pode ser observada na literatura de gestão de riscos. Adotar as medidas de mensuração das vulnerabilidades sociais é uma forma de aprimorar os processos de planejamento e gerenciamento do risco. É necessário o enfoque na capacitação dos agentes locais para melhorar a percepção do risco da população que mais sofre com os desastres (Alvalá *et al*., 2024; CEPED UFSC, 2013; Silva Filho *et al*., 2017). Além do mais, a dimensão social é pautada na construção de cidades sustentáveis e resilientes (ONU, 2015).

A dimensão física resultou em 25,5% de nível de importância, se assimilando ao peso da dimensão infraestrutura, com 19,43% (Tabela 1). Ambas avaliam aspectos físicos, estando a primeira relacionada aos condicionantes físico-naturais do meio e a segunda aos condicionantes das ações da urbanização. Por último, a dimensão econômica, com menores níveis de importância, resultando em 11,4% do todo. A dimensão econômica tem ligação aos possíveis impactos econômicos dos desastres nas cidades, todavia, neste cenário, não ganha nível alto de importância. Uma das formas de diminuir o impacto de desastres é através da mitigação, que por sua vez abrange questões sociais e de infraestrutura (Marchezini *et al.*, 2024). Esta tendência reflete o cenário de aumento de desastres no Brasil, enquanto surge uma lacuna de investimentos de prevenção e redução dos riscos. Estes investimentos de prevenção são mais eficazes na redução do número de vítimas e da população diretamente afetada, além de menores perdas econômicas (Silva *et al.*, 2025). Para cada uma das dimensões, foram elencados critérios e pesos. O peso final dos critérios é o produto do peso da sua respectiva dimensão com o seu respectivo peso inicial. Os resultados estão dispostos na Tabela 1, a seguir.

Dimensões		**Critérios**	**Pesos dos critérios em cada cenário (W)**		
Nome	**w_d**		**Enxurradas**	**Movimentos de massa**	**Inundações**
Social	43,71	Possibilidade de Vítimas	17,90	20,80	17,85
		Vulnerabilidade social	8,53	7,40	10,10
		População afetada	7,55	7,45	6,90
		Necessidade de reassentamento	9,73	8,06	8,86
Infraestrutura	19,43	Impacto nas infraestruturas essenciais	8,32	7,91	7,81
		Resiliência da infraestrutura	2,88	4,06	3,86
		Qualidade das edificações	3,54	2,66	3,12
		Qualidade dos acessos viários	4,69	4,80	4,65
Econômica	11,37	Prejuízo econômico direto	4,59	4,59	4,59
		Prejuízo econômico indireto	1,61	1,61	1,61
		Vulnerabilidade econômica	5,17	5,17	5,17
Física	25,50	Velocidade	9,45	N/A	10,60
		Dano físico/ambiental	2,40		4,48
		Forma do canal	3,91		N/A
		Distância do perigo	9,74	10,01	
		Declividade	N/A	8,81	
		Tipo de solo		6,68	
		Cota de atingimento		N/A	6,69
		Área de abrangência			3,73
soma	100,00		100,00	100,00	100,00

Tabela 1: Pesos das dimensões e critérios de priorização de áreas de risco.
Nota: Para a dimensão física, os critérios foram elencados de acordo com as especificidades de cada cenário de risco, considerando as características do processo perigoso, portanto, existem pesos não aplicáveis em determinados cenários.
Fonte: os autores (2025).

Para a dimensão social, o principal ponto em comum entre os critérios é a priorização a partir do risco à vida humana. As medidas de mitigação em áreas de risco devem incluir medidas não estruturais, que garantam à população locais seguros para viver, equitativos, com acesso a equipamentos e que essencialmente diminuam o impacto direto à população. Para todos os cenários, o critério de possibilidade de vítimas apresentou maior grau de importância para a priorização de áreas de risco, de acordo com a percepção dos especialistas. O critério ficou com peso acima de 17% em relação ao todo, demonstrando a criticidade de uma gestão voltada para a diminuição desses indicadores (Alvalá *et al*., 2024; Silva Filho *et al*., 2017). Em seguida, os critérios de vulnerabilidade social e necessidade de reassentamento tiveram maiores pesos (entre 7 e 10%) e, por fim, o critério de população total afetada (cerca de 7%) (Figura 2).

Nota-se que, para o processo de movimentos de massa, o critério de possibilidade de vítimas teve maior nível de importância (20,8%) em relação às enxurradas (17,9%) e inundações (17,8%) (Figura 2). Os movimentos de massa são caracterizados por serem movimentos rápidos de solo e/ou rocha que se deslocam devido à declividade (Marchezini *et al.*, 2024) vinculados ao fator da incerteza de ocorrência. Estes eventos são distintos dos processos de enxurradas e inundações, caracterizando-se por serem ocorrências pontuais ou locais, além de que podem ser extremamente rápidos. Isto dificulta o entendimento da dinâmica, sendo difícil prever a ocorrência desses fenômenos (GPDEN, 2024). Neste sentido, a possibilidade de vítimas pode ser maior devido à dificuldade de prever e alertar as populações vulneráveis.

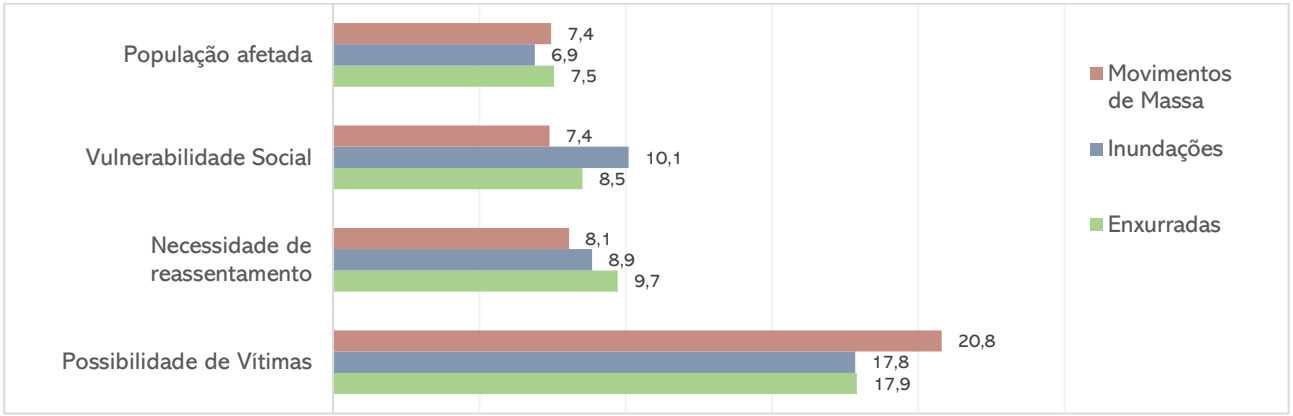

Figura 2: Comparativo dos pesos atribuídos aos critérios de priorização da dimensão social para os processos de inundações, enxurradas e movimentos de massa.
Fonte: os autores (2025).

É possível observar, ainda, que para o processo de inundações, o critério de vulnerabilidade social teve mais destaque (10,1%) do que em relação aos demais processos (7,4% e 8,5%) (Figura 2). Índices de vulnerabilidade, no caso de inundações, podem indicar locais prioritários para o restabelecimento dos serviços e da infraestrutura. Esse processo é importante para entender, durante as etapas de resposta e recuperação, os locais mais sensíveis socialmente e que demandarão maiores esforços para se recuperarem (IPH, 2024).

Para a dimensão de infraestrutura, os critérios levantados têm relação com a qualidade da infraestrutura nas áreas de risco. Notou-se que o critério de impacto nas infraestruturas essenciais teve maior importância atrelada em relação aos demais critérios, com cerca de 8% do todo. Os equipamentos públicos, como centros educacionais e de saúde, desempenham um papel fundamental na sociedade e são centros importantes durante a ocorrência de desastres. Estes equipamentos servem de apoio à população diretamente atingida, além de serem suporte para abrigos e centros organizacionais em emergências. O critério de qualidade dos acessos viários, apesar de resultar em um peso menor (média de 4,7%), também foi considerado mais importante nessa dimensão. Este critério está atrelado ao bom funcionamento das rotas de fuga em emergências. Neste sentido, o critério prevê a priorização de áreas em que esses acessos são mais precários. Por fim, foram elencados os critérios de resiliência da infraestrutura e qualidade das edificações, com níveis de importância abaixo de 4% do todo (Figura 3).

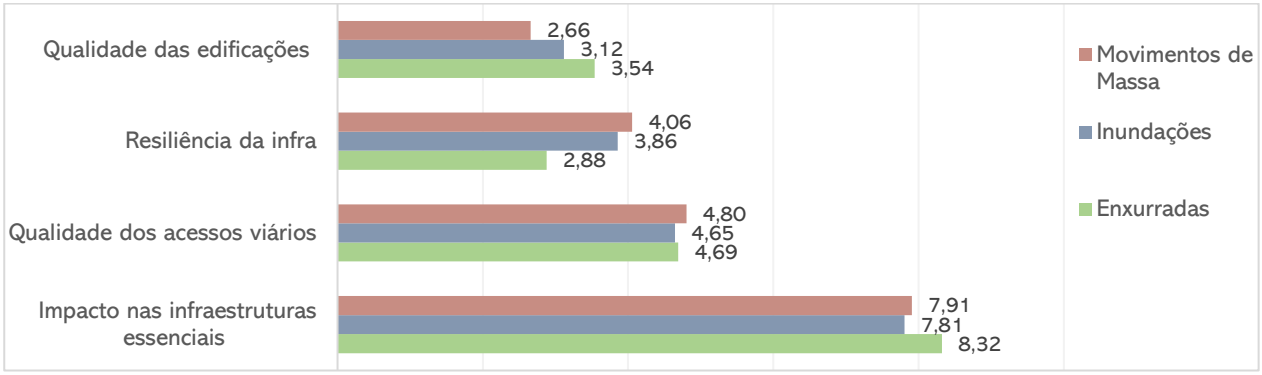

Figura 3: Comparativo dos pesos atribuídos aos critérios de priorização da dimensão infraestrutura para os processos de inundações, enxurradas e movimentos de massa.
Fonte: os autores (2025).

Já para a dimensão física, a dinâmica de levantamentos foi distinta das demais dimensões. Neste caso, é necessário identificar padrões distintos para cada tipo de processo perigoso para elencar os critérios para priorização das áreas de risco, pois sabe-se que cada processo possui condicionantes específicos. Pode-se observar que os critérios da dimensão física com maiores níveis de importância estão relacionados aos fatores de exposição e velocidade dos processos. Os critérios ligados à exposição, como distância do perigo e cota de atingimento, ficaram entre os critérios com maior peso em cada cenário analisado, sendo o critério mais importante para enxurradas e movimentos de massa, com peso acima de 9% em relação ao todo. Já a velocidade do processo também recebeu destaque nos processos de enxurrada e inundações, com pesos acima de 9% (Figura 4).

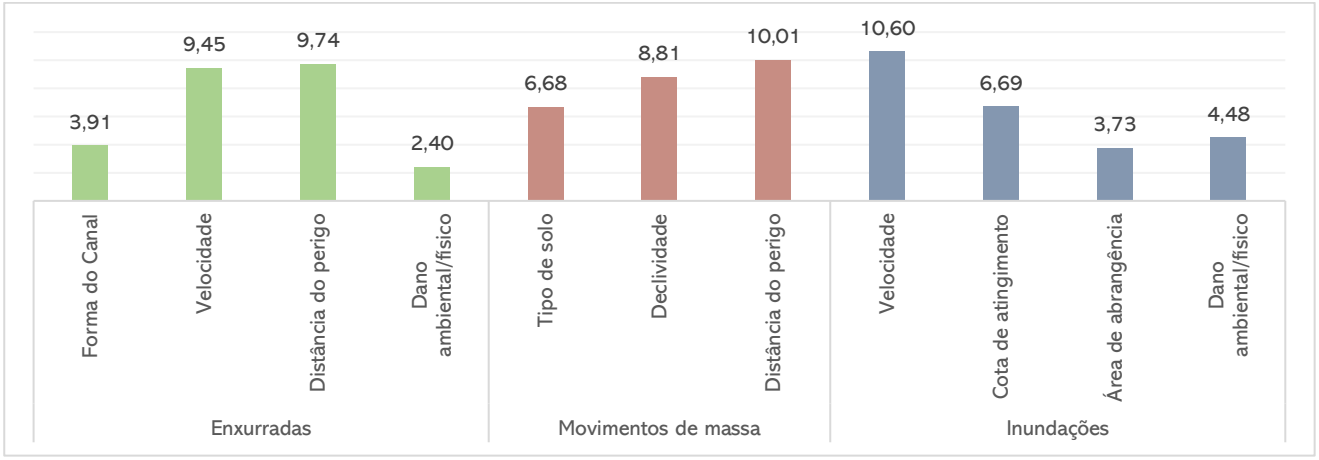

Figura 4: Comparativo dos pesos atribuídos aos critérios de priorização da dimensão física para os processos de inundações, enxurradas e movimentos de massa.
Fonte: os autores (2025).

Por fim, a dimensão econômica teve menores índices de importância. A dimensão, apesar de possuir aspectos fundamentais para priorização de áreas de risco e estudo de viabilidades financeiras de medidas de mitigação, teve menor peso em relação às demais. Neste sentido, os critérios que possuem características voltadas para proteção às vidas humanas ganham mais destaque do que os voltados para áreas econômicas. Além do mais, o comprometimento da gestão pública em melhorias da resiliência das áreas de risco pode acarretar menores prejuízos econômicos no futuro (Silva *et al.*, 2025; Marchezini *et al.*, 2024). Isto destaca a importância de considerar as dimensões sociais e de infraestrutura no planejamento urbano sustentável e resiliente, voltado para a gestão de riscos de desastres. Dentre os critérios da dimensão econômica, ficaram

com maior destaque a vulnerabilidade econômica (5,17%) e prejuízo econômico direto (5,59%) e com menor destaque o prejuízo econômico indireto (1,61%).

5. CONCLUSÕES

O levantamento e avaliação de critérios para priorização de áreas de risco mostram que o caminho para o planejamento urbano, voltado para a gestão de riscos de desastres, está relacionado à multidisciplinaridade na análise dos processos perigosos de cada cidade. Sabe-se que o planejamento urbano tem seus desafios e, por isso, pensar em critérios que possam auxiliar na tomada de decisão pode ser o caminho para que as políticas públicas sejam mais bem direcionadas. Além disso, os critérios de priorização são essenciais para um olhar mais abrangente do gestor público para as dificuldades enfrentadas pelas comunidades que vivem em áreas de risco.

Os resultados obtidos indicam que os critérios seguem essencialmente os conceitos atrelados ao risco, como os condicionantes físicos, a vulnerabilidade e a exposição. Isto mostra que o delineamento metodológico proposto para a construção de uma ferramenta multicritério pode ser empregado na gestão de riscos de desastres. Os critérios da dimensão social tiveram maior destaque em todos os cenários, indicando a percepção dos especialistas em relação à prioridade de ações voltadas às áreas mais vulneráveis socialmente. A dimensão física também ganha destaque, principalmente entre os critérios relacionados à exposição e velocidade dos processos.

Entende-se que este conjunto de critérios possa ser utilizado em diferentes cenários de análise, inclusive em outras cidades brasileiras. Todavia, é importante destacar que os critérios podem ter diferentes pesos em diferentes contextos, por isso, a necessidade de uma equipe com a presença de profissionais capacitados de diferentes disciplinas. O trabalho apresentado mostrou um método para composição desses critérios, o que pode ser replicável em outros locais. Os critérios de priorização são um instrumento para gestão eficaz de mitigação de riscos. É a forma de mensurar os conceitos de maneira numérica, buscando a padronização e a melhor caracterização do objeto de análise, considerando as questões sociais, físicas, econômicas e da infraestrutura como elementos chave na redução dos riscos.

O trabalho terá continuidade com a aplicação dos pesos nas áreas de risco de Porto Alegre, com o objetivo de compor uma ferramenta de apoio a tomada de decisão, indicando áreas prioritárias para a execução de planos de mitigação de desastres, embasadas na sustentabilidade e resiliência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability, and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2–4, p.107–124, 2002.

ALVALÁ, R. C. S. *et al*. Analysis of the hydrological disaster occurred in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, in September 2023: Vulnerabilities and risk management capabilities. **International Journal of Disaster Risk Reduction**; v. 110, p. 18, 2024.

ANELLI, D.; TAJANI, F.; RANIERI, R. Urban resilience against natural disasters: Mapping the risk with an innovative indicators-based assessment approach. **Journal of Cleaner Production,** v. 371, p. 133496, 2022.

ASSIS, J. E. D. S. *et al*. Uso da Matriz GUT como ferramenta voltada para o planejamento estratégico de ações voltadas para a gestão de risco de desastres (GRD). **Revista de Arquitetura IMED,** v. 13, n. 2, p. 1, 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.608**. institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm, acesso maio de 2025.

BRESSANI, L. A. **GESTÃO DE RISCOS**: Conceitos e instrumentos - casos e aprendizados. Porto Alegre/RS: 2024

BRESSANI, L. B.; Costa, E.A. da. Cartas geotécnicas aplicadas ao planejamento territorial – alguns ajustes no instrumento. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 1, 2015.

CEPED UFSC, U. F. de S. C. **Gestão de desastres e ações de recuperação**. [S. l.]: Ceped Ufsc, 2014.

DECINA, T. G. T.; BRANDÃO, J. L. B. Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 207–217, 2016.

DEFESA CIVIL – RS. Defesa Civil atualiza balanço das enchentes no RS – 10/6, 9h. Porto Alegre, 11 jun. 2024. Disponível em: https://www.defesacivil.rs.gov.br/defesa-civil-atualiza-balanco-das-enchentes-no-rs-10-6-9h-6671eb9e34066-6679e4a1759fd. Acesso em: 16 jul. 2025.

FERENTZ, L. M. S.; GARCIAS, C. M. State capacity in risk and disaster management after the national policy of protection and civil defense (Law 12.608/2012). **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 10, n. 1, p. 245–267, 2020.

GPDEN. **Nota técnica:** Sinais da ocorrência de movimentos de massa (escorregamento translacional, escorregamento rotacional e fluxo de detritos). Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) do IPH/UFRGS, 2024.

IPH. **Nota técnica: Aplicação de índice de vulnerabilidade social em Porto Alegre em virtude das inundações de maio de 2024**. Instituto de Pesquisas Hídricas, UFRGS, 2024.

LANA, J. C. **Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial**. Brasília, DF: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2021.

MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; AGRIZZI, D. V. Uso De Geotecnologias Para Mapeamento De Áreas De Risco De Inundação Em Guaçuí, ES. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, 2011.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Mapeamento De Risco De Desastres Naturais Do Estado De Santa Catarina. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 17, p. 72–84, 2006.

MARCHEZINI, V. *et al*. **Capacidades Organizacionais de Preparação para Eventos Extremos**: Glossário Transdisciplinar. São José dos Campos, SP: Victor Marchezini, 2024.

MCID. **Periferia Sem Risco:** Guia para Planos Municipais de Redução de Riscos. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2024.

MDR. **GIRD+10**: Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2021.

ONU. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, Organização das Nações Unidas, 2015. https://sdgs.un.org/2030agenda.

ONU. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. Sendai, Japão: Organização das Nações Unidas, 2015.

SAATY, T. L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process**. New York, USA: McGraw-Hill.

SILVA, M. A. G. *et al*. From setback to breakthroughs: The shift in financial investment balance perspectives for disaster risk and management in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction,** v. 119, 2025.

SILVA FILHO, L. C. P. S. *et al*. Mapeamento de vulnerabilidades em áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações de oito municípios do RS. In: 15º **Congresso Brasileiro De Geologia De Engenharia E Ambiental**, 2017.

TAHERDOOST, H.; MADANCHIAN, M. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. **Encyclopedia**, [*s. l.*], v. 3, n. 1, p. 77–87, 2023.

WILDEN, D.; FELDMEYER, D. Measuring knowledge and action changes in the light of urban climate resilience. **City and Environment Interactions**, v. 10, p. 100060, 2021.

ZHANG, M. *et al*. Measuring Urban Resilience to Climate Change in Three Chinese Cities. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9735, 2020.

ZOBEL, C. W.; KHANSA, L. Characterizing multi-event disaster resilience. Computers & **Operations Research**, v. 42, p. 83–94, 2014.

AGRADECIMENTOS

Ao Ministério das Cidades e à Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) pelo apoio e fomento a esta pesquisa. À CAPES, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura (PPGCI), pelo apoio a esta pesquisa.