

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO
Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho

Deivid Dener Pereira Coelho Favato

GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES E METODOLOGIAS
DE REPRESENTAÇÃO ESPACIAL NO ESTUDO DE ÁREAS
DE RISCO SOCIOAMBIENTAL: UMA ANÁLISE DO
MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO DAS NEVES/MG

Belo Horizonte

2025

Deivid Dener Pereira Coelho Favato

GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES E METODOLOGIAS DE
REPRESENTAÇÃO ESPACIAL NO ESTUDO DE ÁREAS DE RISCO
SOCIOAMBIENTAL: UMA ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO
DAS NEVES/MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na modalidade de monografia ao Curso de Graduação em Administração Pública da Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho da Fundação João Pinheiro, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração Pública.

Orientadora: Dra. Carolina Portugal Gonçalves da Motta.

Belo Horizonte

2025

F272g Favato, Deivid Dener Pereira Coelho.
Gestão de riscos de desastres e metodologias de representação espacial no estudo de áreas de risco socioambiental: uma análise do município de Ribeirão das Neves/MG / Deivid Dener Pereira Coelho Favato. – 2025.

150 f. ; il.

Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Administração Pública) – Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, Fundação João Pinheiro, 2025.

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Portugal Gonçalves da Motta.

Bibliografia: f. 137-147

1. Risco ambiental - Vulnerabilidade social - Ribeirão das Neves (MG). 2. Desastre ecológico - Administração pública - Ribeirão das Neves (MG). 3. Mapeamento geológico - Deslizamento - Enchente.

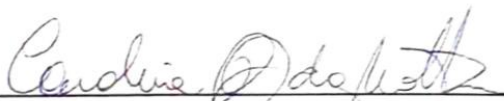
CDU 504.4:35(815.12 Ribeirão das Neves)

Deivid Dener Pereira Coelho Favato

GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES E METODOLOGIAS DE
REPRESENTAÇÃO ESPACIAL NO ESTUDO DE ÁREAS DE RISCO
SOCIOAMBIENTAL: UMA ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO DAS
NEVES/MG

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Administração Pública da Escola de Governo
Professor Paulo Neves de Carvalho, da
Fundação João Pinheiro, como requisito
parcial para a obtenção do título de bacharel
em Administração Pública.

Aprovada na Banca Examinadora



Prof. Dra. Carolina Portugal Gençalves da Motta (Orientador) – Fundação
João Pinheiro



Prof. Dr. Ricardo Carneiro (Avaliador) – Fundação João Pinheiro



Prof. Dr. Cláudio Jorge Cançado (Avaliador) – Fundação João Pinheiro

Belo Horizonte, 9 de dezembro de 2025

À Samyah, a estrela que nasceu e tornou
meu céu mais iluminado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte do esforço conjunto de pessoas que desejam uma sociedade melhor, menos desigual e com espaços que efetivem o pleno direito à cidadania. Portanto, meu agradecimento a elas.

Em especial, deixo meus agradecimentos aos meus pais, Maria Emília e Rubem, referências na minha vida, pelo apoio, incentivo e paciência nessa jornada.

Agradeço também à minha pequena filha Samyah, dádiva da vida, que chegou em um momento tão especial e tem me ensinado que a vida vale a pena ser vivida.

À Kâmila, por todo amor, apoio, paciência e compreensão nos momentos mais difíceis, incluindo noites em claro e cuidados com nossa filha.

À turma 44 CSAP, e em especial ao grupo “Old School”, que tornou todo esse caminho menos pesado de ser percorrido. Aos grandes amigos Carolina, Danielle, Diogo, Felipe e Luciana, sucesso na vida! E a outros grandes amigos que fiz durante o curso, desejo uma ótima trajetória profissional e que impactem positivamente no Estado e na sociedade.

À minha orientadora, profa. Dra. Carolina Portugal, pelas produtivas conversas, orientações e pela liberdade no desenvolvimento do tema.

Ao grupo de extensão “A Administração Pública e Desastres Socioambientais”, pelos trabalhos, viagens, discussões e desenvolvimento desse assunto tão importante no momento atual, e que acabou me inspirando na escolha do tema de pesquisa. Não deixem essa chama se apagar!

Aos demais servidores, funcionários e colaboradores da Escola de Governo, da Fundação João Pinheiro, e servidores da CAMG que convivi enquanto estagiário, tanto da SEJUSP quanto na SCR RD, pelo carinho e atenção.

O espaço não é apenas receptáculo: é campo de disputas, abrigo de identidades e instrumento de poder, divisão e união, construção e destruição, onde as relações humanas se avivam, se confrontam e se transformam.

RESUMO

A intensificação dos desastres socioambientais no Brasil tem evidenciado limites significativos das capacidades estatais na prevenção, mitigação e resposta a esses eventos. O município de Ribeirão das Neves, localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG), exemplifica esse contexto, sendo marcado por vulnerabilidades sociais e suscetibilidades naturais que agravam a situação. A presente monografia procura discutir a Gestão de Riscos de Desastres socioambientais (GRD) no contexto da administração pública, e propor, como eixo empírico, o mapeamento de áreas de risco no município. Metodologicamente, utiliza-se de revisão bibliográfica, análise documental e geotecnologias aplicadas à identificação de áreas suscetíveis a eventos geológicos (movimentos de massa e deslizamentos) e hidrológicos (inundações e enchentes). Como resultado e conclusões, o mapeamento desenvolvido revela-se como um importante instrumento, podendo ser integrado como ferramenta de apoio à decisão e à formulação de estratégias locais de prevenção e resposta, contribuindo para reduzir a distância entre os marcos normativos e sua efetivação prática.

Palavras-chave: mapeamento de áreas de risco; riscos socioambientais; desastres socioambientais; metodologia AHP; título.

ABSTRACT

The intensification of socio-environmental disasters in Brazil has highlighted significant limitations in the state's capacity to prevent, mitigate, and respond to these events. The municipality of Ribeirão das Neves, located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (MG), exemplifies this context, being marked by social vulnerabilities and natural susceptibilities that exacerbate the situation. This monograph seeks to discuss the Management of S

ocio-environmental Disaster Risks (SDR) in the context of public administration and proposes, as an empirical axis, the mapping of risk areas in the municipality. Methodologically, it uses bibliographic review, document analysis, and geotechnologies applied to the identification of areas susceptible to geological events (mass movements and landslides) and hydrological events (floods and inundations). As a result and in conclusion, the developed mapping reveals itself as an important instrument, which can be integrated as a tool to support decision-making and the formulation of local prevention and response strategies, contributing to reducing the gap between normative frameworks and their practical implementation.

Keywords: Mapping of risk areas; socio-environmental risks; socio-environmental disasters; AHP methodology; title.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Municípios visitados no âmbito do projeto "Desastres Socioambientais e Administração Pública"	17
Figura 2: Visitas a pontos críticos na imersão da extensão sobre desastres socioambientais	18
Figura 3: Edição do Protocolo de Enfrentamento de Desastres Naturais, produzido pela equipe do projeto Desastres Socioambientais e Administração Pública, da FJP, em parceria com o MPMG.	19
Figura 4: Notícias sobre eventos de destaque ocorridos recentemente no Brasil	22
Figura 5: Índice global de Risco para desastres naturais em 2022	27
Figura 6: Síntese do desastre socioambiental	46
Figura 7: Gestão de Riscos e Gerenciamento de Desastres	50
Figura 8: Capacidades estatais e suas esferas de efetivação	52
Figura 9: Estrutura geral do Sinpdec	54
Figura 10: Esquema geral do ciclo PDCA	59
Figura 11: Ciclo geral de ações no contexto do Planejamento e gestão de Desastres e Riscos de Desastres	61
Figura 12: Regionalização administrativa de Ribeirão das Neves	69
Figura 13: Fluxograma da síntese metodológica da pesquisa	72
Figura 14: Processo de elaboração de modelos de síntese espacial	74
Figura 15: Hierarquia da análise multicritério	78
Figura 16: Fluxograma de normalização dos subcritérios ambientais	87
Figura 17: Altimetria de Ribeirão das Neves	89
Figura 18: Classificação dos solos de Ribeirão das Neves	91
Figura 19: Declividade de Ribeirão das Neves	93
Figura 20: Deflúvio superficial de Ribeirão das Neves.....	95
Figura 21: Mapa da pluviosidade média de Ribeirão das Neves	96
Figura 22: Mapa de uso e ocupação do solo de Ribeirão das Neves	98
Figura 23: Mapa de densidade habitacional de Ribeirão das Neves	100
Figura 24: Fluxograma de normalização de variáveis sociais	104
Figura 25: Distribuição espacial de mulheres pretas, com 15 anos ou mais, analfabetas	105
Figura 26: Distribuição espacial de mulheres idosas	107
Figura 27: Distribuição espacial de crianças de 0 a 9 anos	109
Figura 28: Distribuição espacial da população preta.....	110
Figura 29: Distribuição espacial de domicílios improvisados ocupados	112
Figura 30: Distribuição espacial no número de moradores	113
Figura 31: Distribuição espacial de domicílios sem ligação com redes de água encanada.....	114
Figura 32: Distribuição espacial da coleta de lixo	116
Figura 33: Distribuição espacial da renda média populacional	118

Figura 34: Distribuição espacial de domicílios em ruas sem pavimentação	119
Figura 35: Distribuição espacial de domicílios em vias sem iluminação pública	121
Figura 36: Mapa de perigo geológico de Ribeirão das Neves	124
Figura 37: Mapa de perigo hidrológico de Ribeirão das Neves.....	125
Figura 38: Comparação dos pontos amostrais com as áreas mapeadas	126
Figura 39: Carta de vulnerabilidade social	128
Figura 40: Mapa síntese do risco socioambiental de enchentes/inundações.....	130
Figura 41: Mapa síntese do risco socioambiental de deslizamentos/movimentos de massa	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Princípios e diretrizes gerais dos marcos normativos em nível internacional	26
Quadro 2: Competências municipais na GRD estabelecidas na PNPDEC	55
Quadro 3: Ações e estratégias essenciais na GRD e GD	63
Quadro 4: Principais decretos emitidos pelo município nos últimos anos	70
Quadro 5: A escala fundamental de comparação pareada de Saaty	79
Quadro 6: Quadro de avaliadores de subcritérios categóricos	80
Quadro 7: Escala taxonômica de variáveis.....	83
Quadro 8: Variáveis utilizadas em estudos de análise de risco	85
Quadro 9: Variáveis ambientais utilizadas na composição das cartas de perigo	86
Quadro 10: Variáveis sociais utilizadas em diferentes estudos de indicadores sociais	101
Quadro 11: Variáveis sociais utilizadas na composição das cartas de vulnerabilidade	103
Quadro 12: Vantagens e desvantagens da metodologia AHP	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de desastre protocolados com maior ocorrência no Brasil entre 1991 e 2024	30
Tabela 2: Prejuízos humanos e materiais por estado entre 2013 e 2023	32
Tabela 3: Detalhamento das despesas em Defesa Civil e Gestão de Desastres em MG (em milhões de R\$).....	57
Tabela 4: Valores gerais do ranking de municípios prioritários baseado no ISRM	66
Tabela 5: Tabela de valoração de critérios	80
Tabela 6: Valores de referência do Índice Randômico.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (Processo Analítico Hierárquico)
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CNM	Confederação Nacional dos Municípios
Cobrade	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
Conpdec	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FJP	Fundação João Pinheiro
GRD	Gestão de Riscos de Desastres
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IMRS	Índice Mineiro de Responsabilidade Social
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
MPMG	Ministério Público de Minas Gerais
N. do A.	nota do autor
ONU	Organização das Nações Unidas
PNPDEC	Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil
QGIS	Quantum GIS (<i>software</i> de Sistema de Informação Geográfica)
RDD	redução de risco de desastres
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
S2iD	Sistema Integrado de Informações de Desastres
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
Sinpdec	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
UNDRR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i> (Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	EMERGÊNCIA CLIMÁTICA E DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS: UM ASSUNTO DE URGÊNCIA NA AGENDA DO SÉCULO XXI	21
2.1	AGENDA SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS	23
2.2	PANORAMA DOS DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS NO BRASIL	28
2.3	PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO SOCIOAMBIENTAL: DEFININDO OS CONCEITOS	34
2.3.1	Sobre o conceito de <i>perigo</i>	35
2.3.2	Sobre o conceito de <i>vulnerabilidade</i>	38
2.3.3	A concepção sintética de <i>risco socioambiental</i>	43
2.3.4	A abordagem sociotécnica dos desastres	45
3	AS CAPACIDADES ESTATAIS E A GESTÃO DE RISCOS SOCIOAMBIENTAIS: O MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO COMO ELEMENTO DECISIVO NA GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES	48
3.1	AS CAPACIDADES ESTATAIS E A GESTÃO DE RISCOS SOCIOAMBIENTAIS	49
3.2	O MAPEAMENTO COMO INSTRUMENTO DECISIVO NO CONTEXTO DA CAPACIDADE TÉCNICA DE GRD	59
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	64
4.1	PROCESSO DE ESCOLHA DO MUNICÍPIO	64
4.1.1	Características gerais do município	67
5	ASPECTOS METODOLÓGICOS DO MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO	72
5.1	PRÉ-PROCESSAMENTO DE DADOS ESPACIAIS	74
5.2	METODOLOGIA DE ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS APLICADA AOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO ESPACIAL	75
5.2.1	Algoritmo de análise hierárquica	77
5.3	VARIÁVEIS ANALISADAS	84
5.3.1	Variáveis ambientais	85
5.3.1.1	Altimetria	88
5.3.1.2	Pedologia	90
5.3.1.3	Declividade	92
5.3.1.4	Deflúvio superficial	93
5.3.1.5	Pluviosidade média	95
5.3.1.6	Uso e ocupação	97
5.3.1.7	Densidade habitacional	99
5.3.2	Variáveis sociais	100
5.3.2.1	Variável V01	104
5.3.2.2	Variável V02	105
5.3.2.3	Variável V03	107
5.3.2.4	Variável V04	109
5.3.2.5	Variável V05	111
5.3.2.6	Variável V06	112
5.3.2.7	Variável V07	113
5.3.2.8	Variável V08	115
5.3.2.9	Variável V09	116
5.3.2.10	Variável V10	119
5.3.2.11	Variável V11	120
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	122
6.1	CARTAS DE PERIGO DE DESLIZAMENTOS/MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES/INUNDAÇÕES	122
6.2	CARTA DE VULNERABILIDADE	127
6.3	MAPAS SINTÉTICOS DE RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO	129
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
	REFERÊNCIAS	137
	APÊNDICE A – CLASSES DE PONDERAÇÃO DE SUBCRITÉRIOS DE RASTERS APÓS NORMALIZAÇÃO	148
	APÊNDICE B – MATRIZ DE JULGAMENTOS DE CRITÉRIOS E DESENVOLVIMENTO DO ALGORITMO MULTICRITÉRIO PARA PONDERAÇÃO DE CRITÉRIOS	149
	APÊNDICE C – REPORTAGENS ACERCA DE EVENTOS CLIMÁTICOS EM RIBEIRÃO DAS NEVES, ENTRE 2016 E 2025	150

1 INTRODUÇÃO

O tema da **gestão de riscos socioambientais** tem sido amplamente debatido na literatura acadêmica, principalmente devido às discussões sobre as mudanças climáticas em curso atualmente e seus efeitos sobre as populações de todo o planeta, a partir de variadas consequências, que vão desde desastres em áreas urbanas até migrações em massa forçadas por tais alterações.

Nas últimas décadas, o aumento da frequência e da intensidade dos desastres socioambientais tem exposto de forma crescente as fragilidades das capacidades estatais na prevenção, mitigação e resposta a tais eventos. Inundações, deslizamentos, secas e outros fenômenos têm afetado desproporcionalmente populações vulneráveis, especialmente em áreas urbanas periféricas e territórios marcados por desigualdades socioespaciais. Nesse contexto, a gestão de riscos de desastres emerge como um campo estratégico de atuação do Estado, exigindo políticas públicas articuladas, planejamento territorial eficaz e instrumentos técnicos que possibilitem o reconhecimento e a intervenção sobre áreas de risco.

No Brasil, nos últimos 25 anos foram registrados aproximadamente de 64 mil registros de eventos, com prejuízos totais estimados em mais de 330 bilhões de reais (CEPED, 2020). Nessa soma incluem prejuízos materiais públicos e privados, como destruição de habitações, ruas e edificações, perda de plantações animais domésticos e de criação, além de prejuízos na interrupção de serviços, como educação, saúde, saneamento básico, fornecimento de energia, transporte público, comércio e outras atividades direta e indiretamente afetadas.

No cenário nacional, o estado de Minas Gerais lidera o ranking de ocorrência de desastres naturais. No total, foram 9.561 registros entre 2013 e 2023. Para efeito de comparação, a Bahia vem em segundo lugar, com 6.149 registros. Dentre os tipos de desastres, aqueles provocados por chuvas e enxurradas ficam atrás apenas estiagem ou seca. Os registros de ocorrências de doenças infecciosas figura em terceiro lugar (CNM, 2024). Nesse contexto, as desigualdades sociais e espaciais no país, cujos reflexos podem ser observados nas precárias infraestruturas urbana e habitacional nas regiões mais pobres dos municípios, são fatores decisivos nesses eventos. Estas desigualdades ampliam as suas consequências, transformando-os em verdadeiros desastres humanitários, seja do ponto de vista material, com a destruição

de casas, ruas e da configuração urbana diretamente atingida, seja principalmente com a perda de vidas e desestruturação de famílias e comunidades inteiras.

No estado, Ribeirão das Neves aparece com especial destaque. Em levantamento feito pela Secretaria Adjunta de Articulação e Monitoramento – Seção Recursos Hídricos, da Presidência da República em 2023, o município aparece com a maior proporção de pessoas vivendo em áreas consideradas de risco geohidrológico, com aproximadamente 54% da população vivendo nessas áreas, número que representa mais 179 mil dos quase 330 mil habitantes que moram no município (BRASIL, 2023). Este fato, aliado a dados de IDH baixos em comparação a outros municípios de mesmo porte, e por estar na região metropolitana de Belo Horizonte, com grande fluxo de pessoas, despertou o interesse na sua análise como caso concreto da presente pesquisa.

Diante desses problemas, inquietações surgiram e foram decisivas para desenvolver a questão norteadora da pesquisa, que se consolidou da seguinte maneira: ***como se efetivam as capacidades técnicas na gestão de riscos de desastres socioambientais, em âmbito municipal, e especificamente no município de Ribeirão das Neves, no sentido de operacionalizar uma metodologia de mapeamento de áreas de risco em seu território?*** Espera-se, com o desenvolvimento da pesquisa, responder a essa pergunta de maneira satisfatória e avançar tanto nas discussões teóricas acerca das capacidades municipais de gestão de riscos de desastres socioambientais, como também nas discussões metodológicas e práticas de desenvolvimento de um modelo de mapeamento que contemple a identificação de áreas de vulnerabilidade social e perigo natural para o município em questão.

Nesse sentido, o principal objetivo da pesquisa é, a partir da investigação das capacidades técnicas de mapeamento urbano, propor e aplicar uma metodologia de mapeamento, utilizando a análise multicritério para a elaboração de cartas de áreas de risco no município de Ribeirão das Neves, em Minas Gerais. Dentre os objetivos específicos, pretende-se:

- i) Exibir um panorama geral das discussões acerca dos desastres socioambientais no mundo e no Brasil, mostrando a importância do assunto na agenda de políticas públicas do Estado;

- ii) Investigar o conceito de capacidades estatais no contexto da gestão de riscos socioambientais, identificando e problematizando as capacidades institucionais voltados ao mapeamento de áreas de risco no Brasil;
- iii) Propor uma abordagem metodológica para o mapeamento de áreas de risco que considere a composição de risco como resultado da composição das dimensões de perigo e vulnerabilidade, a partir da análise multicritério para a tomada de decisão, especificamente com o auxílio da metodologia AHP e;
- iv) Elaborar mapas sintéticos de áreas de risco do município de Ribeirão das Neves, onde estarão expostas zonas de vulnerabilidade social associadas a suscetibilidades geológicas e hidrológicas.

Os esforços para a execução desse trabalho justificam-se a partir de duas perspectivas: uma de ordem teórica/metodológica e outra de ordem prática. Sob a perspectiva teórica, o trabalho procura trazer reflexão e estabelecer discussões sobre o conceito de **risco socioambiental**, entendido pela literatura corrente como uma associação entre o perigo natural e a vulnerabilidade social (Marandola Jr. e Hogan, 2005; Cardoso, Silva e Guerra, 2020). Nesse sentido, procurará mostrar em que medida condições de vulnerabilidade social enfrentadas por populações em zonas urbanas potencializam os efeitos dos perigos naturais, quando associados ou sobrepostos em uma condição territorial na qual o planejamento urbano e o mapeamento de áreas de risco são deficientes e até inexistentes, como ocorre em grande parcela dos municípios de Minas Gerais.

Aliado a isto, procura-se estabelecer uma discussão acerca das capacidades estatais, voltadas sobretudo para ações dos poderes públicos municipais, em coordenação interfederativa com estados e União, na gestão de riscos socioambientais, através de suas potencialidades e limitações. Busca trazer luz à discussão sobre capacidades institucionais voltadas à Gestão de Riscos de Desastres (GRD) socioambientais, com foco na capacidade técnica do poder público municipal de promover estudos e técnicas de mapeamento de seus próprios territórios, sendo entendidos como elementos de essenciais no planejamento de políticas públicas de GRD (Freitas *et al.*, 2012).

Do ponto de vista metodológico, o estudo procura explorar a metodologia de análise hierárquica de processos desenvolvida por Saaty (1991, *apud*. Guerra, 2020), como um subsistema dos processos globais de análise de decisão multicritério

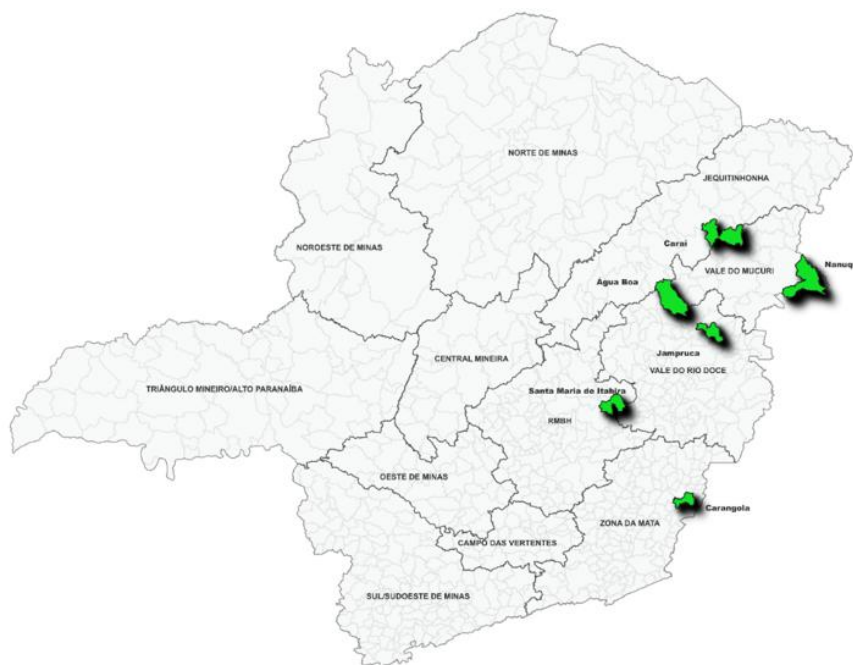
aplicada. Esse percurso metodológico mostra-se interessante pois é possível desenvolver indicadores a partir de variáveis selecionadas e ponderadas por ordem de relevância e peso. Ao aliar-se à modelagem SIG, é possível obter a integração dessas variáveis em um sistema capaz de identificar e classificar, espacialmente, os fenômenos ocorrentes em um ambiente. Concomitantemente, espera-se consolidar um percurso metodológico eficaz no que tange ao mapeamento de áreas de risco, em que áreas sejam identificadas conforme graus de perigo natural e vulnerabilidade social, para que o planejamento e a execução de políticas públicas sejam feitos de modo tempestivo em áreas consideradas críticas, diminuindo assim o tempo de resposta e aumentando a efetividade das ações do poder público em caso de desastres socioambientais.

Por fim, do ponto de vista prático, a pesquisa parte de inquietações oriundas de uma série de observações *in loco* feitas a partir de visitas a vários municípios mineiros, relacionadas aos trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa e extensão sobre Administração Pública e Desastres Socioambientais da Fundação João Pinheiro, em conjunto com o Ministério Público de Minas Gerais, no âmbito do projeto interno da Fundação denominado Desenvolver Capacidades. As atividades do referido grupo de extensão tiveram como objetivo analisar as capacidades das administrações municipais em relação ao desenvolvimento de ações voltadas para a Defesa Civil e ao gerenciamento de ações de prevenção, mitigação e remediação de efeitos deletérios relacionados a desastres socioambientais em seus territórios.

O projeto, iniciado em 2021, teve a oportunidade de visitar 6 municípios mineiros, sendo eles: Santa Maria de Itabira (RMBH), Carangola (Zona da Mata), Água Boa e Jampruca (Vale do Rio Doce), Caraí (Jequitinhonha) e Nanuque (Vale do Mucuri). A figura 1 destaca os locais visitados pelo projeto. Em dois ciclos de três semanas cada, equipe realizou visitas técnicas aos municípios, previamente selecionados pelo MPMG com base em critérios de vulnerabilidade social elevada, histórico de desastres ambientais e ausência de mecanismos institucionalizados de prevenção e combate a seus efeitos. Em cada município a equipe ficou por uma semana, onde foram ouvidos prefeitos, secretários, gestores e profissionais da defesa civil sobre os problemas e dificuldades enfrentados localmente, verificadas fragilidades institucionais e capacidades administrativas, operacionais, técnicas e orçamentárias das prefeituras no planejamento e execução de políticas públicas de

defesa civil, e desenvolvidas ações para a construção e consolidação de instrumentos de resiliência nos locais.

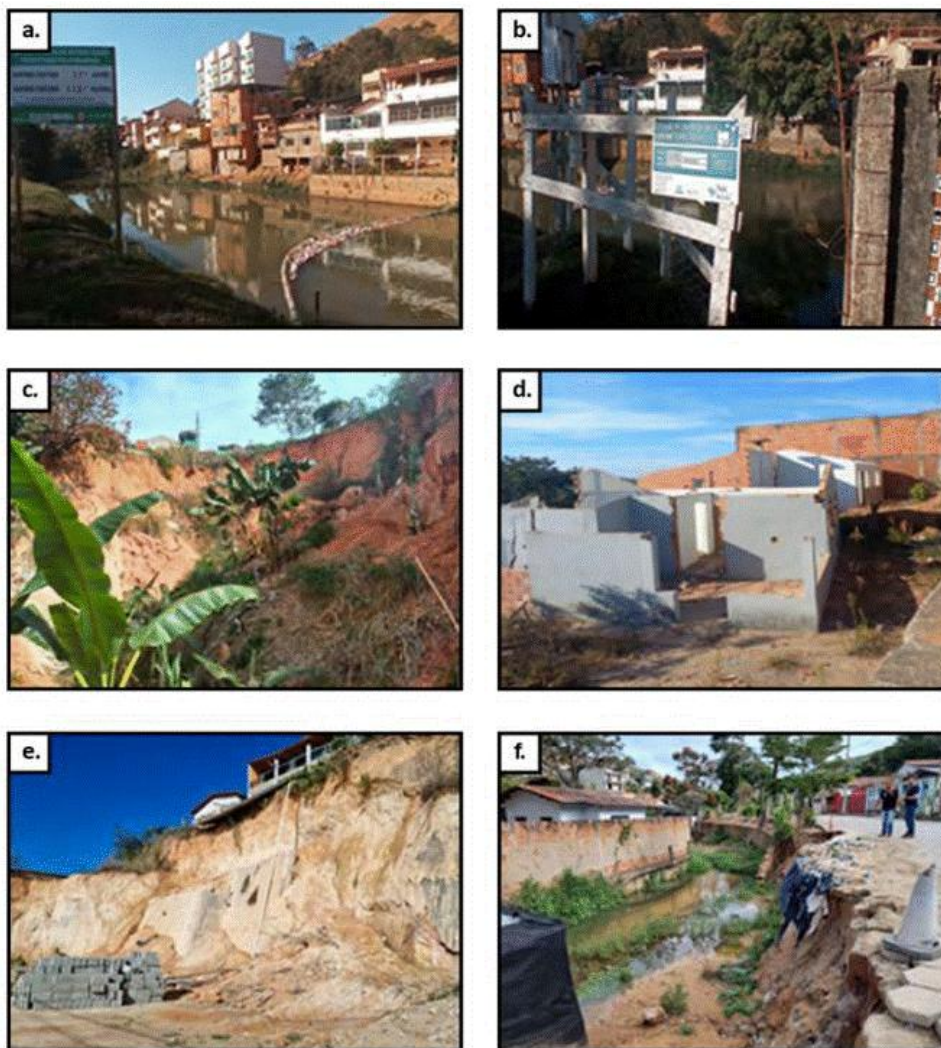
Figura 1: Municípios visitados no âmbito do projeto "Desastres Socioambientais e Administração Pública"



Fonte: elaboração própria.

Um cronograma de ações foi estruturado pela equipe de extensão, que envolveu: i) visitas técnicas, junto com gestores locais e profissionais destacados das defesas civis municipais às áreas de risco; ii) desenvolvimento de oficinas de capacitação, com foco na estruturação de Comitês Locais de Crise e Gestão de Desastres, na elaboração e desenvolvimento de Planos de Contingência e no acesso e cadastro na plataforma do governo federal denominada S2iD, que permite a captação de recursos financeiros a municípios que decretarem e comprovarem estado de calamidade pública devido a ocorrências de desastres; iii) elaboração de relatórios técnicos pela equipe sobre os pontos fortes e de atenção que o município tem em relação à capacidade institucional de gestão de desastres socioambientais, que posteriormente é enviado ao MPMG. Este, por sua vez realiza o monitoramento da evolução dos pontos de atenção junto aos municípios de forma contínua, podendo tomar medidas contra aqueles que não evoluírem em suas deficiências observadas. Algumas das condições encontradas nos locais visitados podem ser observadas na figura 2 a seguir.

Figura 2: Visitas a pontos críticos na imersão da extensão sobre desastres socioambientais



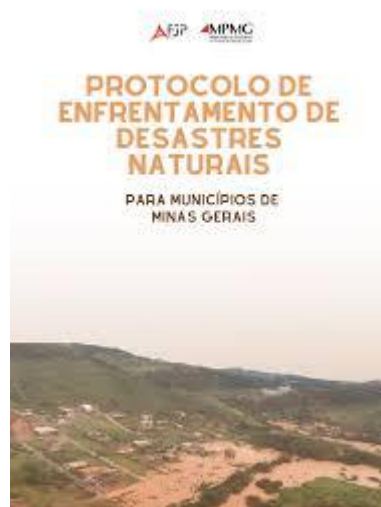
Fonte: acervo de pesquisa¹

A partir dos estudos e pesquisas ao longo do projeto, além das experiências acumuladas nas visitas técnicas, foram desenvolvidos pela equipe diferentes materiais, como relatórios, artigos e documentos técnicos, com especial destaque para o Protocolo de Enfrentamento de Desastres Naturais (FJP, 2022), desenvolvido em conjunto com o MPMG. O protocolo foi usado como material didático e de auxílio na preparação de oficinas de capacitação nos municípios visitados. Esta publicação procurou fornecer orientações básicas direcionadas aos gestores municipais na

¹ Imagens obtidas nas visitas aos locais afetados por desastres socioambientais nos municípios de Carangola (a) e (b), Água Boa (c) e (d), e Caraií (e) e (f). Em ordem, as imagens mostram: (a) a ocupação urbana no leito do rio Carangola, com destaque inferior à ecobarreira; (b) uma estação de monitoramento, com pluviômetro, régua e câmera de monitoramento; (c) um processo de voçorocamento em estágio avançado no perímetro urbano habitado do município; (d) casas danificadas e desocupadas, com risco iminente de desabamento; (e) encosta escavada de modo irregular, comprometendo as construções acima; e (f) rua danificada pela ação do córrego.

atuação antes, durante e após a ocorrência de desastres socioambientais. O protocolo oferece diretrizes para a tomada de decisão e para a execução de ações nos momentos de prevenção, preparação, mitigação, remediação e reparação de ambientes e comunidades inseridos no contexto dos eventos. A capa da publicação pode ser vista na figura 3 a seguir.

Figura 3: Edição do Protocolo de Enfrentamento de Desastres Naturais, produzido pela equipe do projeto Desastres Socioambientais e Administração Pública, da FJP, em parceria com o MPMG



Fonte: Google pesquisa².

Essa experiência serviu de base para o aprofundamento das investigações acerca das possibilidades e limitações dos municípios no desenvolvimento e gerenciamento de capacidades políticas, administrativas, técnicas e financeiras para lidar com situações de desastres em seus territórios. Em relação às capacidades técnicas, ficou constatado que os municípios não possuíam servidores em quantidade e capacitação suficientes para estabelecer estudos técnicos sobre os territórios sob sua jurisdição. Também ficou comprovada a ausência de mapeamentos sistemáticos dos territórios, identificação de áreas de risco e mecanismos territoriais de gestão de riscos, como identificação e mapeamento de rotas de fuga e pontos de encontro. A base cartográfica de boa parte das prefeituras, está restrita a uma série de mapeamentos feitos a aproximadamente dez anos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, uma empresa pública federal de pesquisa em geologia e

² O protocolo, na íntegra, pode ser acessado em: https://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2022/03/2022.11.18_Protocolo-de-Enfrentamento-de-Desastres-Naturais.pdf.

geociências, vinculada ao Ministério das Minas e Energia. Esses mapeamentos, entretanto, são em sua maioria básicos, limitando-se à circunscrição de áreas de risco, carecendo de informações mais completas sobre essas áreas e sobre as populações nelas inseridas.

Focado nas capacidades técnicas de identificação e elaboração de mapeamento de áreas de risco, a presente pesquisa procura explorar tal cenário e desenvolver uma modelagem analítica capaz de estabelecer-se como uma ferramenta eficaz na prospecção de áreas de risco de desastres, podendo assim subsidiar políticas públicas de prevenção, monitoramento e mitigação de efeitos caso aconteçam tais eventos.

Em relação à estrutura geral da pesquisa, esta subdivide-se em sete capítulos, descritos a seguir. O primeiro capítulo trata da introdução. O segundo capítulo abordará a emergência da discussão climática e suas consequências na sociedade. Além disso serão trabalhados e delimitados os principais conceitos discutidos ao longo da pesquisa. No terceiro capítulo, serão discutidos tópicos relacionados às capacidades na gestão de riscos socioambientais e à atuação do poder público, com principal enfoque nas capacidades de prospecção e mapeamento de áreas de risco. No quarto capítulo, serão detalhados os processos de escolha e caracterização da área de estudo, a saber o município de Ribeirão das Neves. Em seguida, no quinto capítulo, serão detalhados os aspectos metodológicos utilizados no tratamento de variáveis e prospecção e mapeamento das áreas, utilizando o AHP como base para o desenvolvimento dos produtos. No sexto capítulo, serão apresentados e discutidos os principais resultados, através de tabelas, gráficos e mapas temáticos evidenciando as áreas de perigo natural e propensão a deslizamentos de massa e enchentes e inundações, áreas de vulnerabilidade social e finalmente áreas de risco socioambiental, conjugando os resultados dos dois estágios anteriores. Por fim, o sétimo capítulo trará as discussões finais e reflexões fundamentadas nos resultados da pesquisa.

2 EMERGÊNCIA CLIMÁTICA E DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS: UM ASSUNTO DE URGÊNCIA NA AGENDA DO SÉCULO XXI

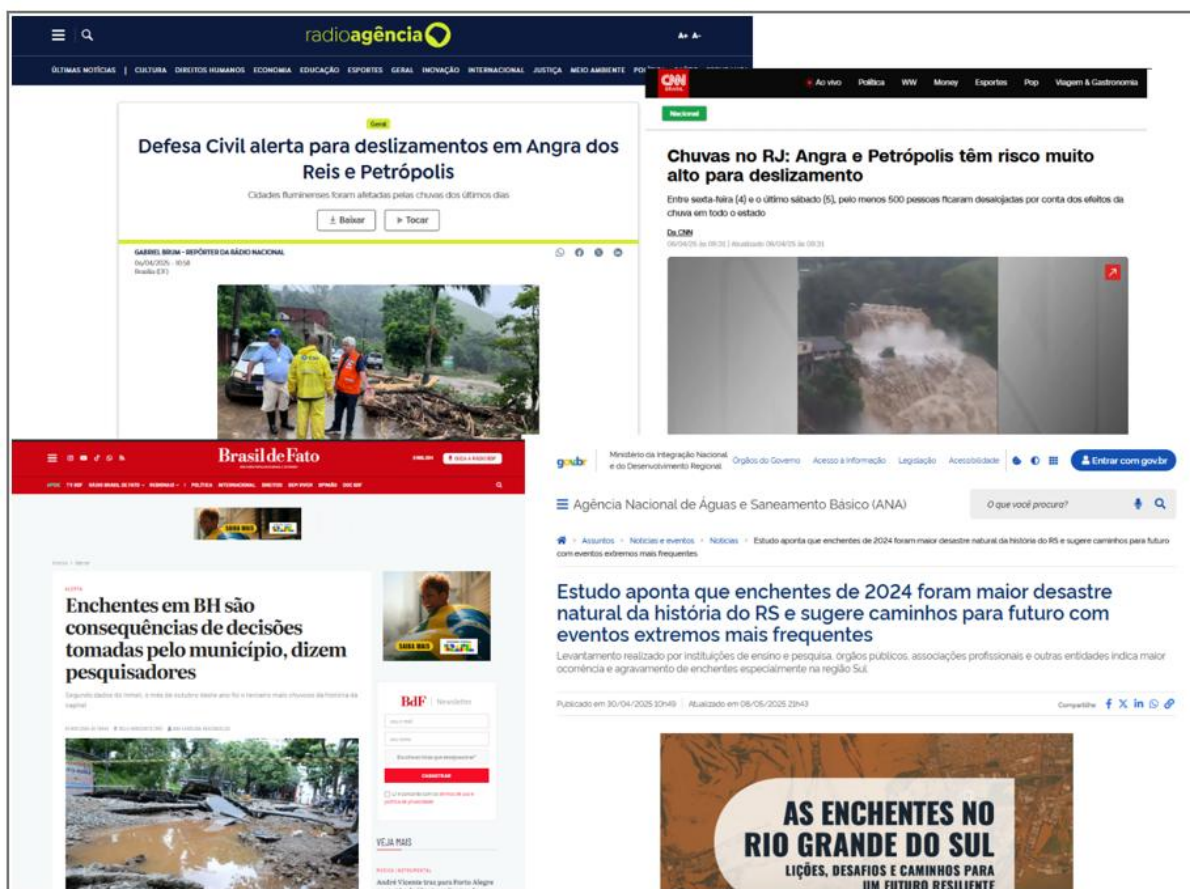
A emergência climática tem se consolidado como uma das maiores ameaças à humanidade hodiernamente. O aquecimento global, acelerado por atividades predatórias ao meio ambiente, como desmatamento, poluição das águas e uso de combustíveis fósseis e materiais plásticos tem acelerado mudanças profundas nos ecossistemas e intensificado eventos extremos. Essas transformações não apenas afetam a biodiversidade e o equilíbrio ambiental, mas também impõem sérios riscos à sociedade, sobretudo às populações mais vulneráveis.

Em várias partes do planeta tem se observado, com frequência e intensidade cada vez maiores, desastres como enchentes, inundações, incêndios florestais, secas e estiagens severas, deslizamentos de terra, entre outros correlatos. No Brasil, episódios recentes, como as enchentes no Rio Grande do Sul em 2024 ou os deslizamentos de massa decorrentes de fortes chuvas em Petrópolis, em 2022, evidenciaram deficiências do poder público em lidar de maneira eficiente e tempestiva, tanto em termos de resposta após o evento, quanto em termos preventivos, no monitoramento, mapeamento e salvaguarda de áreas de risco e alerta às populações vulneráveis.

Tais eventos não ocorrem de maneira isolada no país. Todos os anos, milhões de pessoas são direta e indiretamente afetadas, acarretando em prejuízos materiais e humanos em valores que são impossíveis de calcular em sua total amplitude. A figura 4 exemplifica o assunto. A cada ano que passa, a gravidade desses eventos se intensifica, dado que as mudanças climáticas globais amplificam os riscos naturais já existentes e fragilizam ainda mais a capacidade de resposta das comunidades locais (Marengo, 2007).

Frequentemente catástrofes são noticiadas à exaustão por meios de comunicação. Praticamente todos os municípios do Brasil possuem algum grau de propensão e perigo para a ocorrência de eventos extremos, que afetam, em maior grau de intensidade, populações com mais vulnerabilidade social e com menor grau de resiliência.

Figura 4: Notícias sobre eventos de destaque ocorridos recentemente no Brasil



Fonte: Google pesquisa³.

A gravidade dos eventos e das consequências deles decorrentes evidenciam a relação direta entre degradação ambiental e impactos sociais. O caso de Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro, em 2022, ilustra com clareza essa relação. Chuvas intensas provocaram deslizamentos que destruíram bairros inteiros e deixaram centenas de mortos. Apesar de a cidade possuir histórico de tragédias semelhantes desde o século XX, pouco se avançou em termos de obras de contenção, reordenamento urbano e sistemas de alerta à população (Blaudt, Alvarenga, Garin,

³ As quatro reportagens exibidas foram extraídas de páginas virtuais de canais oficiais de comunicação, a partir de pesquisas na página de buscas *Google Search*. Em sentido horário, a partir do canto superior esquerdo, as reportagens estão disponíveis em:

Primeira reportagem: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2025-04/defesa-civil-alerta-para-deslizamentos-em-angra-dos-reis-e-petropolis>. Acesso: 30/08/2025.

Segunda reportagem: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/sudeste/rj/chuvas-no-rj-angra-e-petropolis-tem-risco-muito-alto-para-deslizamento/>. Acesso: 30/08/2025.

Terceira reportagem: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/estudo-aponta-que-enchentes-de-2024-foram-maior-desastre-natural-da-historia-do-rs-e-sugere-caminhos-para-futuro-com-eventos-extremos-mais-frequentes>. Acesso: 30/08/2025.

Quarta reportagem: <https://www.brasildefato.com.br/2024/11/01/enchentes-em-bh-sao-consequencias-de-decisoes-tomadas-pelo-municipio-dizem-pesquisadores/>. Acesso: 30/08/2025.

2023). As enchentes que devastaram boa parte do Rio Grande do Sul no ano de 2024 foram descritas como as maiores da história do estado, com impactos registrados em 478 dos 497 municípios gaúchos. Mais de dois milhões de pessoas foram direta e indiretamente impactadas, e os impactos econômicos foram calculados em mais de 13 bilhões de reais, entre danos públicos e privados (ANA, 2025).

Além da intensidade dos eventos, o modo de ocupação desordenada do território brasileiro acaba se tornando um agravante da situação. O baixo poder regulador, fiscalizador e sancionador do poder público, sobretudo em escala municipal, permite que áreas de risco sejam ocupadas com a ausência de qualquer tipo de planejamento, na maioria das vezes. A ocupação desordenada, a partir da omissão do poder público em mapear áreas vulneráveis, ordenar o uso e a ocupação do solo, e fiscalizar locais indevidamente ocupados, acaba gerando situações potenciais de risco que podem se concretizar em catástrofes, as quais, com frequência, assolam as cidades brasileiras.

Tem-se gerado uma consciência crescente acerca dos problemas relacionados à Defesa Civil e gestão de Riscos de Desastres, até como uma resposta reativa à visibilidade midiática de catástrofes que, recorrentemente, ceifam a vida de centenas de pessoas e atribulam a vida de outras milhares praticamente todos os anos no país. Legislações tem avançado lentamente na definição de diretrizes e na articulação de atores e poderes para atuarem nos momentos de crises. Contudo, um longo caminho falta percorrer, principalmente na instrumentalização técnica, na capacitação de pessoal e na alocação de recursos financeiros e materiais para essa área.

2.1 Agenda sobre mudanças climáticas e desastres socioambientais

Os debates acerca da agenda climática no escopo da atuação dos Estados não são recentes. Desde a década de 1970, já se discutem, em âmbito global, impactos da industrialização, do consumo e da produção de lixo e resíduos sobre o meio ambiente e seus efeitos decorrentes. A Conferência de Estocolmo, organizada pela ONU em 1972, na Suécia, foi primeira conferência global sobre meio ambiente e abriu caminho para a discussões acerca da governança ambiental internacional e para a criação de organismos de observação, coleta e análise de dados e para uma política internacional sobre o meio ambiente (Pessini e Sganzerla, 2016).

A Conferência Eco 92, sediada na cidade do Rio de Janeiro, com grande cobertura midiática, aumentou a visibilidade e a projeção das discussões acerca da

agenda climática à época. Em paralelo às discussões sobre a pauta climática, aconteceram marcos importantes em relação à gestão específica de riscos e desastres socioambientais. A primeira Conferência Mundial sobre Redução de Riscos de Desastres ocorreu em Yokohama, no Japão em 1994, e constituiu uma série de conferências das Nações Unidas com foco na gestão de riscos de desastres no contexto de mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável. De lá saíram diretrizes e princípios gerais para direcionar ações, com foco em prevenção, monitoramento, mitigação e resposta em caso de eventos extremos, procurando minimizar seus efeitos, tanto materiais quanto humanos (Pessini e Sganzerla, 2016).

Foram discutidos aspectos importantes a serem considerados na formulação de normas, leis e procedimentos que deveriam se pautar em ações profiláticas ante a eventos e construção de resiliência nas populações. A prevenção foi o grande tema da conferência, e ela procurou consolidar o entendimento de que a focalização em ações preventivas é sempre menos onerosa, mais eficiente e eficaz do que em ações reativas e de resposta, que envolvem de modo geral custos humanos, materiais e financeiros elevados. A importância de tais medidas foi enfatizada, assim como o compartilhamento e a disseminação de informações e tecnologias que permitam monitorar possíveis riscos de desastres e informar comunidades e populações, construindo nelas aparatos de resposta e resiliência.

Como desdobramento da Rio92 foi desenvolvido, em 1997, o Protocolo de Quioto, no Japão, cujo principal objetivo foi estabelecer metas obrigatórias de redução de gases de efeito estufa para os países industrializados e em desenvolvimento. Foram estabelecidas, por exemplo, metas de redução de emissão de gases da ordem de 5,2% abaixo dos níveis de 1990, no período de 2008 a 2012 (Pessini e Sganzerla, 2016).

Desenvolvido em janeiro de 2005, no Japão, durante a 2ª Conferência Mundial sobre Redução de Desastres, o Marco de Ação de Hyogo foi o primeiro acordo global da ONU voltado exclusivamente para a redução do risco de desastres (RRD). Em seu âmago, procurou consolidar as reflexões feitas a partir do marco de Yokohama sobre a capacidade de resiliência das comunidades frente aos desastres, buscando meios para reduzir as perdas em vidas humanas e os danos materiais e ambientais. O ponto central das discussões era de que o enfrentamento dos desastres não deveria restringir-se à resposta emergencial, mas sim envolver um planejamento prévio, com a articulação de todas as fases e a elaboração de ações, objetivos e metas para cada

uma delas, procurando formar uma cultura social para a redução de riscos. Foi discutido um acordo internacional sobre a necessidade de uma política articulada e preventiva para reduzir as perdas humanas, sociais e econômicas causadas por desastres naturais e tecnológicos.

Avançando no tempo, chega-se ao Acordo de Paris, em 2015. Este acordo procurou reforçar o compromisso de cumprimento de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa no intuito de desacelerar o processo de aquecimento global, estendido a todos os países, sem distinção quanto ao grau de desenvolvimento econômico. Possui caráter mais objetivo, com estipulação de metas, indicadores de monitoramento e avaliação periódica de resultados. Cada país signatário do acordo apresenta seus planos voluntários de redução de emissões e adaptação, que devem ser revistos e aprimorados a cada cinco anos (Pessini e Sganzerla, 2016). O Brasil tem aderido a todos os acordos até então, mas de acordo com os autores, pouco se avançou em termos práticos no cumprimento das metas, principalmente em relação às economias mais avançadas.

Também no ano de 2015, na cidade de Sendai, ocorreu a terceira grande Conferência Mundial sobre Redução de Riscos de Desastres. O evento fora marcado pela memória recente dos desastres decorrentes do grande terremoto seguido de tsunami, que devastaram a cidade e regiões adjacentes em 2011. Várias estratégias de ação foram colocadas em prática e outras foram revistas e/ou desenvolvidas no contexto da crise que se seguiu. O evento teve como produto reflexivo o Quadro de Ações de Sendai, que está em vigência atualmente, e procurou transformar os marcos teóricos anteriores em objetivos e metas mensuráveis e alcançáveis para os signatários. Foram traçadas metas temporais para redução do número de pessoas direta e indiretamente afetadas por catástrofes, além de redução de seus danos materiais e financeiros decorrentes (Pessini e Sganzerla, 2016).

Este marco serviu de inspiração para a posterior formulação de estratégias e diretrizes no Brasil, a partir da redação da Lei nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), e que estrutura toda a cadeia de organização das ações de Defesa Civil no país atualmente (BRASIL, 2025). O quadro 1 a seguir apresenta um panorama geral dos princípios consolidados pelos três marcos institucionais.

Quadro 1: Princípios e diretrizes gerais dos marcos normativos em nível internacional

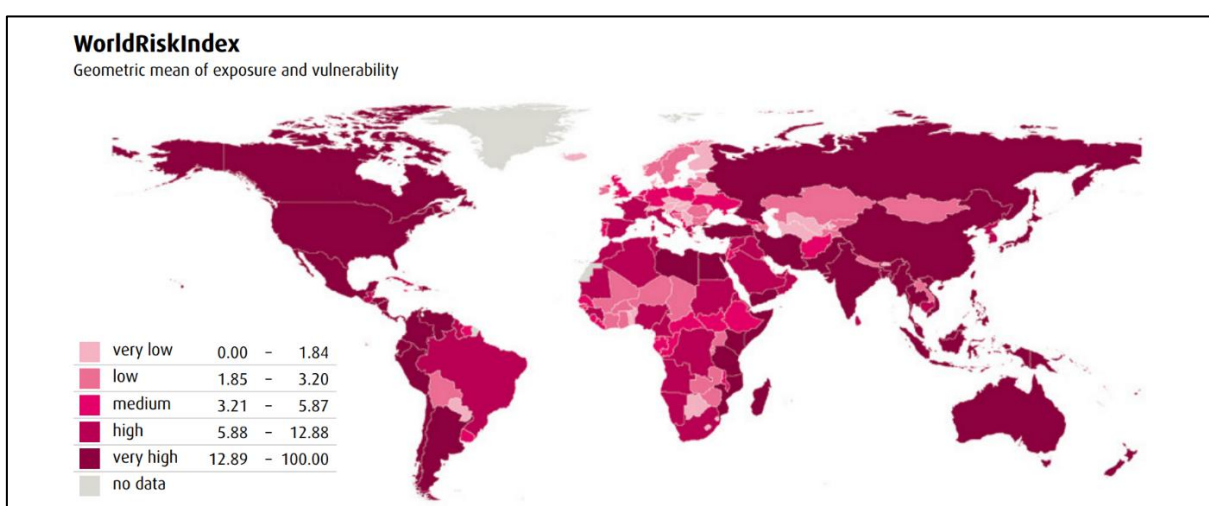
Quadro geral de princípios da Estratégia de Yokohama (1994-2004)	Quadro de ações de Hyogo (2005-2015)	Quadro de ações de Sendai para Redução de Risco de Desastres (2015-2030)
<ul style="list-style-type: none"> • A avaliação de riscos é uma etapa necessária para a adoção de políticas e medidas adequadas e bem-sucedidas de redução de desastres; • A prevenção e a preparação para desastres são de fundamental importância para reduzir a necessidade de assistência em desastres; • A prevenção e a preparação para desastres devem ser consideradas aspectos integrais da política de desenvolvimento e do planejamento em níveis nacional, regional, bilateral, multilateral e internacional; • O desenvolvimento e o fortalecimento de capacidades para prevenir, reduzir e mitigar desastres é uma área de alta prioridade a ser abordada durante a década, de modo a fornecer uma base sólida para atividades de acompanhamento da Década; • Alertas precoces de desastres iminentes e sua disseminação eficaz usando telecomunicações, incluindo serviços de transmissão, são fatores-chave para o sucesso da prevenção e preparação para desastres; • As medidas preventivas são mais eficazes quando envolvem a participação em todos os níveis, desde a comunidade local, passando pelo governo nacional, até os níveis regional e internacional; • A vulnerabilidade pode ser reduzida pela aplicação de design adequado e padrões de desenvolvimento focados em grupos-alvo, por meio de educação e treinamento apropriados de toda a comunidade; • A comunidade internacional aceita a necessidade de compartilhar a tecnologia necessária para prevenir, reduzir e mitigar desastres; isso deve ser disponibilizado gratuitamente e em tempo hábil como parte integrante da cooperação técnica; • A proteção ambiental como um componente do desenvolvimento sustentável consistente com a redução da pobreza é fundamental na prevenção e mitigação de desastres naturais; • Cada país tem a responsabilidade primária de proteger sua população, infraestrutura e outros ativos nacionais do impacto de desastres naturais, a partir do uso eficiente dos recursos existentes, incluindo meios financeiros, científicos e tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir que a redução de risco de desastres (RRD) seja uma prioridade nacional e local com uma sólida base institucional para sua implementação. • Identificar, avaliar e observar de perto os riscos dos desastres, e melhorar os alertas prévios. • Utilizar o conhecimento, a inovação e a educação para criar uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis. • Reduzir os riscos em setores-chave; • Fortalecer a preparação em desastres para uma resposta eficaz a todo nível 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir substancialmente a mortalidade global por catástrofes até 2030, com o objetivo de reduzir a mortalidade média global por 100.000 habitantes entre 2020 e 2030, em comparação com o período de 2005 a 2015; • Reduzir substancialmente o número de pessoas afetadas em todo o mundo até 2030, com o objetivo de diminuir o número médio global por 100.000 entre 2020 e 2030, em comparação com 2005-2015; • Reduzir as perdas econômicas diretas por desastres em relação ao produto interno bruto global até 2030; • Reduzir substancialmente os danos causados por desastres à infraestrutura crítica e a interrupção de serviços básicos, entre eles instalações de saúde e educação, inclusive por meio do desenvolvimento de sua resiliência até 2030; • Aumentar substancialmente o número de países com estratégias nacionais e locais de redução de riscos de desastres até 2020; • Melhorar substancialmente a cooperação internacional com os países em desenvolvimento por meio de apoio adequado e sustentável para complementar suas ações nacionais para a implementação da estrutura até 2030; • Aumentar substancialmente a disponibilidade e o acesso à população de sistemas de alerta precoce de múltiplos riscos e de informações e avaliações de risco de desastres até 2030.

Fonte: Cemaden Educação.

A partir dessas reflexões, a temática dos riscos passou a ser tratada de forma multissetorial, reconhecendo-se que os desastres não são apenas fenômenos naturais inevitáveis, mas resultam da interação entre suscetibilidades físicas, vulnerabilidades sociais e baixas capacidades institucionais na articulação e implementação de políticas públicas e ações eficientes na gestão de riscos de desastres.

Esses marcos ainda estão em discussão e desenvolvimento, haja vista que grande parte dos países se encontram em condições de grande risco para desastres socioambientais. O Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR) redigiu em 2022 um relatório mostrando algumas estatísticas, entre danos, vítimas e despesas causados por eventos extremos em todo o planeta. Uma dessas estatísticas diz respeito a um índice global de risco, a partir de metodologia própria, evidenciado na figura 5 a seguir (UNDRR, 2025). Esse índice levou em conta fatores como a propensão natural dos países para o acontecimento de eventos naturais, a exposição de populações a esses cenários, o grau de vulnerabilidade social das pessoas expostas, considerando elementos como desigualdades sociais e acesso a infraestruturas e serviços essenciais, além de capacidades de governos em agir frente aos desastres e recuperar as condições de normalidade.

Figura 5: Índice global de Risco para desastres naturais em 2022



Fonte: UNDRR, 2025.

Nota-se que o Brasil se encontra no patamar de riscos elevados em relação à exposição e vulnerabilidade. Ainda que esteja abaixo de boa parte dos países do

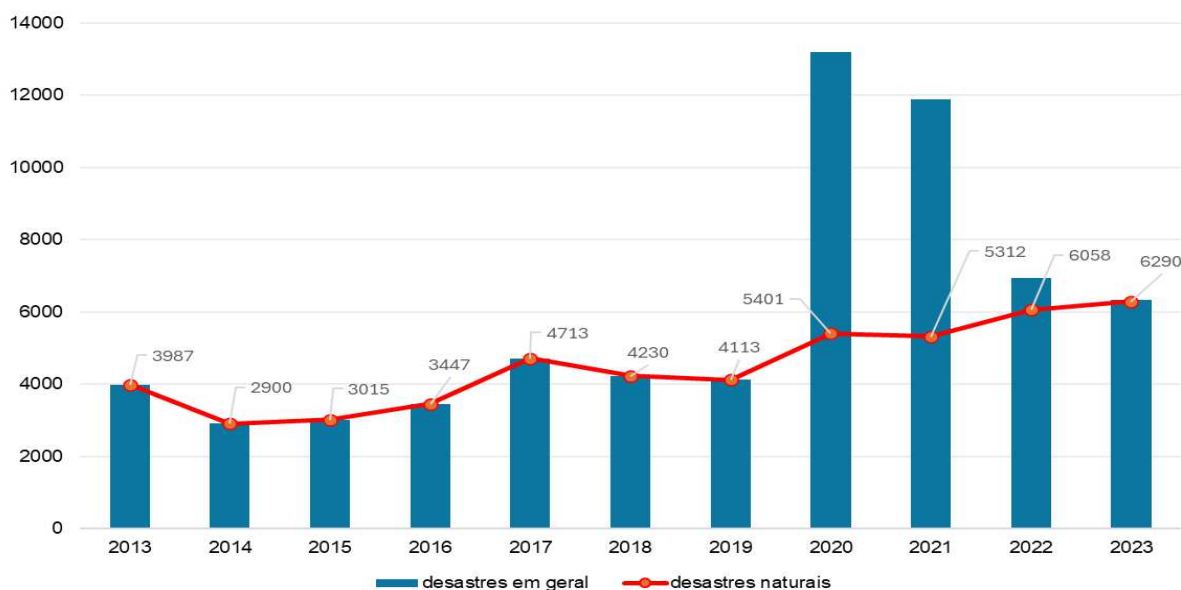
mundo, incluídos aí totalidade dos países da América do Norte, boa parte da América do Sul, a Rússia, a China, a Índia, o Japão e a Austrália, entre outros classificados em patamares considerados críticos de acordo com o mapa, a posição do Brasil enseja preocupação com os possíveis efeitos de desastres sobre o meio ambiente e as populações, principalmente aquelas com maior vulnerabilidade social.

2.2 Panorama dos desastres socioambientais no Brasil

O Brasil é um país que, historicamente, tem sofrido com eventos extremos em seu território. Estados e municípios anualmente enfrentam problemas na recuperação de áreas degradadas e apoio a pessoas afetadas. A falta de planejamento territorial, aliado ao crescimento desordenado de áreas urbanas emoldura um cenário propício a desastres socioambientais.

No país, dados do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, compilados pela Confederação Nacional dos Municípios no Panorama dos Desastres no Brasil (CNM, 2024), mostram que o número de eventos de anormalidade causados por desastres tem aumentado. O número de ocorrências, contabilizadas pelas notificações de prefeituras de decretações de estado de emergência ou de calamidade pública, tem registrado uma tendência de alta na série histórica desde 2013, quando foram registrados 3.987 registros. No último ano de registro, em 2023 foram feitos 6.290 registros, representando uma alta de 57,7% em relação ao início da série.

O gráfico 1 a seguir mostra a evolução anual do número de registros oficializados no país para o período considerado. Os dados exibidos referem-se ao total de registros protocolados para todos os tipos de ocorrências que poderiam ser consideradas como desastres (barras) e as ocorrências de desastres naturais (linhas). Há uma notável discrepância entre esses valores sobretudo nos anos de 2020 e 2021. A explicação é que, durante esse período, ocorreu a pandemia de COVID-19, iniciada na China e que se espalhou para todo o planeta (CNM, 2024). Como não havia protocolos seguros de ação no contexto dessa enfermidade, várias municipalidades acabaram por decretar estados de emergência ou mesmo calamidade pública por conta do espalhamento da infecção em seus territórios, fazendo com que o número de decretos totais, que incluem situações críticas causadas por doenças ou infecções, aumentasse sobremaneira nos anos considerados.

Gráfico 1: Decretações de anormalidade por desastres de 2013 a 2023

Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional/MIDR. Extraído de CNM, 2024.

É importante observar que, a partir dos dados do gráfico 1, o número de decretações por desastres naturais registrados vem em uma tendência crescente ao longo dos anos. Entre os anos de 2013 e 2023, houve um aumento de mais de 57% no número de decretações de anormalidade por desastres naturais. Os dados acima, por si só, já deveriam ensejar uma preocupação maior por parte do poder público, haja vista que o aumento do número de ocorrências traz consigo um aumento proporcional de ônus ambientais e sociais, incluídos aí prejuízos materiais e financeiros, além de eventuais perdas humanas.

Os dados da tabela 1 a seguir foram extraídos do Atlas Digital de Desastres no Brasil, elaborado pelo Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional do Governo Federal, e mostram os tipos de desastres protocolados com maior frequência de ocorrência entre 1991 e 2024. Tais registros correspondem a pedidos, feitos pelas prefeituras, a partir do cadastro da situação do município por meio da plataforma nacional denominada S2iD. Esta plataforma reúne todos os dados relativos às condições dos municípios em situação crítica, como áreas e população afetadas, perdas materiais e prejuízos financeiros, entre outras informações. Após o registro e análise posterior da equipe de avaliação, recursos podem ser solicitados ao governo federal pelos prefeitos com o objetivo de restabelecer as condições de normalidade.

Em relação ao tipo de desastres com maior frequência, as decretações de emergência e calamidade por secas e estiagens aparecem em destaque,

representando mais de 44% de todos os registros feitos entre 1991 e 2024, de acordo com o Atlas Digital de Desastres do MIDR. Em seguida, desastres pluviométricos, relacionados a enxurradas (13,49%), chuvas intensas (11,1%) e inundações (8,74%) aparecem em segundo, terceiro e quarto lugares, respectivamente. Desastres geotécnicos, como movimentos de massa e erosão representam em conjunto aproximadamente 3,3% dos registros. Portanto, as duas classes de eventos elencadas para pesquisa respondem por quase 37% de todos os desastres protocolados no período considerado.

Tabela 1: Tipos de desastre protocolados com maior ocorrência no Brasil entre 1991 e 2024

Tipo de desastre	Frequência	Porcentagem
Alagamentos	2.015	2,80%
Chuvas intensas	7.983	11,10%
Doenças infecciosas	275	0,38%
Enxurradas	9.705	13,49%
Erosão	728	1,01%
Estiagem e seca	31.984	44,47%
Granizo	2.139	2,97%
Incêndio florestal	3.172	4,41%
Inundações	6.286	8,74%
Movimento de massa	1.685	2,34%
Onda de calor e baixa umidade	209	0,29%
Onda de frio	251	0,35%
Rompimento/colapso de barragens	35	0,05%
Tornado	109	0,15%
Vendavais e ciclones	4.501	6,26%
Outros	852	1,18%
TOTAL	71.929	100%

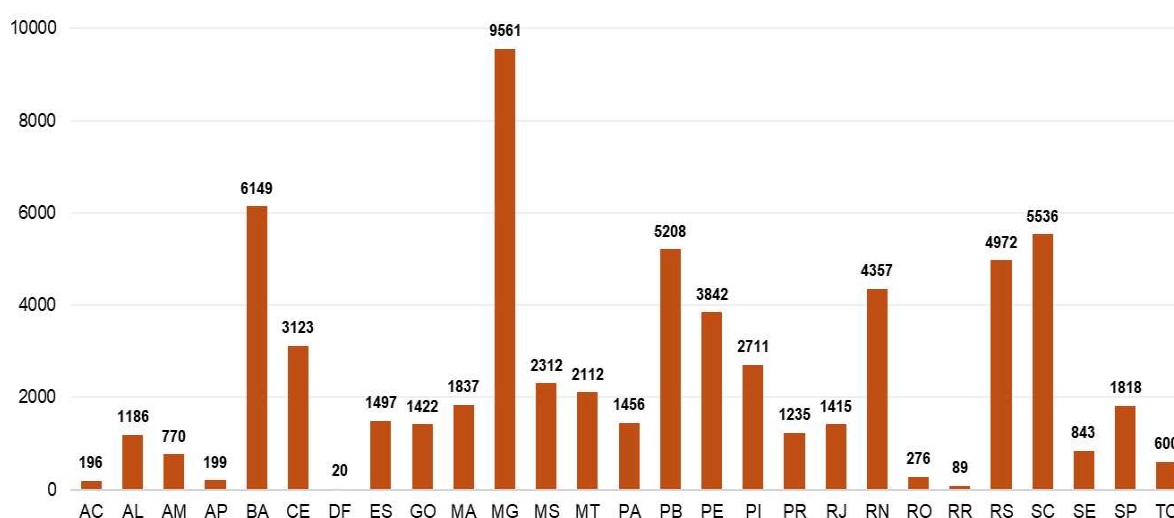
Fonte: BRASIL, 2023. Elaboração própria.

Quando são consideradas as ocorrências por estado, pode-se observar que Minas Gerais lidera o ranking nacional de ocorrências gerais de desastres, considerando eventos hidrológicos, geológicos, climatológicos, meteorológicos e biológicos⁴ (CNM, 2024). A quantidade de decretos registrados por estado, no período

⁴ A Classificação Brasileira e Codificação de Desastres (Cobrade) identifica os desastres naturais a partir de cinco grandes grupos: i) *geológicos*, que incluem terremotos, erupções vulcânicas, movimentos de massa e erosões; ii) *hidrológicos*, contendo inundações, enxurradas e alagamentos; iii) *meteorológicos*, contendo ciclones, zonas de convergência atmosférica, tempestades e temperaturas extremas, como ondas de calor e frio; iv) *climatológicos*, que incluem períodos de seca e estiagem, períodos de baixa umidade do ar e incêndios florestais, e v) *biológicos*, que incluem epidemias e infestações. Há ainda uma segunda grande ordem de desastres, os chamados desastres tecnológicos, causados sobretudo pela ação direta humana, intencional ou acidental, como acidentes com produtos químicos ou biológicos, descarte irregular de elementos perigosos em áreas florestais

de 2013 a 2023, podem ser visualizados no gráfico 2 a seguir. O estado apresentou um total de 9.561 decretos de situação de emergência ou calamidade pública entre 2013 e 2023, fazendo com que lidere o ranking de ocorrências, seguido da Bahia, com 6.149 registros, e de Santa Catarina, com 5.536 registros protocolados. Já o Distrito Federal é a unidade da federação que tem o menor número de ocorrências registradas, com apenas 20 durante todo o período analisado. Em segundo lugar, aparece o estado de Roraima com 89 decretos registrados, e o Acre com 196 ocorrências aparece com o terceiro menor número de decretos registrados.

Gráfico 2: Total de decretos de desastres por UF de 2013 a 2023



Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional/MIDR. Extraído de CNM, 2024.

Alguns fatores contribuem para que Minas Gerais apareça no topo do ranking. Em primeiro lugar, por ser o estado com a maior quantidade de municípios contando com 853 no total, tende a apresentar uma maior quantidade de registros feitos por prefeituras. Além disso fatores naturais e sociais fazem com que esse número seja ainda maior. A estrutura natural, geológica e morfológica do território mineiro é bastante acidentada, formada por uma alta densidade de montanhas e serras distribuídos por todo o território, com declividades acentuadas, além de uma extensa rede de drenagem (Rodrigues, Augustin e Nazar, 2023).

As perdas humanas e financeiras são parte considerável do panorama geral dos efeitos negativos dos desastres. A tabela 2 mostra dados registrados entre 2013

ou mananciais de água, com potencial de contaminação, acidentes de grandes proporções, colapsos de edificações, colapsos de barragens, entre outros eventos correlatos. Para a classificação completa, ver ANEXO I;

e 2023 entre óbitos, desabrigados e desalojados⁵ relacionados a perdas humanas e prejuízos financeiros privados e públicos. No conjunto de danos financeiros, estão incluídos prejuízos materiais como destruição de habitações, ruas e edificações, perda de rebanhos e plantações, além de prejuízos na interrupção e/ou atraso de serviços públicos, como educação, saúde, saneamento básico, fornecimento de energia, transporte público, e privados como comércios, indústrias e outras atividades correlatas direta e indiretamente afetadas (CNM, 2024). A magnitude dos valores foi colocada em realce, destacando os estados em situações consideradas críticas.

Tabela 2: Prejuízos humanos e materiais por estado entre 2013 e 2023

UF	Mortos	Desabrigados	Desalojados	Prejuízos privados	Prejuízos públicos	Prejuízo total
AC	16	29.753	104.819	R\$ 1.012.175.375,00	R\$ 101.816.449,00	R\$ 1.113.991.824,00
AL	16	97.679	201.796	R\$ 10.979.498.979,00	R\$ 2.633.780.492,00	R\$ 13.613.279.471,00
AM	111	230.182	545.653	R\$ 1.673.969.398,00	R\$ 547.792.700,00	R\$ 2.221.762.098,00
AP	15	1.497	10.294	R\$ 11.992.600,00	R\$ 9.281.609,00	R\$ 21.274.209,00
BA	77	94.846	385.444	R\$ 39.186.445.172,00	R\$ 2.240.922.701,00	R\$ 41.427.367.873,00
CE	10	16.990	42.456	R\$ 9.986.571.073,00	R\$ 6.007.905.444,00	R\$ 15.994.476.517,00
DF	3	5.012	30	R\$ 2.036.675.000,00	R\$ 14.812.000,00	R\$ 2.051.487.000,00
ES	36	12.823	99.270	R\$ 8.861.455.657,00	R\$ 229.793.476,00	R\$ 9.091.249.133,00
GO	13	1.549	9.468	R\$ 223.718.247,00	R\$ 121.006.751,00	R\$ 344.724.998,00
MA	30	51.291	114.664	R\$ 9.432.064.534,00	R\$ 264.914.643,00	R\$ 9.696.979.177,00
MG	615	57.851	341.681	R\$ 61.294.083.593,00	R\$ 4.641.526.584,00	R\$ 65.935.610.177,00
MS	46	1.871	11.324	R\$ 21.304.977.739,00	R\$ 1.539.719.297,00	R\$ 22.844.697.036,00
MT	23	1.945	9.703	R\$ 19.153.317.977,00	R\$ 235.438.119,00	R\$ 19.388.756.096,00
PA	90	62.520	401.259	R\$ 1.742.085.633,00	R\$ 942.886.889,00	R\$ 2.684.972.522,00
PB	0	28.979	21.686	R\$ 16.296.432.196,00	R\$ 28.966.179.129,00	R\$ 45.262.611.325,00
PE	170	28.904	266.644	R\$ 23.805.317.667,00	R\$ 4.969.234.878,00	R\$ 28.774.552.545,00
PI	11	13.581	58.088	R\$ 6.011.407.645,00	R\$ 647.284.063,00	R\$ 6.658.691.708,00
PR	34	20.137	118.806	R\$ 32.450.468.302,00	R\$ 2.132.895.833,00	R\$ 34.583.364.135,00
RJ	383	15.185	235.376	R\$ 1.328.086.101,00	R\$ 456.838.283,00	R\$ 1.784.924.384,00
RN	11	3.282	15.974	R\$ 4.180.675.357,00	R\$ 4.582.727.437,00	R\$ 8.763.402.794,00
RO	3	4.354	28.503	R\$ 250.926.445,00	R\$ 32.521.305,00	R\$ 283.447.750,00
RR	4	460	2.598	R\$ 123.806.908,00	R\$ 39.470.879,00	R\$ 163.277.787,00
RS	378	67.231	499.566	R\$ 92.386.601.237,00	R\$ 2.075.421.516,00	R\$ 94.462.022.753,00
SC	148	56.932	450.343	R\$ 21.590.904.257,00	R\$ 1.808.889.502,00	R\$ 23.399.793.759,00
SE	4	562	29.586	R\$ 5.360.876.050,00	R\$ 100.511.102,00	R\$ 5.461.387.152,00
SP	417	15.553	125.738	R\$ 1.390.892.517,00	R\$ 15.578.054.452,00	R\$ 16.968.946.969,00
TO	3	4.867	6.823	R\$ 600.366.964,00	R\$ 47.491.470,00	R\$ 647.858.434,00
Total	2.667	925.836	4.137.592	R\$ 392.675.792.623,00	R\$ 80.969.117.003,00	R\$ 473.644.909.626,00

Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional/MIDR. Extraído de CNM, 2024.

No país, quase 2.700 pessoas morreram por consequência direta ou indireta de algum desastre socioambiental ocorrido em território nacional entre 2013 e 2023, segundo dados do MIDR e compilados pela Confederação Nacional dos Municípios,

⁵ Segundo terminologia definida na Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, os *desabrigados* são aquelas pessoas que, em virtude de algum desastre, foram obrigadas a abandonar suas residências fixas originárias e que necessitam de abrigos temporários para serem alojadas. Já os *desalojados* são aqueles que em virtude de algum desastre, foram também obrigados a se retirar de suas residências, mas que não necessariamente precisam de abrigos temporários.

em relatório publicado em 2024. Entre as pessoas desabrigadas, quase 1 milhão de pessoas foram afetadas, enquanto essa soma ultrapassa os 4 milhões quando é observado o número de desalojados. Em relação aos prejuízos financeiros totais, os valores chegam à impressionante soma de quase meio trilhão de reais em dez anos em todo o país, entre perdas públicas e privadas. Apenas os prejuízos públicos somam uma quantia expressiva de quase 81 bilhões de reais.

O estado de Minas Gerais mais uma vez aparece como um dos mais afetados, tanto nas perdas humanas quanto financeiras. Em relação ao número de óbitos, foram registradas 615 ocorrências no período considerado, colocando o estado na infeliz liderança nacional nessa categoria. Em segundo lugar, São Paulo registrou 217 mortes, e Rio Grande do Sul 383, fazendo dos três os estados com os maiores números de óbitos. Em relação aos desabrigados e desalojados, Minas figura com destaque, com uma soma das duas categorias da ordem de quase 400 mil pessoas afetadas. O estado mais afetado é o Amazonas, com mais de 775 mil pessoas tanto desalojadas quanto desabrigadas (CNM, 2024).

Os dados selecionados procuraram mostrar e evidenciar que a questão dos desastres são um problema premente no Brasil e em Minas Gerais de maneira especial. A urgência de se pensar a Gestão de Riscos de Desastres como uma política permanente parte do fato de que tais eventos tem acontecido com frequência e intensidade cada vez maiores, atingindo um grande número de pessoas nos centros urbanos em praticamente todos os municípios do país. Os prejuízos para o poder público, como vistos na tabela 2, poderiam ser minimizados com a adoção de políticas públicas voltadas ao planejamento, execução e monitoramento de ações envolvendo prevenção em momentos anteriores aos desastres, respostas rápidas durante, e ações de mitigação de danos e recuperação das condições de normalidade após o ocorrido (FJP, 2022).

Infelizmente, pouca importância ainda é dada para o planejamento do território em nível nacional. Essa lógica de atuação, predominantemente reativa, evidencia uma fragilidade institucional histórica na governança territorial e na integração entre as esferas federativas. As prefeituras pouco dispõem de recursos materiais, financeiros e humanos destinados a essa área, e também mobilizam poucos esforços para estruturá-los. A dependência de transferências financeiras da União é grande, principalmente entre os pequenos municípios, com menos de 20 mil habitantes, e dos recursos que vêm sobretudo do Fundo de Participação dos Municípios, uma ínfima

parcela é alocada para ações de Proteção e Defesa Civil. A carência de instrumentos técnicos, como mapeamentos de áreas de risco atualizados, sistemas de alerta e avisos periódicos para as populações em áreas de risco, e monitoramento, com sinalizações de rotas de fuga e pontos de encontro e salvaguarda de vítimas, além de planos diretores contendo a correta delimitação de áreas de expansão urbana, principalmente nos pequenos municípios, que ainda não tem a obrigatoriedade de fazê-los⁶, limita a capacidade de resposta e de antecipação do poder público diante de eventos adversos.

2.3 Perigo, vulnerabilidade e risco socioambiental: definindo os conceitos

Um importante momento desse trabalho encontra-se na definição dos termos-chave utilizados no decorrer da exposição. Como expressões polissêmicas, eles podem adquirir diferentes conotações a depender dos contextos utilizados. O conceito de **risco** é o foco da pesquisa e será desenvolvido a partir das abordagens semânticas presentes em trabalhos como os de Rebelo (2003), Moura, Cunico e Lucena (2023), Cardoso, Silva e Guerra (2020), entre outros. Para eles, o risco socioambiental, como o segundo termo já sugere, apresenta-se como uma conjunção de fatores críticos de ordem natural e social que ao entrarem em confluência, podem desencadear consequências trágicas para a sociedade na forma de desastres socioambientais. Assim, para essa corrente interpretativa, o risco é definido como sendo uma interação simultânea e interdependente entre o perigo (convergência de fatores críticos associados às *condições naturais* em determinada localização geográfica) e a vulnerabilidade (convergência de fatores críticos associados às *condições sociais, econômicas e culturais*, que podem ampliar os efeitos dos fatores associados aos perigos naturais). Este conceito pode ser expresso a partir da seguinte função:

$$Risco = f(Perigo, Vulnerabilidade) \quad (1)$$

Muitas vezes lembrados e referidos até como sinônimos, tais expressões, que por vezes entrelaçam-se nas discussões acerca das condições e possibilidades de desastres socioambientais, são complementares, mas não idênticas. Os termos

⁶ A Constituição Federal, em seu art. 182, estabelece que a obrigatoriedade da elaboração de planos diretores se dá para municípios com população igual ou superior a 20 mil habitantes. Municípios menores são eximidos dessa obrigatoriedade, sendo facultada a possibilidade de elaboração do plano (N. do A.).

carregam em si cargas semânticas próprias, apesar de aparecerem frequentemente na literatura de forma associada. As significações serão exploradas nas próximas seções deste capítulo. A partir dessa primeira aproximação, os conceitos serão discutidos em maiores detalhes a seguir, sendo circunscritos às aproximações semânticas que serão utilizadas para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.3.1 Sobre o conceito de *perigo*

Conforme mencionado anteriormente, a correta delimitação dos conceitos a serem abordados é imprescindível para o entendimento das etapas deste trabalho. Na literatura, é comum encontrar imprecisões entre conceitos, e até mesmo a utilização de dois conceitos com o mesmo significado, o que pode causar ambiguidades e confusões na explicação e entendimento dos fenômenos. Um entrelaçamento comum de significados se dá, por exemplo, com as expressões *perigo* e *risco*.

O termo *perigo* pode ter duas traduções em inglês, sendo a tradução como *hazard* a mais trabalhada nos estudos de riscos socioambientais, tendo o significado alargado de perigo, azar, risco ou uma situação deletéria que não pode ser evitada. A outra tradução é a expressão *danger*, referindo-se a situações de perigo rápido ou iminente, como aqueles relacionados à utilização e transporte de produtos perigosos, com riscos de explosão ou incêndios, aproximação em áreas com algum tipo de risco de queda, entre outras situações (Tricart, 1992).

Uma outra aproximação semântica pode se dar entre o referido termo e o conceito de ameaça (ou a tradução em inglês *threat*). Este conceito, embora seja por vezes utilizado como sinônimo e englobe o sentido do perigo, inclusive estando presente na nomenclatura empregada na Lei nº 12.608/2012, que institui o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil, é empregado de forma mais ampla, aplicando-se a casos que extrapolam as probabilidades de ocorrência de fenômenos naturais. O perigo, portanto, apresenta-se como uma terminologia mais adequada e conveniente para o desenvolvimento analítico no contexto da presente pesquisa.

Na terminologia internacional definida pelo Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres, *hazard* aparece como significando “um processo, fenômeno ou atividade humana que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos à saúde, danos materiais, perturbações sociais e econômicas ou

degradação ambiental”⁷ (UNDRR, 2017a). Nessa abordagem, o perigo pode ser entendido como qualquer evento potencial que, causado naturalmente ou pela atividade humana, tem o risco de causar prejuízos e outros impactos decorrentes de seu processo.

Smith e Petley (2008, p. 40) definem o termo, de forma sucinta, como “todas as ameaças potenciais que a sociedade humana enfrenta por eventos que se originam no, e são transmitidos através do meio ambiente.”⁸ Aqui, apesar de uma sutil diferença quanto a origem do perigo, pode-se entender que o meio ambiente, a que os autores se referem, é interpretado como o conjunto de relações e interações entre o homem e o meio natural. Portanto, o perigo pode ser entendido como a composição dos fatores naturais associados à presença humana, através de seus padrões de atividades, uso e ocupação em áreas com potencial de ocorrência de eventos.

De acordo com Santos (2015), o perigo se constitui em uma associação entre a susceptibilidade dos ambientes naturais a ocorrência de eventos e o grau de exposição de grupos sociais a esses ambientes. A soma desses dois componentes é que definirá o grau de perigo de determinada área em relação à ocorrência de um evento extremo.

A suscetibilidade, de maneira mais detalhada, relaciona-se com o grau ou o nível de predisposição natural que uma determinada área apresenta para a ocorrência de um evento (Girão, Rabelo e Zanella, 2018). As áreas naturais possuem diferentes características geológicas, pedológicas, morfológicas, climáticas e ambientais que se combinam de maneira única em cada ambiente. Quando se quer observar a predisposição de determinada área a um deslizamento de massa, por exemplo, áreas com declividades mais acentuadas, ou com composição de solos mais suscetível à erosão tem maior probabilidade de ocorrência desse tipo de evento. Áreas mais planas, com maior proximidade a cursos de rios, em regimes climáticos com maior ocorrência de chuvas, por outro lado, apresentam maior propensão a inundações, e assim por diante.

⁷ Tradução direta da definição do termo, como segue da definição do *Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction*: “A process, phenomenon or human activity that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, social and economic disruption or environmental degradation” (UNDRR, 2017a).

⁸ Tradução direta da definição exposta em Smith e Petley (2008, p. 40), como se segue: “In summary, the term environmental hazard refers to all the potential threats facing human society by events that originate in, and are transmitted through, the environment.”.

Já a exposição relaciona-se à situação onde pessoas ou outras estruturas estão localizadas em áreas com determinado grau de susceptibilidade (Girão, Rabelo e Zanella, 2018). Nota-se que a exposição, no contexto da gestão de riscos de desastres se refere a estruturas diretamente ligadas à ação, presença ou atividade humana em determinada área geográfica. O grau de exposição aumenta proporcionalmente na medida em que aumentam ocupações ou atividades humanas em áreas com maior susceptibilidade à ocorrência de eventos.

A partir desse entendimento, pode-se depreender que o perigo se torna um componente social, não podendo ser interpretado de modo inteiramente independente do fator humano. Corrobora-se, portanto, com a perspectiva semântica do termo adotada por Girão, Rabelo e Zanella (2018, p. 72), que notam que o risco é existente “quando há um conjunto de variáveis naturais e sociais, que culminam na ocupação irregular, em ambientes cujas condições físico-naturais tendem ao frágil.” Disso resulta que áreas anecúmenas⁹, a despeito de poderem ser áreas de potencial suscetibilidade e ensejarem ritos de observação e monitoramento, em um mundo de eventos interconectados onde suas consequências afetam a totalidade dos espaços, não são consideradas, no contexto aqui abordado, como áreas de perigo. Este, portanto, será delineado como uma compreensão que emerge da interação entre o meio natural, com graus variados de propensão a riscos de desastres, e a exposição de grupos sociais a esses riscos, a partir da seguinte identidade funcional:

$$\textit{Perigo} = f(\textit{Suscetibilidade}, \textit{Exposição}) \quad (2)$$

A presença humana na forma de exposição, portanto, é que dota uma área, naturalmente suscetível, de algum grau potencial de perigo. Tanto os graus de suscetibilidade quanto o de exposição podem variar a partir de determinados fatores que os condicionam, o que conseqüentemente altera a posição de perigo de determinado espaço geográfico a desastres. Entre os fatores que podem alterar a suscetibilidade estão aqueles de ordem física, como composição geológica, pedológica e morfológica locais, presença de rios, córregos e corpos d’água ou regimes pluviométricos e climáticos. Já os que influenciam na variação do grau de

⁹ Áreas anecúmenas são aquelas onde não há presença humana, ou sua presença é rarefeita e não permanente. Não há uma ocupação permanente dos locais, consolidando-os como vazios humanos. Algumas áreas florestais densas, áreas desérticas, montanhas ou áreas inóspitas constituem exemplos de anecúmenos. (N. do A.)

exposição estão aqueles que condicionam a ocupação e o uso do solo de forma diferenciada pela sociedade.

A suscetibilidade opera como um indicativo da probabilidade de ocorrência de algum fenômeno natural em determinado local a partir de aspectos fisiográficos. Já a exposição indica em que medida pessoas e infraestruturas humanas podem ser afetadas em caso de ocorrência de eventos. O fator humano é aqui explorado em uma primeira aproximação, de modo que investigações mais detalhadas a respeito de variáveis sociais, econômicas e culturais que influenciam diretamente na capacidade de resiliência de pessoas, famílias e comunidades diante de desastres serão feitas nas discussões a respeito das condições de vulnerabilidade.

O perigo, em síntese, pode ser definido como a possibilidade de ocorrência de um evento físico potencialmente danoso, capaz de causar impactos adversos sobre pessoas, infraestrutura, economia e ambiente, em função das atividades humanas existentes. Ele ganha significado portanto, quando há uma interação específica das condições sociais e ambientais. Quando se analisa o perigo de determinada área, não se pode verificá-lo sem observar as condições naturais da área em questão, e tampouco sem observar as condições e a disposição das populações inseridas nesses espaços.

2.3.2 Sobre o conceito de *vulnerabilidade*

Outro importante conceito a ser delineado na presente pesquisa é o de *vulnerabilidade*. A vulnerabilidade pode ser definida como sendo um conjunto de condicionantes sociais que tendem a diminuir ou agravar as consequências de determinado evento crítico. Engloba fatores de ordem social, econômica, política ou cultural, que interagem com a afetação de determinado processo natural no qual um indivíduo ou uma comunidade estão expostos.

Moura, Cunico e Lucena (2023) afirmam que o conceito de vulnerabilidade deve estar pautado sobretudo nas capacidades de adaptação de uma comunidade aos possíveis riscos aos quais está susceptível. Assim, a noção de resiliência também emerge no debate, como uma capacidade de determinada localidade resistir, mitigar e se recuperar dos efeitos deletérios de algum evento, procurando atingir um estado de normalidade. O UNDRR destaca a resiliência como um conceito-chave em sua terminologia, definindo-a como:

A capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a perigos de resistir, absorver, acomodar, adaptar-se, transformar-se e recuperar-se dos efeitos de um perigo de maneira oportuna e eficiente, inclusive por meio da preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas essenciais por meio da gestão de riscos¹⁰ (UNDRR, 2017b).

Partindo de tal perspectiva, depreende-se que a capacidade de resiliência se vincula de modo forte, ainda que não intrínseco, às condições materiais e sociais dos afetados. Embora questões sobre vulnerabilidades psicológicas, mentais e subjetivas sejam de extrema importância e influenciem sobremaneira a capacidade de enfrentamento e resiliência das pessoas, como enfatizam Valencio *et al.* (2009), nessa pesquisa serão tratadas, de modo mais enfático, as variáveis socio-materiais, que potencializam os efeitos e dificultam a recuperação frente a desastres.

A vulnerabilidade, assim, torna-se o componente humano e social da concepção sintética de risco. Um desastre afeta de modo assimétrico diferentes grupos sociais. Um desastre hidrológico como um alagamento, por exemplo, pode atingir igualmente tanto locais com índices econômicos e sociais elevados, como condomínios de luxo ou bairros nobres, quanto favelas ou comunidades. Mas as afetações, ou seja, as maneiras pelas quais as populações desses locais vão sentir o evento e reagir a ele são muito diferentes. A capacidade de reconstrução, a velocidade de reparação, o estoque de recursos disponíveis, tendem a ser maiores nas áreas mais ricas em detrimento das áreas mais pobres (Valencio *et al.* 2009). Historicamente, o território brasileiro tem sido organizado de maneira a excluir determinados grupos sociais de espacializações privilegiadas, onde os maiores fluxos de capital equipam esses locais com melhores infraestruturas materiais e superestruturas institucionais. As possibilidades de acesso a hospitais, atendimentos e tratamentos especializados, a reconstrução de moradias, a compra ou aquisição de objetos, a garantia de alimentação, e a recuperação de condições de estabilidade, ainda que não nos mesmos níveis de momentos anteriores ao desastre, são tão maiores quanto melhores as condições socioeconômicas das pessoas afetadas.

As populações mais pobres sofrem efeitos prolongados da falta de assistências médica e social a contento, dificuldades de readequação das condições prévias ao

¹⁰ Tradução direta da definição do termo, como segue da definição do *Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction*: “The ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate, adapt to, transform and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions through risk management” (UNDRR, 2017b).

evento, dificuldades de recomposição de bens e objetos perdidos e destruídos e, portanto, maiores obstáculos à volta de condições estáveis de vida. Nesse sentido, vale destacar uma passagem de Valencio *et al.* (2009) a esse respeito. Sobre o tratamento dispendido a diferentes grupos sociais ante um desastre, os autores observam que:

O aspecto mais característico da perspectiva de classe na atuação institucional de defesa civil quando, num dado município, ricos e pobres perdem ou veem danificada suas moradias é que apenas em relação aos últimos o discurso de “remoção” é deflagrado. A territorialização dos pobres é sempre uma territorialização em contestação, uma “área de risco”, de molde que a remoção das moradias é tratada como uma discussão meramente paisagística muito embora subjacente ao núcleo residencial haja, para o grupo ali inserido, sentidos de pertencimento, necessidades, sociabilidades espacializadas. Do outro lado, as fraturas do território dos ricos são compensadas com medidas céleres de recomposição das funcionalidades do espaço, o poder público tomando medidas de abastecimento hídrico, drenagem urbana e afins para que estes possam se reerguer no lugar que consideram de seu e são reconhecidos pelo ente público como tal (Valencio *et al.* 2009, p. 7).

A passagem acima denuncia o modo como o poder público trata de modo desigual os locais. Comunidades mais pobres têm seus direitos espaciais e territoriais frequentemente tolhidos, sendo forçadas de modo mais incisivo a se deslocarem das áreas de risco, mesmo sem garantias de ocupação e habitabilidade em outros locais. Muitas pessoas acabam ficando dependentes de precárias e ineficientes políticas públicas de assistência social, saúde e educação até se restabelecerem. Por outro lado, a pressão de grupos de alta renda e poder acaba influenciando a celeridade na reconstrução dos espaços por eles ocupados e na restituição dos serviços oferecidos. Mesmo residindo em áreas de risco, a capacidade do poder público de forçar a desocupação dessas pessoas é bem menor em relação às comunidades mais pobres.

Tal fato corrobora as conclusões expostas em Mata-Lima *et al.* (2013), Bastos, Dutra e Regalado (2020), Hargreaves-Westemberger e Funari (2024), entre outros, de que desastres socioambientais atingem de maneira mais contundente e deixam marcas mais difíceis de superar em populações com condições sociais menos favorecidas, o que ratifica a hipótese aqui aventada de que essas populações são de fato mais vulneráveis a efeitos de eventos extremos.

Adicionalmente, existem condições de transversalidade e interseccionalidade que potencializam os efeitos negativos sobre essas populações. No Brasil, a segregação socioespacial, a marginalização e a pobreza estão sobrepostas às

desigualdades raciais e de gênero, o que gerou uma urbanização desigual do território nacional, para além das condicionantes econômicas (Santos, 2011). Historicamente, observa Panta (2020), as populações negras tem sido sistematicamente relegadas a espaços periféricos e locais de infraestruturas urbanas incipientes ou mesmo inexistentes, como nas favelas e comunidades espalhadas em todas as regiões do país.

O direito à cidade para a população negra, como assevera Lira (1999), e a melhoria de suas condições de cidadania, foram e têm sido sistematicamente negados desde os primórdios da urbanização no país até os dias atuais. Além de terem renda em média menor que a de pessoas brancas (DIEESE, 2024), o que resulta em ocupações em locais periféricos e precários, em um contexto de urbanização cada vez mais gentrificada e regida pela especulação imobiliária, essas moradias, em locais muitas vezes impróprios, estão mais suscetíveis a ocorrências de eventos. A morosidade do poder público em oferecer meios para adequação desses locais completam o cenário de desalento, desassistência e vulnerabilidade dessas populações.

De maneira análoga, as mulheres, no contexto de pobreza e de racialização tendem a sofrer sobremaneira os efeitos da segregação socioespacial. Gantus-Oliveira (2024) observa que, a partir de relatórios da ONU sobre desastres recentes acontecidos nos EUA, com o Furacão Katrina¹¹ e no sudeste asiático¹², mulheres tem mais probabilidade de serem vitimadas por desastres naturais. Ainda segundo a autora, as mulheres sofrem mais fortemente impactos na saúde física e mental do que o restante dos membros da família quando atingidos por um desastre.

Segundo Freitas (2010), as mulheres estão mais encilhadas em serviços domésticos e cuidados com filhos, idosos ou dependentes, com a tendência de permanecer mais tempo em casa. Assim, tornam-se vítimas mais vulneráveis em caso de ocorrência de desastres. Ainda, soma-se o fato de muitas mulheres serem chefes de família, tendo que cuidar sozinhas do lar e de dependentes, o que aumenta sobremaneira as condições de vulnerabilidade desse grupo social.

¹¹ Sobre o desastre ocorrido a partir do furacão Katrina na costa sudeste dos EUA em 2005, que atingiu os estados americanos da Luisiana, Mississippi, Alabama e Flórida, dados da ONU apontaram que “as pessoas mais afetadas foram mulheres negras, homens negros e, em seguida, mulheres brancas” (ONU, 2017, *apud*. Gantus-Oliveira, 2024, p. 2)

¹² Sobre o desastre que ocorreu no Oceano Índico em 2004, partir do tsunami oriundo de um abalo sísmico, a própria ONU, em seu canal de notícias oficial, reportou que 77% dos mortos na Indonésia foram mulheres e crianças (ONU, 2017).

Como mais um fato agravante, diante de perdas e desestruturação familiar causadas por desastres, não raros são os casos em que homens acabam por desenvolver consequências emocionais fortes, como depressão, tristeza, frustração e desorientação. Esses sentimentos acabam externalizando-se muitas vezes em episódios de violência física e psicológica contra suas companheiras e familiares mais próximos e mais vulneráveis (Gantus-Oliveira, 2024).

Um terceiro grupo não menos importante, e tão ou mais vulnerável do que os anteriores, é o de pessoas idosas. Bodstein, Lima e Barros (2014) argumentam que os idosos se assentam sob condições excepcionais de fragilidade e vulnerabilidade. Além do declínio funcional decorrente da própria idade, múltiplos fatores como enfermidades, capacidades físicas e psíquicas reduzidas e problemas de mobilidade agravam a situação e dificultam o poder de resposta e reação dessas pessoas a situações extremas.

O fato de que grupos sociais mais vulneráveis sofrem de modo mais agudo as consequências de eventos naturais parecem afirmar a perspectiva de que existe um padrão desigual de distribuição espacial das populações. A gentrificação e a especulação imobiliária de áreas urbanas acabam supervalorizando financeiramente áreas consideradas mais nobres, dotadas de melhores localizações e infraestruturas, fazendo com que o valor financeiro dos terrenos force a alocação de comunidades pobres a áreas mais afastadas, sem infraestruturas adequadas (Gevehr e Berti, 2017; Pagani, Alves e Cordeiro, 2015). As áreas de maior risco acabam sendo ocupadas por populações mais vulneráveis, excluídas dos circuitos de acumulação socioespacial, e acabam se tornando mais expostas a efeitos críticos de eventos naturais.

As condições de vulnerabilidade devem, portanto, ser mensuradas por indicadores que evidenciem os aspectos sociais e que possam aferir condições de maior ou menor grau de fragilidade social. O Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/USFC, 2022) descreve alguns fatores que podem ampliar a vulnerabilidade social:

Alguns fatores de vulnerabilidade que aumentam o risco de desastre em contextos urbanos são: aumento da densidade demográfica e assentamentos precários; políticas de habitação urbana; degradação ambiental; ineficiência de políticas de proteção social; ocupação inadequada do solo; inexistência de planejamentos urbanísticos;

ausência de mapeamentos de risco e de Planos Municipais de Redução de Riscos; segregação espacial.

Os fatores que potencializam a vulnerabilidade são variados e podem agregar diferentes variáveis, como as descritas, por exemplo, na passagem anterior. Todavia, a escolha das variáveis deve ter como objetivo principal captar as sensibilidades que fazem com que determinados grupos sociais ou populações, estejam em condições de vulnerabilidade dado determinado contexto de suscetibilidade das áreas onde estão inseridas.

Quanto piores os índices sociais captados, maiores tendem a ser as condições de vulnerabilidade, e também mais difíceis tendem a ser as condições de resiliência. O enfrentamento das condições adversas de um evento e a capacidade de voltar às condições de normalidade, parecidas com o estado anterior ao evento tornam-se mais complexos na medida em que pessoas atingidas dispõem de capacidades diferenciadas de se recuperar dele (Canil, Lampis e Santos, 2020). As capacidades de recuperação devem levar em conta tanto as condições materiais, como reconstrução de residências e locais atingidos, compra de móveis, roupas, alimentos e outros bens atingidos, quanto as condições psicológicas e mentais de recuperação pós-desastre, que podem ser severamente afetadas em caso de perdas materiais ou humanas, como falecimentos de familiares e pessoas próximas. Grupos sociais nos quais essas capacidades são menores certamente encontram-se em condições de vulnerabilidade mais alta do que aqueles que as contêm ou que possuem maiores condições de acessá-las.

O risco, como se verá a seguir, não resulta simplesmente da pura exposição a determinado evento, ou da localização em áreas suscetíveis, mas também de condições sociais e espaciais histórica e estruturalmente desiguais (Braga, Oliveira e Givisiez, 2006). Esses fatores certamente são parte da equação e contribuem com grande peso para a mensuração das consequências de um eventual desastre, mas não podem ser equacionados sem levar em conta as condições diferenciais dos grupos sociais atingidos e da capacidade deles de resistir e recuperar as condições de normalidade.

2.3.3 A concepção sintética de *risco socioambiental*

Dadas as considerações analíticas, pode-se então delimitar o risco como sendo um conceito que não abrange apenas aspectos físicos do ambiente. O componente

social se entrecruza com o meio natural, potencializando os efeitos nocivos em populações com menores poderes de resiliência.

Tal acepção encontra consonância com a perspectiva de Ulrich Beck (2010), segundo o qual a sociedade tem vivido, a partir da acelerada urbanização e crescimento populacional proporcionadas pela Revolução Industrial, em um contexto de riscos, produzidos não só pela natureza, mas sobretudo produzidos pelo próprio desenvolvimento tecnológico, econômico e científico. O autor argumenta que a modernidade, ao mesmo tempo em que proporcionou avanços materiais, científicos e sociais em uma escala sem precedentes na história, também gerou novas formas de insegurança. Os riscos contemporâneos resultam das próprias ações humanas, como a poluição, as mudanças climáticas, os acidentes nucleares, a biotecnologia e as crises econômicas globais, e seus efeitos correlatos. Beck considera não só os riscos derivados da interação do homem com o meio ambiente, mas também de crises financeiras, geopolíticas, militares e outras que podem atingir efeitos globais de desordem.

Beck enfatiza que, embora os riscos modernos sejam “democráticos” em sua difusão, suas consequências e efeitos são muito diferenciados entre as populações atingidas. Um deslizamento, por exemplo, pode atingir com a mesma intensidade uma região de favelas ou um condomínio de luxo, mas a capacidade de reconstrução e recuperação das áreas atingidas e das condições de normalidade variam enormemente segundo as condicionantes sociais de cada grupo. De acordo com o autor (Beck, 2010, p. 45) “os riscos seguem a lógica da riqueza: são produzidos em massa, mas sua distribuição é desigual”.

Em relação aos riscos de desastres socioambientais, há uma conexão indissociável entre os eventos e suas afetações em diferentes espaços. O risco pode ser baixo ou alto a depender das intensidades das variáveis componentes do perigo e da vulnerabilidade. Operando como uma variável dependente de suas duas componentes, ele se comporta de modo diretamente proporcional àquelas. Quando o grau de vulnerabilidade ou de perigo aumentam, o grau de risco também aumentará. Quando as duas variáveis se elevam simultaneamente, o grau de risco tende a se potencializar em seu grau mais alto. Do mesmo modo, quando medidas são tomadas objetivando-se a redução de fatores relacionados às condições de perigo e vulnerabilidade, o risco associado a uma determinada área geográfica diminuirá.

O risco, ao associar-se a um evento natural, como chuvas torrenciais, tempestades, incêndios de grandes proporções ou ventanias, por exemplo, gera como efeito o chamado desastre socioambiental, cujos grau e magnitude de danos irão depender diretamente das intensidades dos riscos e dos eventos. Destaca-se, portanto, a interdependência dos dois fatores – perigo e vulnerabilidade – na composição semântica aqui adotada do conceito de risco socioambiental. E como consequência da associação deste a um evento natural, que opera como uma centelha a todo cenário estruturado, desencadeia-se um desastre socioambiental.

Tal abordagem encontra consonância com os direcionamentos dados pelo Governo Federal em suas estratégias recentes de GRD e GD, ao enfatizar que “a perspectiva da construção social do risco é, portanto, a ponte que se estabelece entre a atuação mais tradicional em proteção e defesa civil, fortemente associada a ações de resposta; e a atuação do modelo de tendência internacional que trata da gestão sistêmica do risco” (BRASIL, 2017, p. 21). A literatura destaca que, embora o perigo esteja relacionado a fenômenos e características naturais potencialmente danosas, é a vulnerabilidade que converte tais fenômenos em desastres. Assim, desigualdades sociais, padrões de uso e ocupação do solo, desigualdades na espacialização da infraestrutura urbana e fragilidades institucionais na execução de políticas públicas tornam-se elementos centrais na produção e amplificação dos riscos.

2.3.4 A abordagem sociotécnica dos desastres

A intenção das aproximações epistemológicas feitas até aqui é ampliar a compreensão do termo “desastre”, configurando-o como uma interação indissociável entre fatores naturais e humanos, que produz efeitos sobre o ambiente e a sociedade. Diferente da visão tradicional de “desastre natural”, o conceito de desastre socioambiental reconhece que os desastres não são apenas causados pela natureza, mas sim pela relação entre vulnerabilidades sociais e ameaças ambientais.

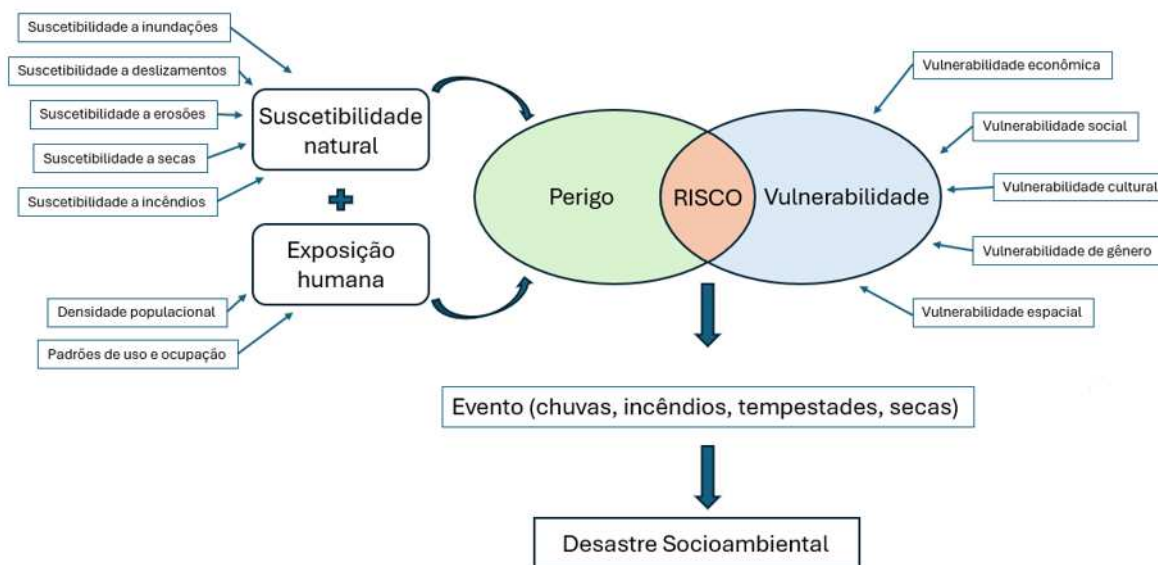
De acordo com Valencio (2010), os desastres devem ser entendidos como processos sociais complexos, e não como meros eventos físicos. Eles não são resultado apenas de eventos extremos que ocorrem sobre determinado território. Este, possui características diferenciais de ocupação e condições humanas que alteram as consequências dos fenômenos naturais, de modo que os desastres são sentidos, apreendidos e superados (ou não) de formas diferentes. Como visto anteriormente, um evento afeta determinados grupos sociais de maneiras distintas,

assim como são diferentes seus níveis de resiliência ante ao ocorrido, que perpassa pela retomada dos estados de normalidade material, física e emocional.

Ao se abordar os desastres nessa perspectiva, o estudo das dinâmicas de risco e suas manifestações se tornam indissociáveis das estruturas sociais, políticas, econômicas e culturais que organizam a vida em sociedade. As desigualdades socioeconômicas, a precariedade das infraestruturas, a limitada capacidade institucional e a ausência de planejamento territorial eficaz constituem elementos fundamentais para explicar por que determinados grupos, territórios e modos de vida se tornam mais expostos e vulneráveis aos efeitos dos eventos adversos. Dessa forma, o desastre deixa de ser visto como anomalia e passa a ser interpretado como expressão de processos estruturais historicamente constituídos.

Nessa perspectiva, autores como Valencio (2010), Braga, Oliveira e Givisiez (2006), Rebelo (2003), Moura, Cunico e Lucena (2023), entre outros, argumentam que o risco não é um atributo intrínseco da natureza, mas sim um produto socialmente construído, que emerge da interação entre perigos (*hazards*) e vulnerabilidades. Assim, o desastre seria o resultado extremo dessa interação, revelando falhas e descaminhos nos sistemas de governança interinstitucional e interfederativa, nas políticas públicas de monitoramento e intervenção dos territórios e nas formas de ocupação do espaço. A figura 6 a seguir representa um esquema sintético do desastre como uma soma de interações.

Figura 6: Síntese do desastre socioambiental



Elaboração própria.

O desastre, portanto, deve ser abordado não apenas de maneira técnica, baseando-se apenas na investigação de fatores naturais que possibilitem a ocorrência de determinado evento, mas deve também ter a sensibilidade social de se compreender que as pessoas são afetadas de maneiras diferentes. As políticas públicas devem ser planejadas a partir de uma perspectiva multissetorial (saúde, assistência social, educação, segurança, infraestrutura) que procure estudar as características sociais de cada local classificado como de alto risco, para que possam ser pensadas medidas eficazes tanto na parte preventiva, envolvendo informação das pessoas, campanhas educativas, cadastro prévio de famílias em áreas de risco, quanto na parte de ações de mitigação de efeitos e na etapa pós desastre, para a retomada das condições de normalidade no menor tempo possível.

Feitas as devidas ponderações nos termos que serão de uso constante na presente pesquisa, o capítulo seguinte abordará a questão das capacidades estatais e seus instrumentos de ação no que tange às políticas públicas de GRD.

3 AS CAPACIDADES ESTATAIS E A GESTÃO DE RISCOS SOCIOAMBIENTAIS: O MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO COMO ELEMENTO DECISIVO NA GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES

A intensificação de desastres socioambientais no Brasil evidencia não apenas fatores naturais, mas também fragilidades institucionais do Estado em planejar e gerir o território de forma preventiva. Nesse contexto, a discussão a respeito das capacidades estatais eleva-se como um assunto imprescindível.

O mapeamento de áreas de risco, como intenta-se mostrar nesse trabalho, é uma ferramenta essencial, pois fornece a base técnica para ações de prevenção, monitoramento e operacionalização de ações de maneira mais efetiva. Entretanto, a simples existência de mapas não garante plena eficácia, eficiência ou efetividade das ações de GRD. Sua utilidade depende diretamente das capacidades estatais, ou seja, das condições do Estado de formular, implementar e coordenar políticas públicas de gestão de riscos, incluídas aí ações de conscientização e mobilização social em torno do tema. As capacidades técnicas não funcionam de maneira eficaz sem o estoque de recursos financeiros, pessoais, materiais e de gestão do poder público para operacionalizar o conjunto de ações necessárias diante de uma situação de risco. Por mais que sejam robustas, se desenvolvidas apenas como um fim em si mesmo, apartadas do planejamento político acabam se tornando instrumentos incapazes de operar efetivamente em mudanças da realidade. Por outro lado, decisões e ações políticas sem estudos técnicos prévios baseados em evidências, incluídos aí mapeamentos territoriais sistemáticos, se difundem pelo território de maneira descoordenada, gerando desperdício de recursos escassos no contexto estatal.

Também não podem operacionalizar-se sem uma análise sensível das diferentes realidades sociais que os territórios possuem, e sem a sensibilidade e o entendimento de que as pessoas são afetadas e reagem a essas afetações de formas diferentes. Os ritmos de recuperação não são os mesmos, as velocidades de readaptação são extremamente variadas conforme as condicionantes possíveis em cada núcleo social afetado, resultando em condições de resiliência diferenciados conforme a realidade social transformada pelos eventos.

3.1 As capacidades estatais e a gestão de riscos socioambientais

Em um cenário de eventos climáticos cada vez mais intensos e frequentes, aliados à urbanização crescente no país a partir de condições socioespaciais desiguais, os problemas relacionados a desastres socioambientais demandam uma atenção cada vez maior por parte do poder público. Políticas públicas relacionadas à gestão de riscos de desastres socioambientais são por vezes negligenciadas no rol de prioridades de destinação de recursos financeiros, técnicos e humanos no escopo dos planejamentos municipais (Marandola Jr. e Hogan, 2018; Moura, Cunico e Lucena, 2023; Guerra, 2020).

Nesse sentido, é necessário observar como o Estado, em suas instâncias federativas, desenvolve e implementa ações e políticas públicas, através de suas capacidades. Não é intenção, na presente pesquisa, perscrutar o conceito, tampouco realizar uma avaliação exaustiva acerca das capacidades do município de Ribeirão das Neves em seus componentes estruturais. O objetivo reflexivo da presente pesquisa é realizar uma aproximação dos processos de mapeamento de áreas de risco ao contexto das capacidades técnicas estatais, no âmbito do universo das políticas públicas relacionadas à GRD. A perspectiva aqui adotada é a de que o mapeamento de áreas de risco constitui um momento essencial e decisivo das capacidades técnicas estatais, e que deve ser consolidado como um processo perene e necessário no planejamento, estruturação, implementação, execução e monitoramento de ações voltadas à Defesa Civil e planejamento territorial.

A Gestão de Riscos de Desastres pode ser compreendida como um dos dois grandes momentos no contexto geral do Planejamento de Desastres, juntamente com a Gestão ou Gerenciamento de Desastres (GD). Enquanto a GRD reflete sobre um conjunto de medidas preventivas aplicadas, essencialmente, no período de normalidade, visando antever potenciais cenários críticos e planejar ações multissetoriais, abordando os eventos em seus momentos cruciais, mas sobretudo focando ações anteriores ao evento, a GD converte esforços em ações emergenciais, durante e após o evento, visando diminuir os danos associados e recuperar as condições de normalidade. Os procedimentos adotados na GRD visam preparar, prevenir e mitigar as situações de riscos e desastres que podem acontecer. A GD atua nas ações de resposta a esses desastres. A figura 7 a seguir permite uma melhor visualização do escopo de ação de cada área.

Figura 7: Gestão de Riscos e Gerenciamento de Desastres

Fonte: Ceped/UFSC, 2022.

No âmbito das ações de GRD, especialmente no que se relaciona às práticas de prevenção, o conhecimento dos espaços constitui a base inicial de ações que visam corrigir problemas territoriais, corroborando-se com a posição defendida por Gonçalves (2022), de que este instrumento confere ao Estado poder e possibilidade maiores de agir de modo a promover o crescimento ordenado das cidades. O mapeamento não opera como uma panaceia para os problemas territoriais, nem deve ser utilizado como instrumento único, apartado de outras abordagens epistemológicas e metodológicas na instrumentalização de ações, mas pode, e deve se colocar como um instrumento complementar essencial para o planejamento e operacionalização dos processos de modo mais eficiente, porque permite a visualização de problemas de origem espacial de uma forma que talvez outros mecanismos, textuais ou gráficos por exemplo, não consigam.

As capacidades, de maneira geral, podem ser relacionadas e aludidas com o estoque de recursos disponíveis ao poder público, que os utiliza como instrumentos na formulação e implementação de políticas públicas (Castro, 2016; Gomide e Marengo, 2024; Saraiva, 2020). Por ser um conceito multinível e multidimensional, diferentes abordagens epistemológicas procuram classificar os níveis de capacidade sob diferentes aspectos não tendo, portanto, um referencial único que possa delimitar todas as dimensões e alcances das capacidades do Estado em suas formas de atuação na realidade social.

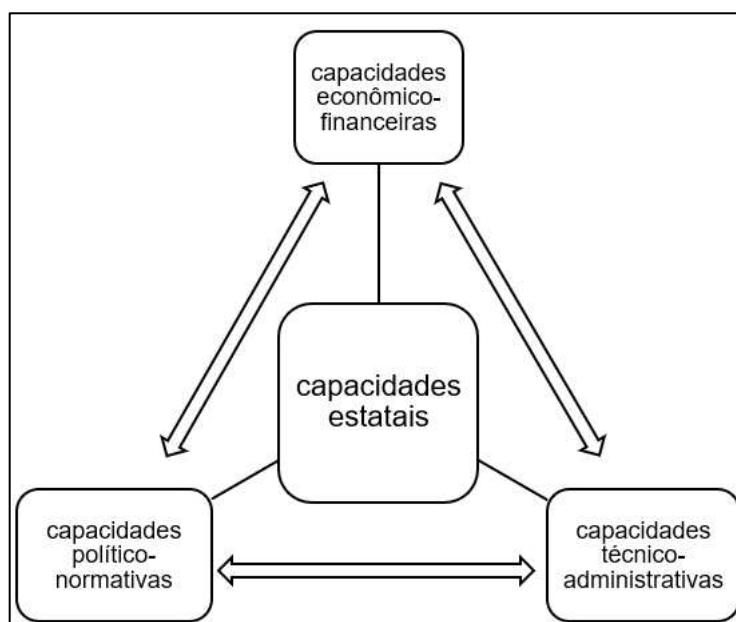
Evans (1992, *apud*. Souza e Fontanelli, 2020) define as capacidades como meios e/ou mecanismos de ação do Estado, ou seja, o conjunto de instrumentos e instituições de que dispõe o Estado para estabelecer objetivos, transformá-los em políticas e implementá-las. Os autores, ao procurarem estabelecer algumas fronteiras epistemológicas sobre o conceito, através da investigação na literatura correlata, expressam a capacidade estatal em três grandes esferas: a capacidade extrativa, isto é, instituir e cobrar tributos; a capacidade coercitiva, isto é, impor a lei e a ordem; e a

capacidade administrativa, isto é, formular e implementar políticas públicas através de uma burocracia profissionalizada (Souza e Fontanelli, 2020).

Baseada nessa divisão, foram evidenciadas as competências de ação do Estado em três grandes grupos sucintos, que sintetizassem todas essas dimensões e características distintivas. Assim, as capacidades de ação do Estado na sociedade e no seu território podem ser compreendidas em:

- Capacidades políticas, cujo poder público tem a capacidade de organizar o corpo político baseado nos três poderes (legislativo, executivo e judiciário), promover sistemas de leis e normas, além de pleitos, assembleias e outros instrumentos de participação política das populações envolvidas.
- Capacidades técnico-administrativas, que envolvem competências de organizar materiais, pessoas e meios para efetivar a administração de serviços, a execução de políticas públicas e o ordenamento territorial.
- Capacidades econômico-financeiras, que compreendem os meios de financiamento e manutenção econômica de todos os aparatos instrumentais necessários à consecução de políticas públicas, instrumentalização dos poderes e institucionalização das instâncias organizacionais e executoras. Constitui-se assim como mecanismos de financiamento para provimento de serviços públicos essenciais e a manutenção do funcionalismo público.

A relação entre os três domínios de capacidade deve ser de interdependência e complementaridade. A figura 8 abaixo representa um modelo de interdependência entre eles, não contendo necessariamente um ordenamento hierárquico. O funcionamento de qualquer objeto ou atributo relacionados a uma das três esferas requer a complementaridade das outras duas. A eficiência de uma política pública municipal, por exemplo, está ancorada em uma articulação política que promova leis e diretrizes gerais para sua implementação de forma ética e democrática. Por conseguinte, o município deve contar com a estrutura administrativa necessária, com pastas executivas, secretariados e corpo técnico qualificados, necessários à implementação eficaz do projeto. Finalmente, o município deve contar com recursos financeiros que viabilizem a consecução das ações, sem incorrer em ônus financeiros que prejudiquem o funcionamento futuro da administração como um todo.

Figura 8: Capacidades estatais e suas esferas de efetivação

Fonte: elaboração própria.

No contexto brasileiro, as capacidades de implementação e execução de políticas públicas são frequentemente constrangidas tanto por problemas internos às estruturas institucionais, como entraves burocráticos, má distribuição e alocação de recursos técnicos e limitações orçamentárias, quanto por problemas vinculados à própria configuração da nossa sociedade e espaço geográfico, como desigualdades sociais e espaciais entre diferentes regiões do país, o que demanda estratégias de ação próprias para cada contexto (Grisa *et al.*, 2017; Mundim, Artuso e Ferreira, 2019). A governança e gestão de riscos e desastres socioambientais emerge como um campo interdisciplinar que conecta capacidades estatais à gestão ambiental e territorial, demandando cooperação entre diferentes níveis de governo e sociedade civil (Freitas *et al.*, 2012).

Os municípios, em geral, possuem baixas capacidades de gestão de riscos de desastres. Com baixa capacidade própria de geração de receitas e altamente dependentes de transferências interfederativas (Lassance, 2012), os recursos que acabam sendo destinados às ações de Defesa Civil são poucos, o que limita uma organização material e pessoal eficiente e suficiente em todos os municípios brasileiros. As equipes em operação nos municípios, em sua grande maioria possuem capacidades técnicas e operacionais limitadas, sendo operacionalizadas de modo *ad hoc* e contingencial, no momento de iminência ou mesmo de ocorrência do evento. Ao mesmo tempo, as atribuições estabelecidas em lei para esses entes são muitas, o que

acaba sobrecarregando e constringendo as prefeituras, sobretudo de pequenos municípios, a executarem tais diretrizes de maneira eficaz. A institucionalização da Defesa Civil Municipal como política pública permanente e autônoma, regulamentada, figurada no orçamento, com diretrizes, normas e ações definidas e pessoal capacitado para executá-las, a partir de recursos financeiros e materiais disponíveis, é essencial para superar tais obstáculos (Favato, Ribeiro e Araújo, 2024).

Apesar da existência de políticas públicas nacionais, como a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, e de instrumentos de planejamento municipal como Planos Diretores Municipais, ainda é perceptível a fragilidade institucional local para implementação efetiva dessas diretrizes (Mundim, Artuso e Ferreira, 2019; Coutinho *et al.*, 2015). Falhas e morosidades na articulação institucional e com outras instâncias federativas, carência de recursos financeiros e humanos, e a ausência de instrumentos técnicos atualizados, como mapas de áreas de risco, agravam o cenário (Alcantara-Ayala, 2002; Freitas, 2012; Cardoso *et al.* 2020).

A Lei 10.257/2001, conhecida como Estatuto da Cidade, estabelece diretrizes gerais da política urbana. Em seu escopo, ele prevê a elaboração de planos diretores obrigatórios para municípios com mais de 20 mil habitantes, contendo mapeamento de áreas de risco (arts. 39, 40, 41, 42). Em seu art. 42-A, por exemplo, é instituído expressamente que os Planos Diretores das cidades deverão conter em seu escopo o “mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos” (art. 42-A, inciso II).

Já a Lei 12.608/2012 estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Ela opera como um conjunto de diretrizes orientadas a promover mecanismos direcionados à prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil frente a desastres socioambientais (art. 3º). Essa lei se configura como o principal marco normativo relacionado à GRD no país, e orienta as políticas subnacionais de enfrentamento a desastres. Ela regulamenta as ações que o poder público deve realizar no intuito de mitigar os impactos de desastres. Dentre elas, as de prevenção (art. 1º, inciso VIII), merecem especial destaque no contexto da presente pesquisa, por configurarem ações que objetivam prever a possibilidade de potenciais desastres e agir de modo antecipado visando minimizar os impactos decorrentes deles, além de enfatizarem o mapeamento

como um dos objetos do processo preventivo. No presente inciso, destaca-se que as medidas de prevenção são:

ações de planejamento, de ordenamento territorial e de investimento destinadas a reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas e das populações e a evitar a ocorrência de acidentes ou de desastres ou a minimizar sua intensidade, por meio da identificação, do mapeamento e do monitoramento de riscos e da capacitação da sociedade em atividades de proteção e defesa civil, entre outras estabelecidas pelos órgãos do Sinpdec (BRASIL, 2012).

O Sinpdec, mencionado na passagem anterior, e instituído pela PNPDEC, é o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, constituído por órgãos e entidades da administração pública federal, dos estados, do Distrito Federal e dos Municípios e por entidades públicas e privadas que atuam diretamente na área de proteção e defesa civil. Cabe a esse sistema coordenar a operacionalização das ações em nível subnacional, acionando governos e prefeituras na atuação em seus territórios. A figura 9 a seguir apresenta a estrutura geral do Sinpdec e seus órgão correlatos.

Figura 9: Estrutura geral do Sinpdec



Fonte: BRASIL, 2016.

No PNPDEC, em seu art. 7º por exemplo, é deliberado que é de competência dos estados “identificar e mapear as áreas de risco e realizar estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os Municípios” (art. 7º, inc. IV). Já em seu Art. 8º determina-se que compete aos municípios “identificar e mapear as áreas de risco de desastres” (art. 8º, inc. IV), e também “promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas

ocupações nessas áreas” (art. 8º, inc. V), entre outras ações. As competências gerais atribuídas aos municípios no âmbito da PNPDEC podem ser vistas resumidamente no quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Competências municipais na GRD estabelecidas na PNPDEC

Lei 12.608/2012 (Institui a PNPDEC, o SINPDEC e o CONPDEC, além de autorizar a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres)
Competências dos municípios (art. 8º)
<p>I - executar a PNPDEC em âmbito local;</p> <p>II - coordenar as ações do SINPDEC no âmbito local, em articulação com a União e os Estados;</p> <p>III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;</p> <p>IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;</p> <p>V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;</p> <p>V-A - realizar, em articulação com a União e os Estados, o monitoramento em tempo real das áreas classificadas como de risco alto e muito alto;</p> <p>V-B - produzir, em articulação com a União e os Estados, alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres, inclusive por meio de sirenes e mensagens via telefonia celular, para cientificar a população e orientá-la sobre padrões comportamentais a serem observados em situação de emergência;</p> <p>VI - declarar situação de emergência e estado de calamidade pública;</p> <p>VII - vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;</p> <p>VIII - organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;</p> <p>IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;</p> <p>X - mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre;</p> <p>XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;</p> <p>XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;</p> <p>XIII - proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres;</p> <p>XIV - manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município;</p> <p>XV - estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas; e</p> <p>XVI - prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres.</p>

Fonte: Lei 12.608/2012.

Em nível estadual, no contexto de Minas Gerais, já na década de 1970 foi promulgada a Lei nº 7.157/1977, que instituiu a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Foi a primeira iniciativa estadual para a composição de um núcleo estruturador de ações voltadas para o setor. Foi prevista também a criação de um fundo financeiro

estadual especial para ser direcionado a municípios que decretarem estado de calamidade pública.

A Lei nº 15.660/2005 institui a política estadual de prevenção e combate a desastres decorrentes de chuvas intensas. Ela procura estabelecer diretrizes para a consolidação de uma política estadual de proteção e defesa cível, com atuação direta na salvaguarda de pessoas, bens materiais e elementos ambientais em casos de desastres decorrentes de chuvas intensas. Apesar de ser relativamente concisa (com apenas 10 artigos), representa um marco legal importante na consolidação e institucionalização de ações dessa natureza no escopo de atuação do poder público estadual. Dentre as atribuições do estado, destacam-se aquelas referidas nos artigos 4º e 5º, que tratam respectivamente de diretrizes de competência estadual para a consecução dos objetivos presentes no texto e de atividades conjuntas, em convênio com os municípios, para a estruturação de ações para a prevenção e o combate a desastres decorrentes de chuvas intensas.

Em complemento, em 2013 foi promulgada a Lei nº 21.080, que dispõe sobre ações de proteção e defesa civil no Estado. Esta lei lida com a estruturação de ações a serem desenvolvidas e implementadas pelo governo estadual e pelos governos municipais, tendo como objetivo o fortalecimento da Defesa Civil. Em seu art. 1º, por exemplo, ficam instituídas como diretrizes a promoção de estudos e pesquisas sobre desastres, visando desenvolver conhecimentos e tecnologias aplicáveis às ações de defesa civil (inciso II). É mencionado também o desenvolvimento de incentivos à criação de coordenadorias municipais de defesa civil (inciso III). Também é mencionada a realização de análises para a criação de um fundo de custeio para o desenvolvimento dessas ações, em nível estadual (inciso I).

O Decreto nº 48.095/2020 regulamenta a criação das Unidades Regionais de Defesa Civil (Redecs), que na prática são divisões regionais do estado em áreas de jurisdição e atuação de unidades de Defesa Civil. Entre suas atribuições está a coordenação, o monitoramento, o mapeamento de áreas de risco e a confecção de planos de contingência para os respectivos municípios de cada região (art. 2º, inciso I). O agente de Defesa Civil, dentre outras atribuições, está encarregado de apoiar os municípios técnica e metodologicamente nas ações de identificação, avaliação e mapeamento de áreas de risco (art. 5º, inciso VII, alínea “d”). Tais ações são de suma importância pois visam fornecer dados e informações que podem subsidiar ações

posteriores, como prospecção e desenvolvimento de rotas de fuga, pontos de encontro, e avisos e alertas para as populações que vivem nessas áreas.

O principal órgão operacional de ações na GRD é a Defesa Civil. Atualmente, suas ações estão sob responsabilidade do Gabinete Militar do Governador (GMG) através do Decreto 48.710/2023 (art. 2º, inciso XIV). Entretanto, as instituições militares, como o Corpo de Bombeiros Militar e a Polícia Militar estaduais exercem ações conjuntas relacionadas à GRD. Devido à capilaridade dessas instituições e à expertise em ações em momentos sociais críticos essas instituições tem tido o protagonismo no exercício de operações em momentos de desastres. As operações mais recentes nos grandes desastres relacionados ao rompimento das barragens em Mariana e Brumadinho reforçou o enfoque nas instituições.

Do ponto de vista orçamentário, o quadro de despesas aponta uma tendência nos últimos anos de fortalecimento das ações sob comando do CBMMG. A instituição recebeu grande alocação de recursos a partir de 2020. Pode-se supor que os efeitos das tragédias em Mariana e principalmente em Brumadinho podem ter sido decisivos no redirecionamento dos aportes financeiros. A tabela 3 a seguir mostra os valores, em milhões de reais, nas despesas relacionadas às ações em Defesa Civil (a cargo do GMG) e GRD (a cargo do CBMMG).

Tabela 3: Detalhamento das despesas em Defesa Civil e Gestão de Desastres em MG (em milhões de R\$)

1.40.1 - CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CBMMG	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
GESTÃO DA PREVENÇÃO, MITIGAÇÃO E PREPARAÇÃO DE DESASTRES	–	–	198,8	246,4	257,4	321,4	347,5
GESTÃO DA RESPOSTA A DESASTRES	–	–	509,8	484,6	521,9	503,6	515,1
EXPANSÃO E APERFEIÇOAMENTO DO ATENDIMENTO DO CBMMG PARA TORNAR O ESTADO MAIS RESILIENTE AOS DESASTRES	0,1	0,0	–	–	–	–	–
COMBATE A SINISTROS, PREVENÇÃO, PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL	25,4	32,0	–	–	–	–	–
1.07.1 - GABINETE MILITAR DO GOVERNADOR DO ESTADO DE MINAS GERAIS - GMG	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
GESTÃO DE DESASTRE	1,5	1,5	2,1	9,1	10,8	8,7	8,9
GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES	0,3	0,8	0,8	1,1	0,3	0,4	0,7

Fontes: LOA/MG (vol. V – Quadro de Detalhamento de Despesa – QDD), para os anos de 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024.

Nota-se que a ação de “combate a sinistros, prevenção, proteção e defesa civil” apareceu no escopo de despesas até o ano de 2019. Ações específicas de Defesa Civil pareciam estar conjugadas a ações de outros tipos. A partir desse ano, duas ações foram formadas e passaram a receber somas consideráveis de recursos, em uma tendência média de crescimento desde então. A própria ênfase no termo

“desastre”, relegando a segundo plano o termo “defesa civil” parece ter vínculos com os eventos ocorridos à época e devem ter influenciado decisivamente na reformulação do planejamento de ações a partir de então. Em contrapartida, as ações de GRD relacionadas ao GMG tem uma estrutura de gastos ínfima perto das do Corpo de Bombeiros. Isso evidencia um direcionamento de protagonismo para esse órgão em relação à Defesa Civil, que ainda carece de maior fortalecimento como instituição com autonomia e capilaridade em nível municipal.

Por fim, no município, além dos dispositivos legais já mencionados que atribuem às prefeituras papéis centrais na execução da PNPDEC, as próprias Leis Orgânicas, planos diretores e demais legislações locais devem estabelecer regramentos sobre o ordenamento do território e expansão da urbanização em áreas previamente classificadas como de risco. Além disso, cada prefeitura deve desenvolver seu próprio Plano de Contingência, que é um conjunto de informações, estratégias e ações específicos de Defesa Civil, caso aconteça algum desastre no território.

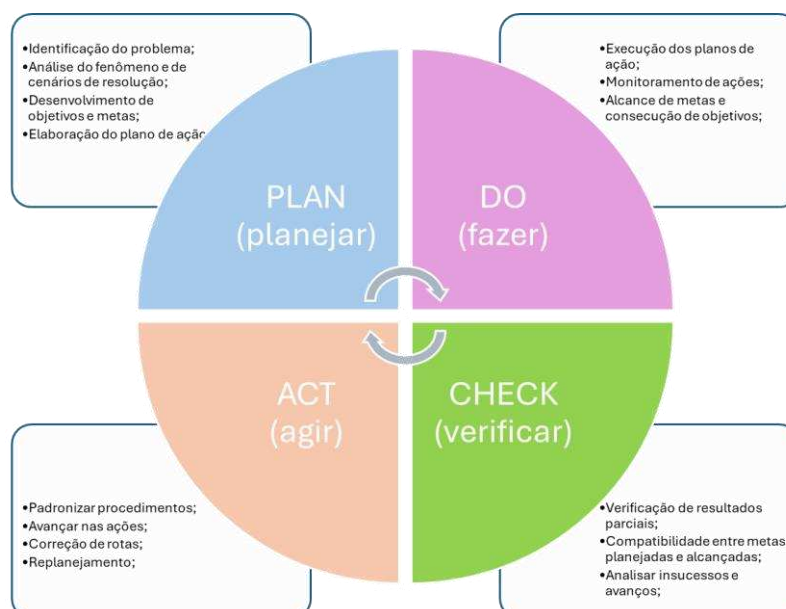
Foi visto, porém, que os municípios ainda sofrem diversos constrangimentos na efetiva execução de tais ações. No país, o sistema federativo obedece a uma estrutura peculiar desde a Constituição de 1988, quando esta elevou o município ao nível de ente federativo. Aos municípios foi passada uma carga de responsabilidades sem precedentes nas constituições anteriores. Por um lado, isso significou o reconhecimento do poder e da autonomia municipais para formular políticas públicas aos moldes de suas realidades locais. Por outro lado, também têm sido evidenciadas, ao longo dos anos, as crescentes dificuldades dos municípios em exercer essa autonomia (Lima e Costa, 2019). Em diversos municípios, sobretudo aqueles classificados como “pequenos”, abaixo de 20 mil habitantes – incluídos aqueles visitados no âmbito do projeto de extensão e mencionados no capítulo de “Introdução” desse trabalho – são encontradas dificuldades de consolidação de equipes de Defesa Civil, formulação e execução de Planos de Contingência, ausência de mapeamentos de áreas de risco, inexistência de Planos Diretores – que, por Lei Federal, são obrigatórios para municípios com população acima de 20 mil habitantes – entre outros instrumentos que acabam por dificultar os esforços e inviabilizar o pleno cumprimento das Leis.

3.2 O mapeamento como instrumento decisivo no contexto da capacidade técnica de GRD

Na Gestão de Riscos de Desastres, assim como no escopo amplo de ações voltadas à Defesa Civil, o planejamento ocupa um papel central na racionalização de decisões e ações (Lima e Porto, 2025). Com efeito, em todas as ações do poder público, o planejamento deve fazer parte de um ciclo maior e mais complexo que envolve também a implantação e o monitoramento.

O ciclo PDCA, amplamente difundido em estudos sobre organizações e adotado também no campo de atuação do poder público, é uma metodologia de otimização e melhoria de processos de gestão, que estabelece um fluxo contínuo entre suas fases (Costa e Costa, 2024). O ciclo possui relação direta com diversas áreas da gestão, sendo uma ferramenta fundamental na gestão de ações de políticas públicas (ENAP, 2016). Relacionando-se à GRD, pode-se salientar que o desenvolvimento do ciclo pode favorecer a melhoria das ações e a otimização de tempo e recursos necessários para desenvolvê-las. A figura 10 a seguir apresenta um modelo geral do ciclo, entre suas fases e suas principais atribuições.

Figura 10: Esquema geral do ciclo PDCA



Elaboração própria com base em Costa e Costa (2024).

A primeira fase consiste no planejamento geral de ações (*plan*). No contexto desta pesquisa, essa fase é considerada a mais importante no processo, por ser a base a partir de onde todas as outras fases prosseguirão. Nessa fase, o problema

central é analisado pela equipe e dimensionado em seus custos materiais, financeiros e humanos, sendo pensadas alternativas possíveis de solução, e desdobrados objetivos específicos, planos de metas e indicadores, e finalmente desenvolvido um plano inicial de ação (Costa e Costa, 2024). O planejamento deve produzir um diagnóstico minucioso do problema em seu contexto, além de um plano de ação detalhado, com todas as etapas envolvidas, incluindo escopo do projeto, tabelas de custos, organogramas, fluxogramas, dentre outras ferramentas de gestão das ações.

Na fase seguinte a equipe, já organizada funcionalmente, colocará o plano de ação em prática (*do*), a partir dos preceitos desenvolvidos anteriormente. Essa etapa, de acordo com Costa e Costa (2024), se constitui como um dos pontos de maior criticidade em todo o processo geral do ciclo. É nessa fase que haverá o choque entre o que foi discutido e desenvolvido na etapa anterior com o plano de ações e o contexto real. Vários eventos modelados em gabinete podem sair de forma não prevista ou desejada. Por isso o planejamento deve levar em conta tais eventualidades e traçar mecanismos alternativos de correção ou adoção de novas estratégias.

A terceira fase consiste na verificação parcial de resultados alcançados (*check*), no intuito de observar se condizem com o progresso estabelecido na fase de planejamento. Nessa fase, a maturidade e o andamento das ações já são suficientes para se ter alguns mecanismos de compatibilidade entre resultados pretendidos e efetivamente verificados, mesmo que de modo parcial. Alguns indicadores já podem ser acompanhados e com eles o andamento geral do processo pode ser avaliado como conforme o planejado.

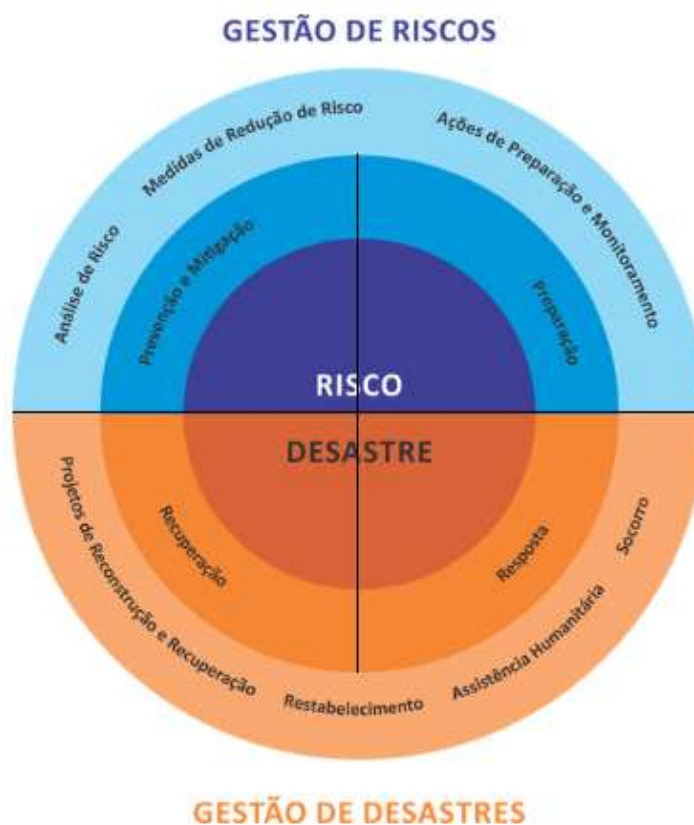
Fechando o ciclo, a quarta fase corresponde ao agir (*act*). Se os resultados verificados nas fases anteriores forem satisfatórios, as melhorias são padronizadas e incorporadas às práticas. Caso os resultados sejam insatisfatórios, devem ser identificadas as falhas, corrigi-las e reiniciar o ciclo, agora com um plano aprimorado.

Com efeito, a presente pesquisa parte da hipótese de que o planejamento ocupa um papel central no ciclo geral de políticas públicas e, no caso específico de ações em Defesa Civil e Gestão de Riscos de Desastres, o mapeamento é um dos elementos cruciais. O planejamento depende fortemente de informações qualificadas sobre o território, suas dinâmicas e suas vulnerabilidades (Ferentz, Garcias, 2020). No contexto da GRD, essa qualificação se concretiza principalmente por meio de diagnósticos espaciais, nos quais o mapeamento desempenha papel decisivo.

Segundo Rodrigues e Listo (2016), a espacialização do risco possibilita não apenas a leitura integrada de ameaças e vulnerabilidades, mas também a identificação de populações, infraestruturas e equipamentos públicos e privados potencialmente afetados por diferentes cenários de desastre. De modo semelhante, para Alcántara-Ayala (2002), a cartografia de risco oferece suporte à tomada de decisão ao explicitar desigualdades sociais, condições ambientais e dinâmicas territoriais que aumentam a suscetibilidades e a exposição das comunidades a eventos adversos.

No contexto da GRD, o conjunto de ações pode ser convertido no esquema, exemplificado pela figura 11 a seguir. O ciclo anterior se converte no ciclo específico de Gestão de Riscos e Desastres, e visa estabelecer um conjunto essencial de ações em dois grandes momentos: anteriores ao desastre e durante e após o mesmo. O mapeamento de áreas de risco insere-se no contexto da prevenção, sendo uma das importantes etapas da gestão de riscos que devem ser estabelecidas.

Figura 11: Ciclo geral de ações no contexto do Planejamento e gestão de Desastres e Riscos de Desastres



Fonte: adaptado de BRASIL, 2024.

Para cada momento existe um conjunto de ações, não uniformizadas, que podem ser feitas, de modo a otimizar os resultados em cada etapa e diminuir a magnitude dos efeitos deletérios oriundos do desastre. Instituições como a Secretaria Nacional de Defesa Civil, o Ceped/UFSC, referência nacional em estudos, pesquisas e atuação em ações de Defesa Civil, as próprias Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil, a Escola Nacional de Administração Pública, entre outros, tem elaborado materiais instrutivos, com informações referentes à atuação efetiva nesses momentos. A própria Fundação João Pinheiro, através de esforços do grupo de Pesquisa e Extensão sobre Administração Pública e Desastres Socioambientais produziu materiais relevantes, como o protocolo mostrado na figura 3 mencionada no capítulo introdutório.

Esses materiais detalham, de forma propositiva, ações que devem ser feitas visando a estão de riscos e o gerenciamento efetivo dos desastres, baseados na PNPDEC e em recomendações e práticas internacionais. De modo geral, as ações são divididas em momentos anteriores ao desastre, compreendendo a prevenção, mitigação e preparação; momentos durante o desastre, com foco em ações de resposta; e momentos após o desastre, compreendendo ações de recuperação, reestruturação de condições de normalidade.

As ações não são definitivas. Cada localidade atingida deve estabelecer seu conjunto de ações adaptado à realidade local, podendo-se acrescentar, complementar ou suprimir ações de modo mais adequado. Algumas dessas ações podem ser visualizadas no quadro 3 a seguir. Elas foram divididas em estruturais, relacionadas a manutenção de meios materiais e infraestruturais, e não-estrutural, quando se relaciona com processos institucionais, normas e gestão de pessoas.

Quadro 3: Ações e estratégias essenciais na GRD e GD

Momento	Ato	Tipo de ação	Ação
Gestão de Riscos de Desastres	Antes	Estrutural	Regularização urbana de áreas de risco, com o monitoramento de pessoas que lá vivem Limpeza e manutenção de vias e de drenagens Ações de infraestrutura urbana Equipamentos de Defesa Civil, como GPS, drones, coletes, veículos, rádios comunicadores e computadores Sinalização de áreas de perigo, rotas de fuga e pontos de encontro Arborização e recuperação ambiental
		Não estrutural	Desenvolvimento do Plano Diretor, com a delimitação de áreas que podem e não ser urbanizadas Mapeamento de áreas de risco, que conjugue áreas de perigo e vulnerabilidade, no intuito de se visualizar áreas críticas Desenvolvimento de Planos de Contingência, que contenham informações básicas e diretrizes objetivas de ação Consolidação de equipes de pesquisa e monitoramento Elaboração de Leis, Normas e Decretos com diretrizes de ação e estruturação do território Fiscalização de áreas de risco, com medidas efetivas de desocupação de áreas críticas e realocação segundo normas predefinidas Educação e informação preventiva para as populações, inclusive com simulados a respeito de como agir em situações de desastre, previamente desenvolvidas no Plano de Contingência
	Preparação	Sistemas de informação e alerta Ações de desocupação de áreas de risco Definição do Comitê de Crise	
	Gestão de Desastres	Durante	Estrutural
Não estrutural			Cadastro de vítimas Acolhimento e assistência social Acolhimento de animais
Após		Recuperação	Estrutural Obras de restabelecimento de vias e estruturas danificadas, como ruas, pontes, de modo imediato Obras de reconstrução de estruturas e reforço de estruturas em áreas de perigo, como encostas, margens de rios e morros Restabelecimento de serviços essenciais como energia elétrica, água, telefonia, internet
		Não estrutural	Cadastro de vítimas em programas de assistência social e demais programas governamentais em nível federal, estadual e municipal Decretação de estado de emergência ou calamidade pública Levantamento de danos materiais e humanos Cadastro na plataforma S2iD para a contabilização de prejuízos e captação de recursos

Elaboração própria com base em Ceped/UFSC (2022) e FJP (2022).

Estabelecidas as aproximações acerca de como a gestão pública se insere no contexto da GRD, em suas instâncias políticas e institucionais, a próxima parte do trabalho consistirá no estudo prático do mapeamento de áreas de risco. Tomar-se-á como caso empírico o município de Ribeirão das Neves, que tem em seu histórico registros de ocorrências relacionadas a desastres socioambientais, e boa parte da população vivendo em áreas de risco e apresentando elevada vulnerabilidade social.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Uma parte importante da pesquisa consistiu na escolha do município alvo de análise. No estado, várias localidades são atingidas de diferentes formas por desastres das mais variadas naturezas. Seja por secas ou estiagens prolongadas, enchentes e inundações, deslizamentos de massa, incêndios em áreas florestais e urbanas ou outros eventos de maior escala, os territórios são impactados de maneira significativa, acarretando em grandes prejuízos, tanto privados quanto públicos, através de danos materiais, perda de vidas humanas e animais e danos ao meio ambiente. Nessa Seção será discutido o processo de escolha de Ribeirão das Neves como município-alvo da presente pesquisa e alguns dados gerais que ajudarão a apresentar a realidade do município e entender alguns de seus problemas.

4.1 Processo de escolha do município

O estado de Minas Gerais é composto por 853 municípios, cada um com populações, economias, paisagens e configurações naturais distintas. Tais características circunscrevem formas de afetação e formas de respostas diferentes a eventos extremos. A situação fiscal dos municípios, muitos deles de pequeno porte, com baixa capacidade de geração de recursos próprios e muito dependentes de transferências interfederativas, é um fator agravante na consecução de políticas públicas de defesa civil.

A Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento da Casa Civil do Governo Federal (Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos), no ano de 2023, publicou uma nota técnica onde atualizou seus indicadores de medida e divulgou uma lista atualizada de municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para, segundo o Governo “serem priorizados nas ações da União em gestão de riscos e desastres naturais” (BRASIL, 2023, p. 1). Segundo dados disponibilizados pela nota, 1.942 municípios foram classificados como mais suscetíveis a ocorrências de deslizamentos, enxurradas e inundações. Esse número corresponde a cerca de 35% do total de municípios no país. A população que vive em áreas de risco mapeadas pelo estudo chega a 8.904.136 pessoas. Em Minas Gerais, 283 municípios foram classificados com o alto risco para desastres geo-hidrológicos, e 1.403.496 pessoas vivem nessas áreas de risco, correspondendo a quase 7% do total de habitantes do estado.

Ribeirão das Neves foi um dos municípios mineiros listados no relatório e aparece com um número surpreendente de 179.314 pessoas vivendo em áreas mapeadas de risco geo-hidrológico. Esse número corresponde a cerca de 54,3% da população, que segundo dados do IBGE recolhidos pelo relatório era de 329.794 pessoas no ano de 2022. Para efeitos de comparação, dentre outros municípios que aparecem com elevado número de pessoas nessa situação estão Belo Horizonte, com 389.218 pessoas, em um total de 2.315.560 (com uma taxa de 16,8% da população vivendo em áreas de risco) e Juiz de Fora, com 128.946 pessoas de um total de 540.756 habitantes (o que corresponde a uma taxa de 23,84%).

Esse fato, em si, foi o suficiente para investigar o município de Ribeirão das Neves mais profundamente no que tange a áreas de risco. Mas a partir da lista fornecida pelo relatório, optou-se por fazer um ranking simplificado com os municípios de Minas Gerais, a partir de informações sobre a qualidade geral de vida da população e a taxa de pessoas que moram em áreas de risco. O intuito foi apenas fornecer um critério classificatório, para subsidiar a seleção do município alvo das posteriores análises. Para isso, foram selecionados também o IDH, Índice de Desenvolvimento Humano desenvolvido pela ONU e já consagrado em estudos e pesquisas, e o IMRS, da Fundação João Pinheiro, que procuram captar de modo sintético características setoriais. O IDH fornece um valor médio para dados de expectativa de vida, educação e renda. Já o IMRS agrega dados sobre educação, saúde, vulnerabilidade, segurança pública e saneamento/meio ambiente. Os passos para o cálculo do índice foram os seguintes:

$$\text{I. Taxa de população em áreas de risco: } PAR = \frac{\text{população em áreas de risco}}{\text{população total}} \quad (3)$$

$$\text{II. Indicador de qualidade de vida: } QV = 1 - (\sqrt[2]{IDHM_{2010} \times IMRS_{2022}}) \quad (4)$$

$$\text{III. Índice simplificado de risco municipal: } ISRM = \frac{(PAR + QV)}{2} \quad (5)$$

Esse índice simplificado circunscreve-se nas próprias limitações dos dados. A lista de pessoas vivendo em áreas de risco contém dados nulos para vários municípios, o que faz com que apareçam com valores iguais a zero, limitando sua acurácia. Além disso, os valores de IDHM com desagregação municipal mais recentes são para o ano de 2010, o que interfere na atualização do índice. O IMRS utilizado data do ano de 2022. A partir dessas ponderações, segue a tabela 4 com a classificação dos municípios com base no ISRM.

Tabela 4: Valores gerais do *ranking* de municípios prioritários baseado no ISRM

	Município	Pop. (2022)	Pop. em áreas de risco geo-hidroológico	Tipo de risco (BRASIL, 2023)	IDHM (2010)	IMRS (2022)	PAR	QV	ISRM	Ranking
10 primeiros na classificação geral	Jampruca	4.296	2.128	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,609	0,562	0,495	0,415	0,455	1
	Ribeirão das Neves	329.794	179.314	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,684	0,662	0,544	0,327	0,435	2
	Ewbank da Câmara	3.875	1.859	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,676	0,634	0,480	0,345	0,413	3
	Caratinga	87.360	42.843	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,706	0,696	0,490	0,299	0,395	4
	Chalé	6.075	2.418	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,655	0,594	0,398	0,376	0,387	5
	Além Paraíba	30.717	12.887	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,726	0,615	0,420	0,332	0,376	6
	Manhumirim	20.610	8.253	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,697	0,645	0,400	0,330	0,365	7
	Caiana	5.304	1.841	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,633	0,607	0,347	0,380	0,364	8
	Piau	2.796	1.067	Deslizamento; Inundação	0,629	0,7	0,382	0,336	0,359	9
	Lajinha	20.835	6.976	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,661	0,615	0,335	0,362	0,349	10
10 últimos na classificação geral	Ribeirão Vermelho	4.080	–	Enxurrada; Inundação	0,737	0,718	0,000	0,273	0,136	274
	Cachoeira da Prata	3.693	–	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,741	0,716	0,000	0,272	0,136	275
	Divinópolis	231.091	–	Enxurrada; Inundação	0,764	0,696	0,000	0,271	0,135	276
	Alfenas	78.970	32	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,761	0,71	0,000	0,265	0,133	277
	Itabira	113.343	374	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,756	0,729	0,003	0,258	0,130	278
	Montes Claros	414.240	2.085	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,77	0,731	0,005	0,250	0,127	279
	Sete Lagoas	227.360	8	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,76	0,736	0,000	0,252	0,126	280
	Patos de Minas	159.235	–	Enxurrada; Inundação	0,765	0,737	0,000	0,249	0,125	281
	Lavras	104.761	522	Deslizamento; Enxurrada; Inundação	0,782	0,743	0,005	0,238	0,121	282
	Uberlândia	713.232	–	Enxurrada	0,789	0,782	0,000	0,215	0,107	283

Fonte: elaboração própria.

Jampruca apareceu em primeiro lugar geral, evidenciando o elevado risco do município (e inclusive foi um dos municípios visitados no âmbito do projeto de extensão da FJP, mencionado na introdução). Nota-se que o município de Ribeirão das Neves figurou em segundo lugar geral no *ranking*, com um ISRM igual a 0,435 (em destaque). Foi também o que obteve a maior pontuação dentre aqueles com mais de 100 mil habitantes. Por outro lado, cidades médias como Divinópolis, Alfenas, Itabira, Montes Claros, Sete Lagoas, Patos de Minas, Lavras e Uberlândia foram os últimos colocados no ranking, por possuírem uma baixa taxa de pessoas vivendo em locais de risco (AF), aliados a bons índices médios de desenvolvimento humano e social (QV).

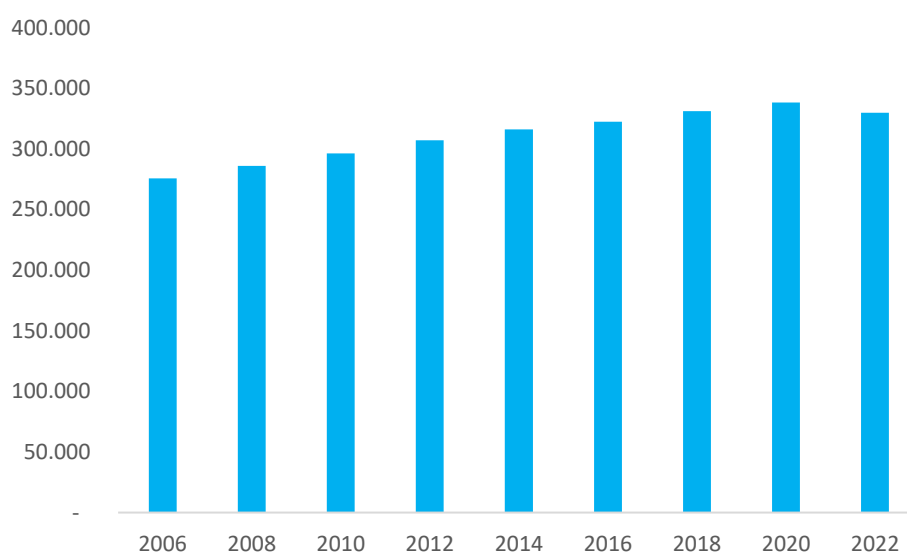
Ribeirão das Neves é um município que merece especial atenção. Além da já mencionada alta taxa de pessoas que vivem em áreas de risco (PAR = 0,544), apresenta índices de desenvolvimento social considerados medianos (IDHM e IMRS) em comparação a outros municípios de mesmo porte. A partir desses dados, pode-se traçar um perfil inicial de sua situação ante aos riscos de desastres. Cabe, a partir de agora, aprofundar um pouco mais na investigação desses riscos. É o que procurará ser desenvolvido nos próximos capítulos.

4.1.1 Características gerais do município

A Fundação João Pinheiro, através do Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS/FJP), oferece uma vasta gama de informações a respeito dos municípios mineiros, com indicadores estatísticos e compilação de dados das mais diversas áreas, como demografia, economia, saúde, educação, segurança pública, assistência social, meio ambiente, finanças municipais e gestão. No contexto do presente trabalho, não cabe apresentar dados e informações de maneira exaustiva, mas apenas algumas informações que possam apresentar um perfil geral do município em suas principais áreas. Em complemento, demais informações a respeito de aspectos naturais e sociais serão explicitadas no desenvolvimento da pesquisa, sobretudo a partir da apresentação das variáveis componentes dos mapeamentos.

Ribeirão das Neves é um município mineiro, situado na região metropolitana de Belo Horizonte, fazendo limite a noroeste da capital. É o oitavo município mais populoso do estado e o quarto mais populoso da RMBH, reunindo 329 794 habitantes segundo o censo de 2022. É um município com grande fluxo de pessoas, que praticam movimentos pendulares diariamente, pois muitas pessoas trabalham e utilizam serviços na capital. O gráfico 3 a seguir apresenta o crescimento populacional do município.

Gráfico 3: Evolução populacional de Ribeirão das Neves



Fonte: FJP, 2025.

O Produto Interno Bruto municipal tem apresentado uma tendência de crescimento ao longo dos últimos anos. Em 2020, de acordo com o gráfico 4, este valor era de aproximadamente R\$ 13 mil reais *per capita*. A economia do município sustenta-se basicamente no setor de serviços, correspondendo a cerca de 53% do valor agregado do município. As atividades industriais correspondem a 13,6%, enquanto a agropecuária a apenas 0,1%. A administração pública corresponde ao segundo maior valor adicionado municipal, com aproximadamente 33,4%.

Gráfico 4: PIB per capita de Ribeirão das Neves, entre 2012 e 2020



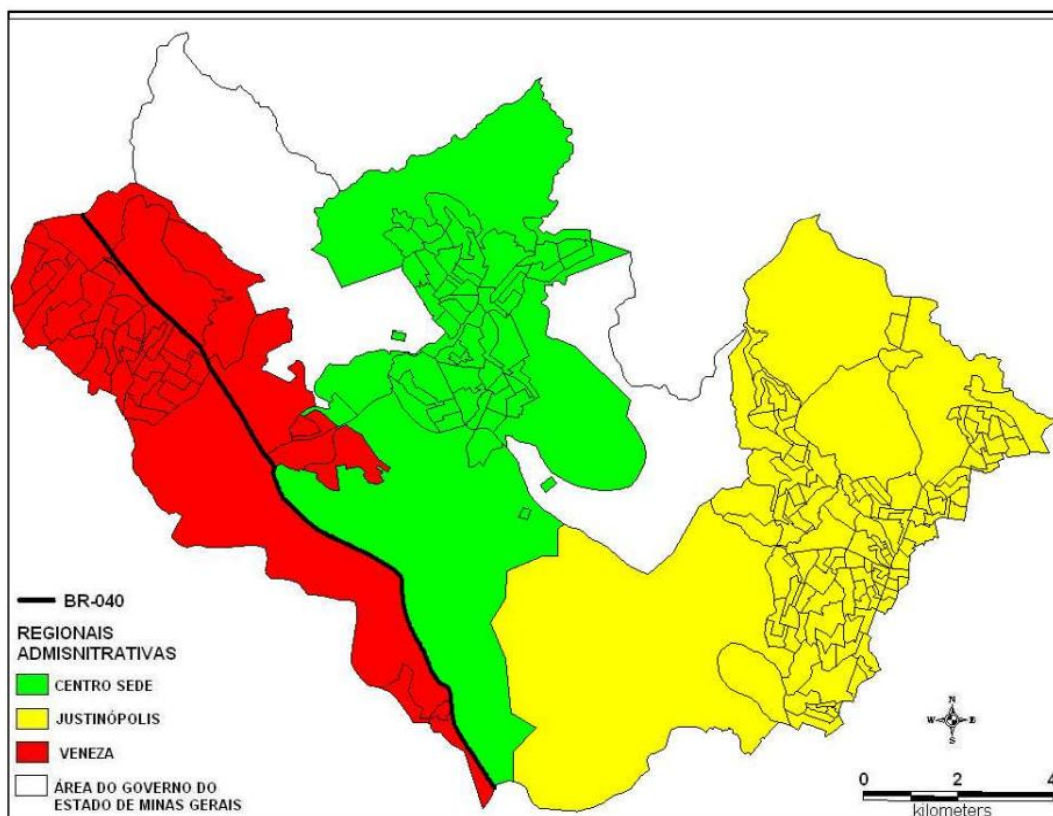
Fonte: IBGE/FJP (2025).

O município teve um processo de ocupação antiga, datada no século XVIII, com antigas fazendas e cercanias, com destaque para a Fazenda das Neves, que acabou por sedimentar o nome do município. Elevado à categoria de município com a denominação de Ribeirão da Neves, pela Lei n.º 1.039/1953, é atualmente constituída por dois distritos: Ribeirão das Neves e Justinópolis (IBGE, 2023).

Como praticamente todos os municípios do país, a expansão da urbanização do território se deu de forma desordenada e descoordenada. Expandindo-se inicialmente ao longo do ribeirão homônimo, a cidade cresceu ao longo do tempo e se expandiu para as antigas áreas das fazendas locais. Áreas de morro também foram ocupadas à revelia, sem quaisquer estudos prévios à época. Em relação à recente malha urbana, a prefeitura municipal divide o seu território em três Regionais, sendo a Central (porção central até o norte na divisa com o município de Pedro Leopoldo, em verde), Justinópolis (porção leste na divisa com Belo Horizonte e Vespasiano, em

amarelo) e Veneza (porção oeste na divisa com o município de Esmeraldas, em vermelho). Essa nomenclatura regional será utilizada posteriormente, a fim de facilitar a descrição das características presentes em cada área. A figura 12 apresenta a divisão macrorregional do município.

Figura 12: Regionalização administrativa de Ribeirão das Neves



Fonte: extraído de Coelho (2010).

O município possui um histórico recente de decretações de situação de emergência, calamidade pública e situações correlatas, relacionadas ao enfrentamento de situações de emergência causados por eventos que incidiram sobre seu território. A partir de busca feita no site “leismunicipais.com.br/ribeirao-das-neves”, pode-se elencar vários decretos promulgados pela prefeitura em diferentes anos, a respeito de situações críticas e emergenciais causadas por chuvas, que provavelmente causaram danos severos nesses períodos. Entre os anos de 2008 e 2022, foram relacionadas normas decretadas, sendo oito delas diretamente relacionadas à situação de emergência ou calamidade causadas pelas chuvas. O quadro 4 apresenta, resumidamente, os decretos emitidos e promulgados pelo poder

público a respeito de situações emergenciais envolvendo desastres socioambientais nos últimos anos.

Quadro 4: Principais decretos emitidos pelo município nos últimos anos

Decretos diretamente relacionados com riscos e desastres	
Decreto	Descrição
Decreto nº 22/2008	Declara em situação anormal, caracterizada como situação de emergência, as áreas do município afetadas por alagamentos.
Decreto nº 19/2012	Declara em situação anormal, caracterizada como situação de emergência as áreas do município afetadas pelas chuvas.
Decreto nº 113/2014.	Dispõe sobre o grupo executivo de áreas de risco - gear - do município de Ribeirão das Neves.
Decreto nº 104, de 15 de dezembro de 2016	Declara situação de emergência nas áreas do município afetadas por chuva intensas - 1.3.2.1.4.
Decreto nº 106, de 20 de dezembro de 2016	Dispõe sobre o grupo executivo de áreas de risco - GEAR - do município de Ribeirão das Neves.
Decreto nº 195/2017	Declara em situação anormal, caracterizada como situação de emergência, as áreas do município de Ribeirão das Neves, comprovadamente afetadas pelos desastres decorrentes de chuvas intensas.
Decreto nº 11/2020.	Declara situação anormal, caracterizada como situação de emergência, nas áreas do município de Ribeirão das Neves, comprovadamente afetadas pelos desastres decorrentes das precipitações pluviométricas registradas.
Decreto nº 27/2020.	Declara situação de emergência em saúde pública, em razão de doença infecciosa viral respiratória - 1.5.1.1.0 - causada pelo agente novo Coronavírus, (Covid-19), dispõe sobre as medidas para seu enfrentamento, previstas na lei federal nº 13.979, de 06 de fevereiro de 2020 e institui o comitê gestor do plano de prevenção e contingenciamento em saúde do Covid-19, no âmbito do município de Ribeirão das Neves.
Lei nº 4.332/2022.	Altera dispositivos da lei municipal nº 3.523, de 31 de agosto de 2012 que "dispõe sobre a concessão de benefício eventual na modalidade auxílio-moradia em virtude da situação anormal, caracterizada como calamidade pública ou estado de emergência às vítimas das enchentes, alagamentos, deslizamentos e demais desastres causados pelas chuvas no município de Ribeirão das Neves".
Decretos indiretamente relacionados	
Decreto	Descrição
Lei complementar nº 82/2009	Dispõe sobre o parcelamento do solo no município de Ribeirão das Neves.
Decreto nº 247/2018.	Decreta situação de calamidade financeira no município de ribeirão das neves, em virtude de atraso nos repasses constitucionais financeiros obrigatórios, por parte do governo do estado de Minas Gerais.
Lei nº 3.988/2019.	Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico, cria o conselho municipal de meio ambiente e saneamento básico - codemas, o fundo municipal de saneamento básico, e dá outras providências. (redação dada pela lei nº 4055/2019)

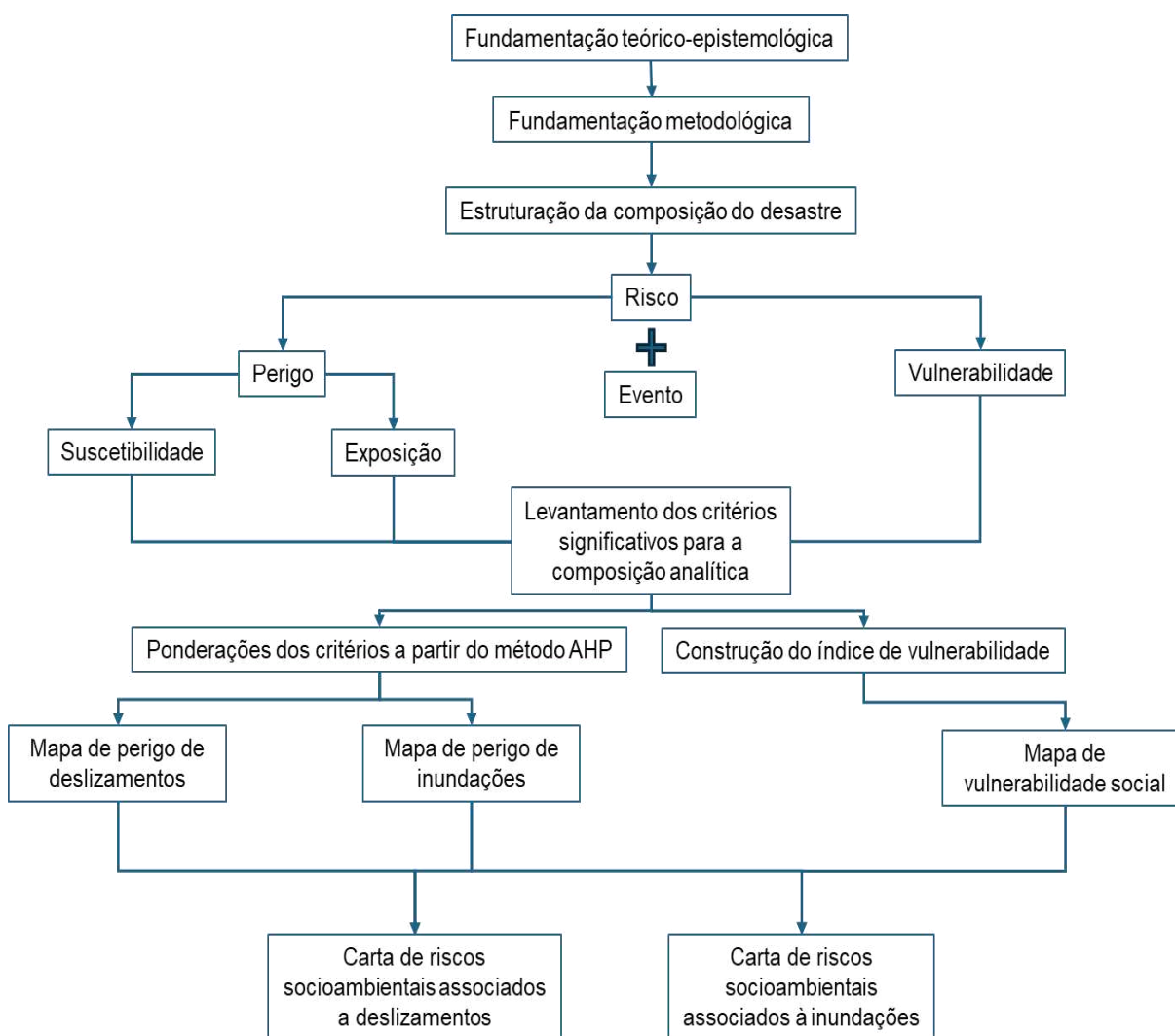
Fonte: extraído de <https://leismunicipais.com.br/a/mg/r/ribeirao-das-neves>.

Na história recente do município, várias situações emergenciais foram sancionadas pela prefeitura, ora envolvendo diretamente as chuvas intensas, causadoras de transtornos nas áreas urbanas, ora a partir de outras situações críticas, como o ocorrido com a pandemia de Covid-19 no ano de 2020. As chuvas intensas são, de longe, as maiores causadoras de desastres, numa situação que se reproduz em boa parte dos municípios brasileiros. A partir do quadro geral do município exposto, a próxima etapa do trabalho consiste na apresentação da metodologia a ser utilizada no mapeamento de áreas de risco do município.

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS DO MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

O percurso metodológico geral é explicitado no esquema da figura 13 e representa o fluxo que será seguido na elaboração das cartas finais de síntese de riscos socioambientais relacionados a deslizamentos e a inundações. A partir da fundamentação teórica, que serviu de subsídio para a configuração do risco como uma confluência entre condições de vulnerabilidade e suscetibilidade, o processo foi conduzido de modo a construir as duas condições por meio de variáveis espacializadas, com o auxílio de uma metodologia de análise multicritério validada na literatura e em estudos empíricos.

Figura 13: Fluxograma da síntese metodológica da pesquisa



Fonte: elaboração própria.

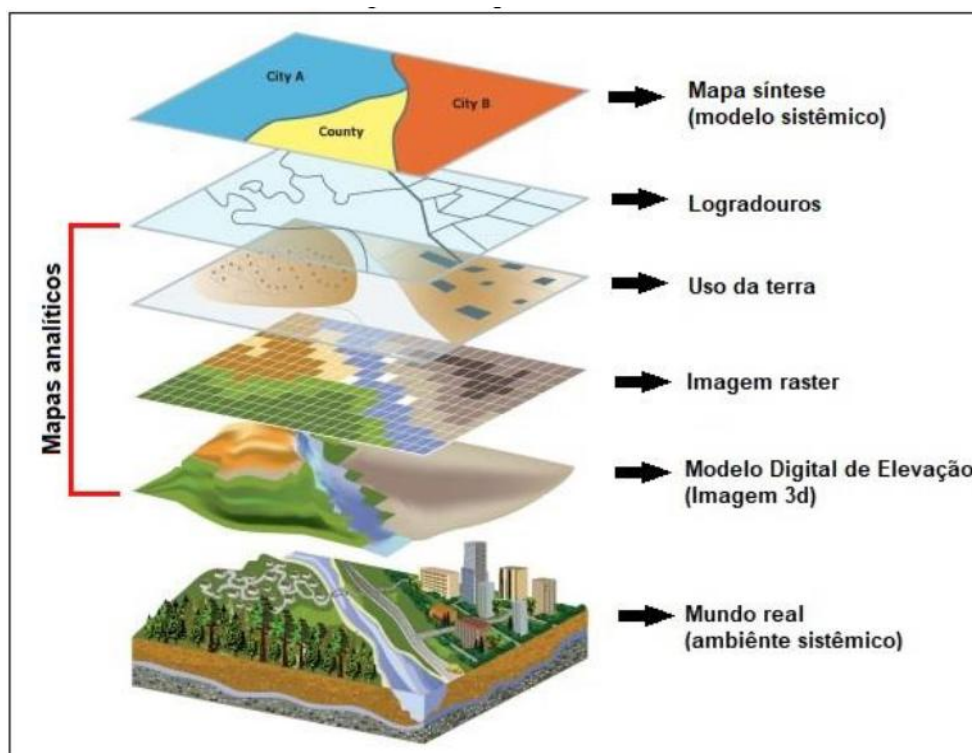
A construção das cartas de perigo terão como metodologia a análise multicritério AHP, que conjugará as variáveis ambientais segundo os pesos

estabelecidos no desenvolvimento do processo. Já a carta de vulnerabilidade será elaborada a partir da soma ponderada dos critérios, que gerará um índice composto de vulnerabilidade, e será posteriormente espacializado. À carta de vulnerabilidade, serão somadas, uma por vez, as cartas de perigo geológico e hidrológico. Todos os processos de álgebra de mapas serão feitos no *software* QGIS, através de sua “calculadora raster”.

Toda a metodologia técnica empregada terá como objetivo final a elaboração de duas cartas temáticas de síntese, que expressem ao mesmo tempo a intensidade do perigo, para as dois tipos de evento, e a intensidade da vulnerabilidade, conjugando-as numa visualização espacial do risco. Diferentes abordagens metodológicas, assim como distintas escolhas de variáveis e diferentes classificações ou calibrações delas podem gerar resultados diferentes aos apresentados nesse trabalho. Contudo, procurou-se operar de modo a captar as características naturais e sociais com elevado grau de sensibilidade às condições da realidade do território. A figura 14 a seguir exemplifica, de maneira esquemática, como se dá o processo de desenvolvimento de cartas a partir da conjugação de variáveis analíticas, que por sua vez são extraídas de fontes que expressam a realidade.

Ademais, o mapeamento não opera de modo isolado de outras técnicas de verificação e validação de áreas de risco. As visitas de campo são fundamentais, bem como entrevistas e análises sociais mais profundas sobre as condições das pessoas e famílias que vivem no município. A validação em campo é imprescindível, pois as vistorias *in loco* terão uma importância vital na confirmação das condições de perigo e vulnerabilidade. O mapeamento, portanto serve de um direcionamento espacial das áreas que devem sofrer maior monitoramento e deve ser atualizado sempre que condições causais do risco se alterarem.

Figura 14: Processo de elaboração de modelos de síntese espacial



Fonte: extraído de Santos (2022).

Como exemplificado pela figura acima, da realidade concreta podem ser extraídas múltiplas camadas de atributos que exibem, cada um à sua maneira, aspectos isolados desta realidade. Quanto mais camadas forem adicionadas ao processo, mais fidedigna à realidade será a síntese final, porém mais complexas se tornarão as parametrizações e calibrações do modelo. A seguir será explicado, em maiores detalhes, o processo de análise hierárquica aplicada à análise espacial.

5.1 Pré-processamento de dados espaciais

A análise de dados espaciais é composta de várias etapas para se obter o resultado final. Todos os dados de entrada são preparados a partir de operações espaciais para serem operacionalizados. Antes da modelagem propriamente dita, é indispensável realizar o pré-processamento dos dados, etapa que visa preparar e padronizar cada insumo espacial para que possa ser adequadamente operacionalizado nas fases subsequentes da análise.

O processo inicia-se com a organização da base de dados espaciais, reunindo arquivos provenientes de diferentes fontes. Todas as fontes estão explicitadas nos respectivos mapas. Entre as operações mais comuns nessa etapa estão a reprojeção

para um mesmo sistema de referência cartográfica, a harmonização de escalas e resoluções, a correção de geometrias inconsistentes e a padronização de limites territoriais. Em muitos casos, é necessário realizar processos de recorte, dissolução, vetorização e “rasterização”, a depender do formato exigido pelo método analítico adotado.

Os intervalos de classes foram classificados de forma a permitir uma melhor visualização dos dados, procurando sempre que possível destacar pontos de maior concentração. Foram utilizadas basicamente dois tipos de classificação: por intervalos naturais e intervalos iguais. A classificação por intervalos naturais, ou quebras naturais, procura desenvolver as classes com a menor variância dos elementos dentro de uma mesma classe e maximiza a variância entre classes (Sampaio, 2019). A classificação por intervalos iguais divide as classes a partir da mesma razão entre intervalos. Para a maioria dos mapas, optou-se pela classificação em intervalos naturais, por representar melhor os grupamentos similares. Em outros, para apresentar as informações de uma maneira visualmente mais nítida, a classificação por intervalos iguais foi utilizada.

5.2 Metodologia de análise hierárquica de processos aplicada aos sistemas de informação espacial

Os Sistemas de Informação Geoespacial (SIGs) constituem um conjunto de ferramentas descritivas e analíticas para o tratamento de informações espaciais (Câmara, Davis e Monteiro, 2001). Esses sistemas possibilitam a coleta, manipulação, análise e representação de dados georreferenciados, possibilitando a integração de diferentes camadas de informação sobre o território. Por meio dos SIG, é possível observar e analisar padrões espaciais, modelar processos ambientais e sociais e subsidiar a tomada de decisão em diferentes ações e políticas públicas, como na Gestão de Riscos de Desastres.

Aos dados, podem ser adicionados diferentes métodos de análise estatística, descritiva ou histórica onde eles podem ser espacializados, visualizados e diferenciados em termos de intensidades ou características e pela distribuição em determinada área. Na presente pesquisa, será explorada a metodologia multicritério baseada na análise hierárquica de processos como ferramenta subsidiária no desenvolvimento de estudos espaciais.

O chamado Processo Analítico Hierárquico (tradução da expressão inglesa *Analytic Hierarchy Process*, referenciada pela sigla “AHP”) é um método de decisão multicritério desenvolvido pelo matemático americano Thomas Saaty durante a década de 1970. Desde sua publicação, tem se mostrado um instrumento consistente de apoio a tomada de decisão nos mais diversos campos, incluindo sua crescente aplicação nos estudos espaciais.

Morita (1998) destaca a usabilidade do método como sendo uma ferramenta prática para lidar com problemas de decisões complexas onde existem muitas variáveis ou características, qualitativas ou quantitativas, passíveis de hierarquização. A decisão de utilizar esse processo como base analítica esteia-se em vários estudos que têm utilizado a aplicação da metodologia na análise espacial com diferentes objetivos, que vão desde a análise de áreas de vulnerabilidade ambiental (Silva e Nunes, 2009), mapeamento de áreas de vulnerabilidade para ocorrência de eventos hidrológicos (Guerra, 2020), susceptibilidade a ocorrência de inundações (Rezende, Marques e Oliveira, 2017; Zacharias, 2021; Santos, 2022), movimentos de massa (Ferreira, 2023) e voçorocamentos (Dotto, Gaberti e Robaina, 2023), até à localização ideal de instituições como o Corpo de Bombeiros (Souza e Cançado, 2023). Saaty (2008) originalmente procura decompor o método em quatro etapas analíticas, que podem ser sucintamente descritas a seguir¹³:

- i) Definição do problema e determinação do tipo de informação ou critério a ser utilizado;
- ii) Estruturação da hierarquia de decisão, com o objetivo principal da decisão passando depois para os subcritérios secundários e assim por diante;
- iii) Construção de matrizes de comparação de critérios par a par, atribuindo ordens de importância relativas e;

¹³ Adaptação da citação direta, como se segue: “i) Define the problem and determine the kind of knowledge sought; ii) Structure the decision hierarchy from the top with the goal of the decision, then the objectives from a broad perspective, through the intermediate levels (criteria on which subsequent elements depend) to the lowest level (which usually is a set of the alternatives); iii) Construct a set of pairwise comparison matrices. Each element in an upper level is used to compare the elements in the level immediately below with respect to it; iv) Use the priorities obtained from the comparisons to weigh the priorities in the level immediately below. Do this for every element. Then for each element in the level below add its weighed values and obtain its overall or global priority. Continue this process of weighing and adding until the final priorities of the alternatives in the bottom most level are obtained.” (Saaty, 2008, p.85)

- iv) Uso das comparações para hierarquizar as prioridades a partir dos pesos e ponderações, resultando em um *ranking* global de alternativas.

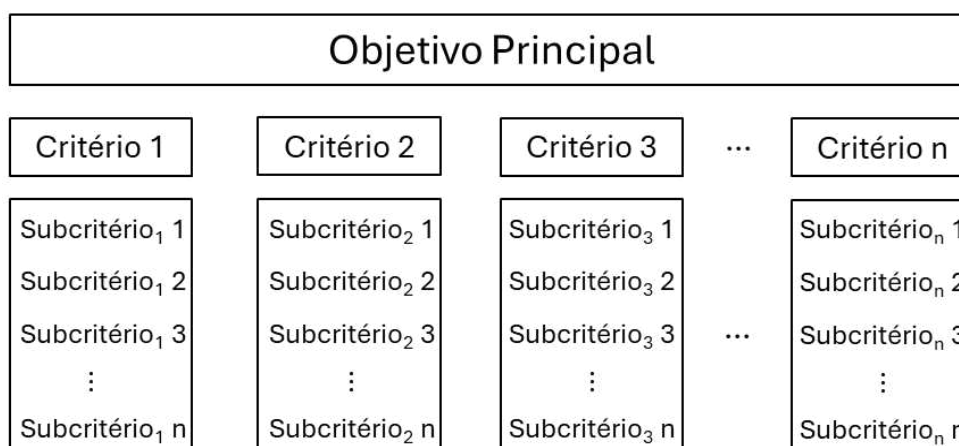
Essa estrutura corresponde a uma metodologia global, e será adaptada para o uso no geoprocessamento, a partir de variáveis espaciais e ponderações correspondentes. As etapas serão constituídas a partir de um movimento *bottom-up*, ou “da base para o topo”, onde os subcritérios serão ajustados, e a partir dos mapas intermediários, os critérios serão conjugados em uma soma ponderada dos pesos obtidos no processo analítico hierárquico, como será descrito em maiores detalhes adiante.

5.2.1 Algoritmo de análise hierárquica

A estrutura esquemática do algoritmo analítico é descrita em trabalhos como os de Saaty (2001, 2006, 2008), Medeiros (2018) e Pimenta (2019). A ideia principal consiste em modelar um objetivo principal de determinada análise através da conjugação de critérios explicativos. Estes critérios podem ser selecionados de diferentes formas, por observação do fenômeno a ser estudado, pela literatura, estudos e pesquisas pertinentes ao tema, através de diálogos com especialistas, entre outros métodos. Cada critério, por sua vez, é composto de subcritérios correspondendo a rótulos que o definem, como graus, intensidades, valores ou características.

A análise é hierárquica porque se estrutura e é consolidada, no decorrer do processo, em níveis, sendo a organização dos subcritérios o primeiro passo. Posteriormente os critérios são conjugados em uma expressão algébrica que procura explicar o objetivo principal em termos de contribuição de cada critério para sua efetivação. A figura 15 representa um esquema geral do painel multicritério do algoritmo de análise hierárquica.

Figura 15: Hierarquia da análise multicritério



Fonte: elaboração própria.

Os subcritérios correspondem aos atributos particulares de determinado critério a ser adotado na construção do indicador global. Por exemplo, no mapeamento de perigo para deslizamento de massa, cujo um dos indicadores escolhidos foi a classificação pedológica, cada subcritério corresponde a uma feição classificatória, como latossolos, neossolos ou argissolos, entre outros.

Os subcritérios podem ser de ordem quantitativa, com valores numéricos, variando de um valor mínimo a um valor máximo, podendo ser discretas ou contínuas, ou qualitativas podendo ser nominais, como as do exemplo descrito no parágrafo anterior, ou ordinais. Cada subcritério, portanto, deverá ser normalizado e ponderado. A normalização visa estabelecer uma mesma escala de mensuração para todos os atributos, permitindo estabelecer uma escala de comparabilidade entre atributos. Já a ponderação visa estabelecer faixas de classificação para os atributos já normalizados, enquadrando-os em classes qualitativas globais de avaliação.

Existem várias técnicas de normalização, sendo as mais comuns a *min-max* e a *z-score* (Pereira *et al.*, 2025). Enquanto a *min-max* transforma os valores para um intervalo entre 0 e 1, a *z-score*, também chamada de padronização, transforma os dados para uma distribuição com média igual a 0 e desvio-padrão igual a 1, podendo assumir valores negativos. Na presente pesquisa optou-se pela normalização *min-max*, pois este método é melhor ao se tratar dados com grandes variações de escalas, e quando não seguem necessariamente uma distribuição normal. Além disso, essa técnica é mais difundida e utilizada em trabalhos de geoprocessamento, como em Zacharias (2006), Guerra (2020) e Ferreira (2023) ente outros. As fórmulas de normalização pelo critério *min-max* é a seguinte:

$$\text{Quanto maior melhor para o objetivo} \rightarrow x_{norm} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (6)$$

$$\text{Quanto maior pior para o objetivo} \rightarrow x_{norm} = \frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_{min}} \quad (7)$$

Para cada atributo, antes de se estabelecer a normalização, será utilizada a escala fundamental de comparação de Saaty (2006) para atribuição de valores numéricos comparativamente à importância que cada característica tem como atributo causal do objeto final. Cada subcritério terá um peso relativo, que refletirá, em última análise, ao fator que cada um tem na construção do cenário desejado. Por exemplo, para cenários de perigo de deslizamentos de massa, áreas naturais com maior declividade tem mais importância do que áreas mais planas. O quadro 5 a seguir mostra a escala fundamental a ser utilizada na comparação pareada dos atributos.

Quadro 5: A escala fundamental de comparação pareada de Saaty

1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Muito forte importância	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Sua dominação é demonstrada por evidências práticas
9	Importância absoluta/extrema	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
Uso de valores recíprocos para comparações inversas		

Fonte: adaptado de Saaty (2006).

Para critérios onde seus atributos são categóricos, ou seja, descrevem características qualitativas onde não há uma hierarquia ou predominância de uma sobre a outra, o ordenamento deverá ser feito de forma arbitrária, segundo critérios subjetivos. Para isso, especialistas foram elencados para avaliar cada atributo com base em sua experiência e expertise na área, validando os julgamentos também com base na literatura especializada, autores de referência e experiências anteriores. Para cada grupo de variáveis dois especialistas foram elencados e o valor final de cada atributo se deu pela média aritmética simples de cada julgamento. Em um cenário ideal, os critérios devem ser avaliados por uma equipe multidisciplinar, a partir do

juízo de especialistas em diferentes áreas do conhecimento (geólogos, geógrafos, engenheiros ambientais, civis, arquitetos, planejadores urbanos, membros da Defesa Civil, entre outros). Assim, os valores médios tendem a refletir uma precisão maior em relação à realidade dos locais avaliados. Por força do contexto da presente pesquisa, o número de especialistas selecionados foi limitado, não comprometendo, entretanto, a qualidade das avaliações ou os resultados finais dos mapeamentos.

Os valores, assim como todos os outros, variaram de 0 a 1 de acordo com a intensidade do atributo para a consecução do objetivo final. O quadro 6 a seguir mostra a titulação dos avaliadores, não identificados, que contribuíram com as análises nos casos em que foram necessárias.

Quadro 6: Quadro de avaliadores de subcritérios categóricos

Avaliação de variáveis ambientais	
Nome	Formação/Área de atuação
Especialista 1	Mestrado em Geografia
Especialista 2	Mestrado em Geologia
Avaliação de variáveis socioespaciais	
Nome	Formação/Área de atuação
Especialista 3	Mestrado em Geografia
Especialista 4	Doutorado em planejamento regional

Fonte: elaboração própria.

Após o ordenamento dos subcritérios, os critérios serão ponderados a partir da matriz pareada de comparação. Assim, cada critério terá um peso relativo na ordem de seu peso de contribuição para o objetivo proposto. A valoração dos critérios também será subjetiva e será validada pela média aritmética das notas dos especialistas. A matriz é de comparação pareada, o que significa que cada critério será valorado comparativamente ao outro, de modo que o valor estabelecido reflita a importância de um sobre o outro e assim sucessivamente. A tabela 5 exemplifica o modelo geral da tabela de atribuição de valores dos critérios.

Tabela 5: Tabela de valoração de critérios

C	c₁	c₂	...	c_n
c₁	1	α_{12}	...	α_{1n}
c₂	$1/\alpha_{12}$	1
⋮	⋮	⋮	1	...
c_n	$1/\alpha_{n1}$	$1/\alpha_{n2}$...	1

Fonte: adaptado de Saaty (2006).

Essa tabela de julgamentos será na verdade uma matriz. A matriz quadrada terá ordem $n \times n$, de acordo com o número de critérios estabelecidos. A matriz a seguir apresenta um modelo geral:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & \alpha_{1n} \\ \vdots & 1 & \vdots \\ \alpha_{n1} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Cada critério receberá determinada atribuição de valor $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{nn}$ de acordo com a importância relativa na estruturação do objetivo principal. O julgamento e atribuição dos valores de modo criterioso e coerente é fundamental para uma modelagem que possa captar de modo mais fidedigno o problema real objeto da investigação. A matriz é pareada pois os critérios são dispostos tanto em linhas quanto em colunas, de modo que:

$$A = (\alpha_{ij})_{n \times n} \stackrel{t.q}{\Rightarrow} \begin{cases} \alpha_{ij} = \text{importância de } c_i \text{ sobre } c_j \\ \alpha_{ji} = \frac{1}{\alpha_{ij}} \\ \alpha_{ii} = 1 \end{cases} \quad (9)$$

Cada critério será julgado em relação ao outro. Como a matriz é quadrada, o valor do julgamento do segundo critério em relação ao primeiro necessariamente será seu inverso. Por exemplo, se o valor de c_1 em relação a c_2 for igual a 5 ($\alpha_{12} = 5$), isso significa que o critério c_1 exerce um fator de importância igual a 5, de acordo com a escala fundamental de Saaty (tabela 3), em relação ao critério c_2 . Por consequência, o grau de importância de c_2 em relação a c_1 será $\alpha_{21} = 1/5$, e assim por diante. Após, é procedida a normalização dos termos, gerando a matriz normalizada A' :

$$A' = (\alpha'_{ij})_{n \times n} \stackrel{t.q}{\Rightarrow} \alpha'_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}} \quad (10)$$

A matriz normalizada será a base de cálculo do autovetor W . Ele é calculado de acordo com a equação a seguir:

$$W = (w_i)_{n \times 1} \stackrel{t.q}{\Rightarrow} w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \alpha'_{ij} \quad (11)$$

O autovetor W , ao ser multiplicado pela matriz original A , gerará a matriz de produto vetorial Λ como é mostrado abaixo:

$$\Lambda(\lambda_i) = AW \quad (12)$$

Dada a matriz Λ , deve-se encontrar o autovalor λ , que é obtido pela divisão do produto vetorial pelo autovetor, segundo a equação abaixo:

$$\lambda_i = \frac{(\Lambda)_i}{W_i} \quad (13)$$

O próximo passo é o cálculo de λ_{max} correspondente ao autovalor, dado pela média dos valores de λ_i como segue:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \lambda_i \quad (14)$$

O autovalor λ_{max} será utilizado para calcular o índice de consistência (IC), que servirá de parâmetro para a validação metodológica. O IC é calculado como se segue:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (15)$$

Finalmente, a razão de consistência (RC) é dada por:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (16)$$

Onde o IR representa o índice randômico, que servirá de parametrização. Saaty (2006) apresenta uma tabela com valores críticos de comparação para a aferição da validade do algoritmo (tabela 6). Os valores obtidos devem ser relacionados com os valores de referência através da RC, observando-se a ordem da matriz de critérios obtida nas etapas anteriores.

Tabela 6: Valores de referência do Índice Randômico

Ordem da matriz (n x n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Fonte: extraído de Saaty (2006).

A comparação com os valores da tabela de referência deve ser norteada pelos seguintes critérios de consistência próprios do método:

$H_0: RC \leq 0,1 \rightarrow$ a ponderação é consistente

$H_1: RC \geq 0,1 \rightarrow$ a ponderação é inconsistente

Por fim, os mapas parciais serão conjugados em uma carta sintética. A álgebra de mapas a ser utilizada para a obtenção do resultado é o da Combinação Linear






Ponderada. Este método é um dos mais empregados para a conjugação de variáveis espaciais parciais nos estudos de mapas de síntese (Sartori *et al.*, 2012). Uma vez que os mapas de critérios tenham sido gerados, opera-se simplesmente de modo a multiplicar cada critério pelo seu peso e, então, somar os resultados, já normalizados, variando de 0 a 1. Os pesos são dados pelos valores do autovetor W para cada critério, já validados pela consistência das ponderações. A fórmula geral é dada da seguinte maneira:

$$U(c) = \sum_{i=1}^n c_i \cdot w_i \quad (17)$$

Essa fórmula gerará a equação geral de critérios para a elaboração das cartas de perigo, vulnerabilidade e risco. Ela é dada pelo somatório de dos fatores multiplicados por seus respectivos pesos, já normalizados. Ela será calculada através da calculadora raster no software QGIS.

Para a padronização qualitativa dos mapas, as escalas numéricas serão convertidas em escalas de cores, que representarão o grau de importância que cada fator tem na composição do objetivo final. As cores foram selecionadas segundo um padrão de fácil identificação dos graus de risco, que é comumente utilizado em vários trabalhos sobre o tema (Guerra, 2020; Zacharias *et al.*, 2021). O padrão de matizes verde-vermelho permite uma melhor identificação visual entre as áreas, sendo mais distinguível do que tons de uma mesma cor. As cores mais frias, em tons de verde representam graus menores de contribuição do fator para o objetivo, enquanto cores quentes, para o vermelho representam graus maiores de contribuição. O quadro 7 apresenta a escala de cores e seus significados na compreensão da taxonomia empregada.

Quadro 7: Escala taxonômica de variáveis

Importância	Legenda	Explicação
Muito alta		o subcritério contribui de forma decisiva para o resultado
Alta		o subcritério contribui de forma importante para o resultado
Moderada		o subcritério contribui de forma moderada para o resultado
Baixa		o subcritério contribui de forma baixa para o resultado
Muito baixa		o subcritério contribui de forma baixíssima ou não contribui para o resultado

Fonte: adaptado de Guerra, 2020.

Feitas as definições metodológicas, agora as variáveis elencadas serão descritas, uma a uma. As variáveis ambientais, compondo a suscetibilidade e a

exposição, foram exibidas primeiramente, seguidas das variáveis sociais. As variáveis ambientais foram conjugadas seguindo a metodologia multicritério AHP, enquanto as sociais foram conjugadas a partir da padronização dos subcritérios seguida da soma ponderada dos critérios.

5.3 Variáveis analisadas

As variáveis utilizadas no desenvolvimento analítico da pesquisa serão aqui descritas. Foram organizados dois grandes grupos de variáveis, com características específicas e que, complementarmente, farão a composição final do mosaico de riscos. O mapa sintético de perigo reflete diretamente a quantidade e qualidade dos dados utilizados em sua composição. Por isso, processos de mapeamento utilizando diferentes bases de dados, ou os mesmos dados com atualizações ou parametrizações diferentes (como diferenças de escala de mapeamento, classificação ou estratificação), podem gerar resultados diferentes. Os resultados obtidos refletem a sensibilidade, a acurácia e os objetivos que cada pesquisa pretende atingir.

O primeiro grupo contém as chamadas variáveis ambientais, e a seleção foi feita procurando captar, de maneira suscinta, mas robusta, as principais características naturais do território do município que o torna suscetível a inundações e a deslizamentos de massa. A partir da revisão de literatura sobre o tema, foram pesquisadas as principais variáveis usadas nesse tipo de análise, de modo a subsidiar a seleção do conjunto a ser utilizado na presente pesquisa. No quadro 8 encontram-se listados os autores de referência, bem como as variáveis utilizadas em suas respectivas análises.

O segundo grupo, de modo análogo, contém as chamadas variáveis sociais. Elas foram selecionadas tendo como objetivo captar as condições de vulnerabilidade da população nevenense, enfatizando as condições de interseccionalidade e transversalidade discutidas anteriormente. A partir dessa perspectiva, entende-se que essas condições evidenciam de modo mais contundente a fragilidade social desses grupos e as dificuldades que possivelmente enfrentarão para recompor as condições de normalidade em caso de desastres. O quadro 9 apresenta, a partir de revisão de literatura, as principais variáveis trabalhadas por diferentes autores que realizaram análises de condições de vulnerabilidade social em suas respectivas pesquisas.

5.3.1 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais foram escolhidas procurando abarcar os principais fatores que influenciam na susceptibilidade do território de Ribeirão das Neves a deslizamentos de massa e inundações. Através de análise não exaustiva em pesquisas que trabalharam com o desenvolvimento de indicadores de riscos ambientais, foram observadas as principais variáveis utilizadas em suas composições. O número médio de variáveis utilizadas nas pesquisas selecionadas foi de aproximadamente cinco, o que pode ser considerado razoável para captar as condições de susceptibilidade de uma área. Esse número, como também os tipos de variáveis, podem variar conforme a abordagem dos estudos e a profundidade da análise presente nas pesquisas. O quadro 8 a seguir apresenta um resumo da análise de revisão.

Quadro 8: Variáveis utilizadas em estudos de análise de risco

Autor(es)	n	Variáveis utilizadas	Objetivo
Zacharias et al. (2021)	4	hipsometria, distância euclidiana dos corpos hídricos, declividade, uso e cobertura da terra	Susceptibilidade à inundação
Ferreira (2023)	4	declividade, hipsometria, densidade de drenagem, uso e cobertura da terra	Susceptibilidade a inundação e deslizamento
Santos (2022)	5	declividade, uso da terra, distância euclidiana entre drenagens, densidade de drenagem, hipsometria	Susceptibilidade a inundação
Sartori (2012)	6	proximidade entre fragmentos florestais, proximidade de cobertura florestal, proximidade de rede hidrográfica, distância aos centros urbanos, declividade, erodibilidade do solo	Fragmentação/recuperação florestal
Rezende, Marques e Oliveria (2017)	4	pedologia, uso e ocupação do solo, altitude, declividade	Risco à inundação
Silva e Nunes (2009)	3	vegetação/uso e ocupação do solo, área legal, declividade	Vulnerabilidade ambiental
Faria <i>et al.</i> (2016)	10	amplitude, declividade, uso da terra, água superficial, pedologia, estrutura geológica, contato, plano basal, forma geométrica, área de contato	Risco de escorregamentos
Dotto, Gaberti e Robaina (2023)	5	litologia, forma das vertentes, declividade, pedologia, uso da terra	Susceptibilidade ao voçorocamento
Crepani <i>et al.</i> (2021)	6	clima, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso do solo	Zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial

Fonte: elaboração própria.

Como a intenção, nessa parte da pesquisa, é voltada para a apreensão de suscetibilidades naturais referentes a duas categorias de eventos, sendo eles inundações e movimentos de massa, a seleção das variáveis procurou captar características naturais que sejam causais ou que contribuam decisivamente para tal. A partir do apoio da literatura, algumas variáveis como uso e cobertura do solo, declividade e pedologia aparecem frequentemente nos estudos, podendo ser classificadas, portanto, como variáveis analíticas críticas. Outras variáveis foram incorporadas para complementar a modelagem da presente pesquisa e que também contribuem de modo decisivo como causas diretas da composição da suscetibilidade natural da área de estudo. No total, sete variáveis foram selecionadas para a composição cartas de perigo geológico e hidrológico, sendo cinco associadas à composição da suscetibilidade e dois relacionados ao grau de exposição humana. As variáveis então escolhidas estão dispostas no quadro 9 a seguir:

Quadro 9: Variáveis ambientais utilizadas na composição das cartas de perigo

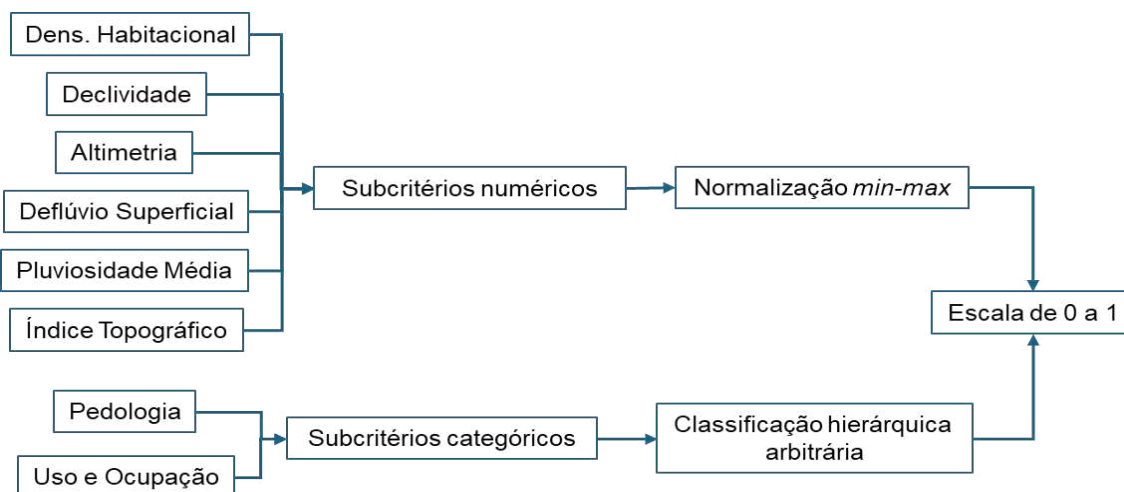
Composição da suscetibilidade				
ID	Variável	Medida	Sentido de intensidade	
			Suscetibilidade geológica	Suscetibilidade hidrológica
alt_	Altimetria	Metros (m)	Quantitativa. Quanto Maior melhor	Quantitativa. Quanto menor melhor
decliv_	Declividade	Porcentagem (%)	Quantitativa. Quanto Maior melhor	Quantitativa. Quanto menor melhor
ped_	Pedologia	Tipos	Qualitativa. Subjetiva	Qualitativa. Subjetiva
defl_	Deflúvio superficial	Metros cúbicos por segundo (m ³ /s)	Quantitativa. Quanto Maior melhor	Quantitativa. Quanto Maior melhor
pluv_	Pluviosidade	Milímetros de lâmina d'água (mm)	Quantitativa. Quanto Maior melhor	Quantitativa. Quanto Maior melhor
Composição da exposição				
ID	Variável	Unidade	Sentido da intensidade	
			Suscetibilidade geológica	Suscetibilidade hidrológica
uso_	Uso e ocupação do solo	Tipos	Qualitativa. Subjetiva	Qualitativa. Subjetiva
mora_	Densidade de moradias	Número de moradias por quilômetro quadrado (n/km ²)	Quantitativa. Quanto Maior melhor	Quantitativa. Quanto Maior melhor

Fonte: elaboração própria.

A normalização dos subcritérios deve ser feita para colocá-los todos em uma única escala de medidas, permitindo a comparabilidade. Os subcritérios foram divididos em dois grandes grupos de normalização. No primeiro grupo, as variáveis quantitativas são expressas em valores numéricos, seguidas de unidades de medida, podendo aparecer em valores contínuos ou discretos. Os valores aparecem ordenados, em geral do menor valor para o maior. Nesse caso, o grau de importância de cada subcritério é diretamente proporcional à sua magnitude real, de modo que seus próprios valores expressam suas criticidades. Assim, é necessário apenas promover a normalização dos valores para a mesma escala de mensurabilidade.

No segundo grupo aparecem as variáveis qualitativas, que descrevem características e não podem ser expressas diretamente por números. Nesse caso, é necessário que elas passem por um processo de valoração, para que depois possam ser normalizados. Aí entra a avaliação subjetiva arbitrária feita por especialistas consultados, que procuraram, com base em conhecimentos teóricos e empíricos, além de apoio na literatura, valorar cada subcritério de modo a avaliar as características que contribuem de forma mais decisiva para o objetivo geral. A figura 16 a seguir mostra o fluxo global dessa etapa.

Figura 16: Fluxograma de normalização dos subcritérios ambientais



Fonte: elaboração própria.

Todos os subcritérios, por convenção, serão avaliados com valores entre 0 e 1. Para os subcritérios numéricos, os valores das variáveis descritas nos mapas, expressos em conjuntos de valores discretos, serão transformados, via operação no *software* QGIS em um conjunto de valores contínuos, sem alterar as propriedades e

valores originais, e depois normalizados através do processo *min-max*. Essa operação de transformação é necessária, pois se a normalização fosse aplicada diretamente sobre o conjunto de valores discretos exibidos nos mapas-base (as classes altimétricas do mapa da figura 17, por exemplo) vários elementos reais da menor classe, mas diferentes de zero, teriam como resultado valores iguais a zero, o que claramente não corresponde à realidade e poderia levar a erros no cálculo final dos mapas de síntese.

Para os subcritérios categóricos, onde os valores não são numéricos, mas sim qualidades ou características, serão atribuídos valores arbitrários pelos especialistas, também entre 0 e 1, conforme o grau de importância de cada atributo para a categorização final. Para critérios que crescem no mesmo sentido da vulnerabilidade, ou em outras palavras, para variáveis cujo crescimento afete de modo positivo a intensidade da vulnerabilidade, será usado o critério “quanto maior melhor”. Ao contrário, para variáveis que o crescimento afete negativamente o crescimento da vulnerabilidade será utilizado o critério “quanto menor melhor” (equações 6 e 7).

Ao final, todos os mapas serão reclassificados a partir do grau de importância de seus subcritérios, de acordo com a escala taxonômica do quadro 3, de modo que as legendas categorizarão os subcritérios de acordo com seu grau de importância para a composição de seu respectivo índice. Feitas essas observações, a seguir serão descritas as variáveis utilizadas na composição do índice composto de perigo, a partir da composição dos subíndices de suscetibilidade e exposição.

5.3.1.1 Altimetria

Para a carta de susceptibilidade de Ribeirão das Neves, a altimetria foi uma das variáveis utilizadas para a composição do índice. A altimetria, de modo geral corresponde à medida da altitude do terreno em relação ao nível do mar.

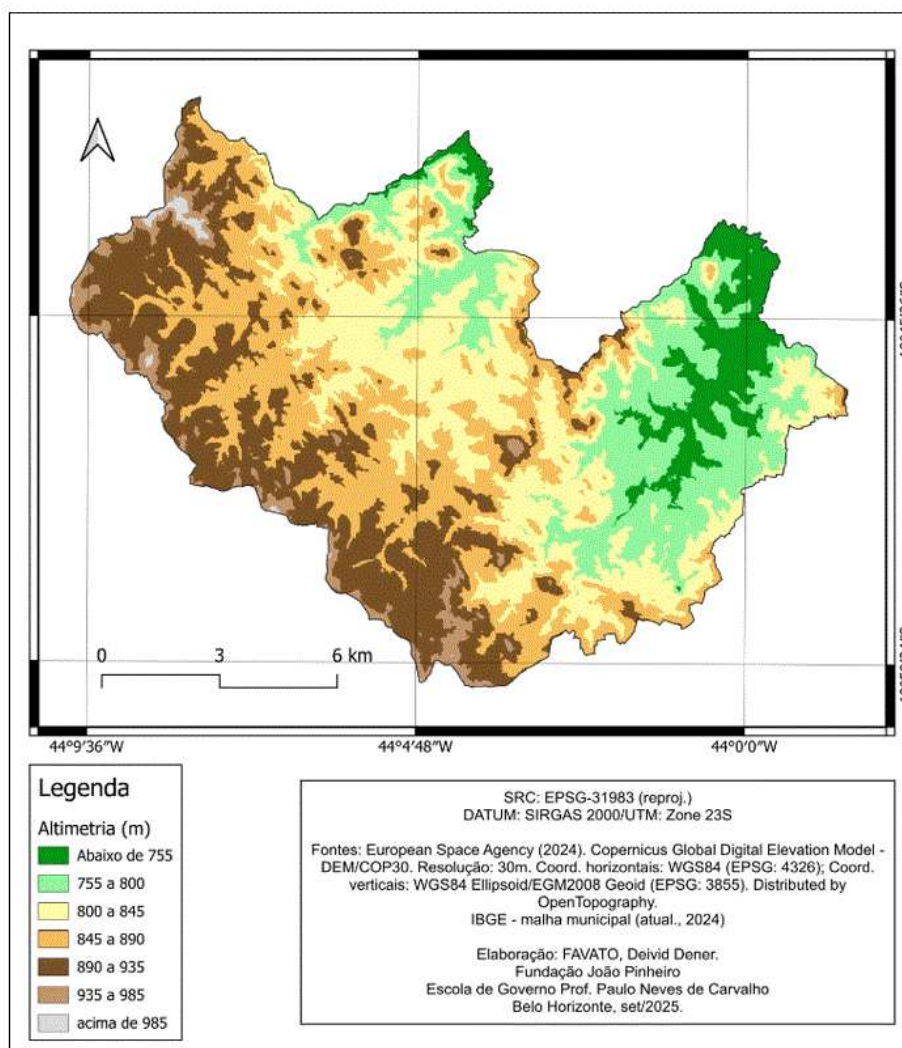
Em áreas de altitudes elevadas, geralmente existem encostas mais íngremes e com maior declividade. Quanto maior a inclinação do relevo, maiores as forças superficiais atuando sobre o solo, o que aumenta a instabilidade (Santos, 2023). Nessas condições, chuvas intensas, presença de construções ou ausência de cobertura vegetal podem desencadear movimentos de massa com mais facilidade.

Já em áreas de altitudes mais baixas e suaves, o risco tende a ser menor, porque a energia potencial e a força da gravidade atuando sobre o material são reduzidas. No entanto, a proximidade de rios e cursos d'água propicia a saturação

hídrica do solo que, em adição à elevação do nível de água em épocas chuvosas pode ocasionar inundações e alagamentos nessas áreas.

Crepani et al. (2001), em estudo sobre zoneamento ecológico-econômico reforçam que áreas de elevada amplitude altimétrica, combinadas com uso inadequado do solo, tendem a apresentar maior suscetibilidade a desastres socioambientais, incluindo movimentos gravitacionais de massa. Em áreas mais baixas, por outro lado, há a maior probabilidade de ocorrências de enchentes e inundações, principalmente se essas áreas estiverem associadas a leitos de rios ou córregos e áreas de potencial alagamento. A figura 17 a seguir apresenta a distribuição geral dos níveis altimétricos do município de Ribeirão das Neves.

Figura 17: Altimetria de Ribeirão das Neves



Fonte: elaboração própria.

De acordo com o mapa apresentado, observa-se que as maiores altitudes estão concentradas na porção sul-sudoeste do município, enquanto as áreas mais baixas estendem-se no eixo de direção norte-nordeste. As altitudes baixas (em verde escuro) estão associadas ao curso de córregos que cortam o município e são áreas com alta densidade de habitações e alto grau de uso do solo direcionado à urbanização.

5.3.1.2 Pedologia

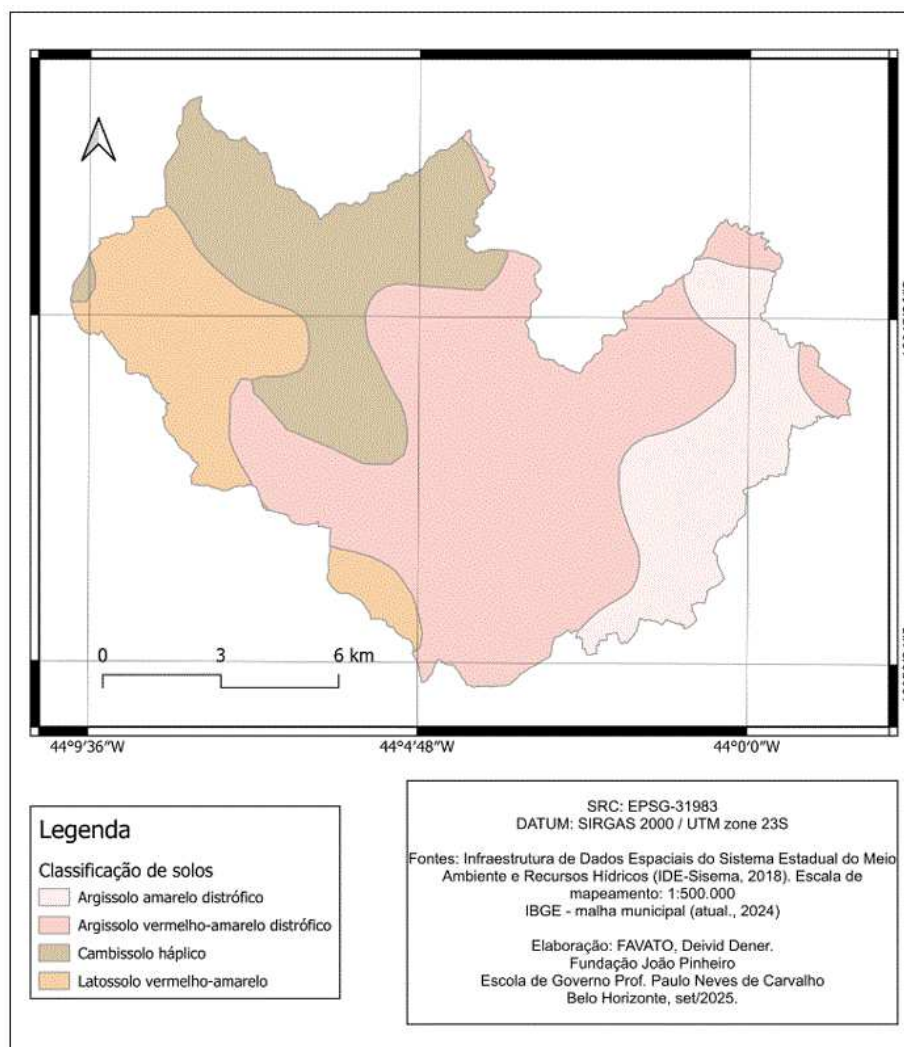
A composição pedológica foi outro fator importante selecionado para a composição do índice. A literatura afirma que a composição dos solos, juntamente com o substrato geológico e a morfologia do terreno são fatores cruciais para o desenvolvimento de processos erosivos (Neto, 2000). Os solos, a depender desses processos, podem sofrer degradações, rupturas e lixiviações¹⁴ em velocidades mais ou menos elevadas, a depender de sua composição. E isso afeta e compromete diretamente a vida das pessoas que assentam suas residências sobre esses solos.

Segundo o mapeamento de solos realizado pela Embrapa em escala de 1:500.000, Ribeirão das Neves tem basicamente três tipos de substratos pedológicos diferenciáveis, que são afetados de maneiras diferentes por agentes de intemperismo externos, como chuvas e ventos. De maneira simplificada, os argissolos são solos altamente suscetíveis à infiltração e percolação de água. A infiltração tende a gerar descontinuidades superficiais, o que pode criar planos de fratura e ruptura de solo, gerando ambientes altamente propícios para ravinamentos, voçorocamentos, deslizamentos e demais movimentos de massa. (Embrapa, 2018). Os cambissolos também possuem elevada instabilidade, visto que são solos pouco desenvolvidos, formados em estágios iniciais de intemperismo. Possuem uma camada superficial com baixa a média compactação e com presença de fragmentos de rocha, pedregulhos e cascalhos, o que torna este tipo de solo suscetível a processos de infiltração e percolação de água em seu interior. Já os latossolos são solos mais evoluídos e estáveis, pois já passaram por longos períodos de intemperismo. São mais estáveis e compactos e seu grau de suscetibilidade em relação aos demais é

¹⁴ A lixiviação, segundo a Embrapa, significa a remoção de nutrientes e elementos essenciais das regiões superficiais dos solos gerando, em médio e longo prazos, a perda de estabilidade e coesão das camadas expostas. Esse processo, aliado à baixa cobertura vegetal, pode ter como resultados ravinamentos, voçorocamentos, entre processos erosivos intensos (Embrapa, 2018).

baixo a moderado. A figura 18 a seguir mostra as classes de solos presentes no município de Ribeirão das Neves.

Figura 18: Classificação dos solos de Ribeirão das Neves



Fonte: elaboração própria.

Nota-se que as características dos solos se distribuem em duas grandes classes, que dividem o território. A primeira grande porção, estendendo-se da área central a leste, é composta pela classe dos argissolos. Este tipo de solo, como visto anteriormente, é altamente suscetível a intemperismo e erosões, principalmente quando associado a fatores como altas declividades e altos regimes pluviométricos. A segunda grande classe é composta pelos cambissolos e latossolos, e cobrem mais a noroeste do território. Os cambissolos, apesar da alta suscetibilidade a processos erosivos, estão em menor suscetibilidade em relação aos argissolos. Os latossolos,

presentes na porção do extremo oeste, por sua vez, são os solos com menor suscetibilidade em relação aos outros tipos presentes no município.

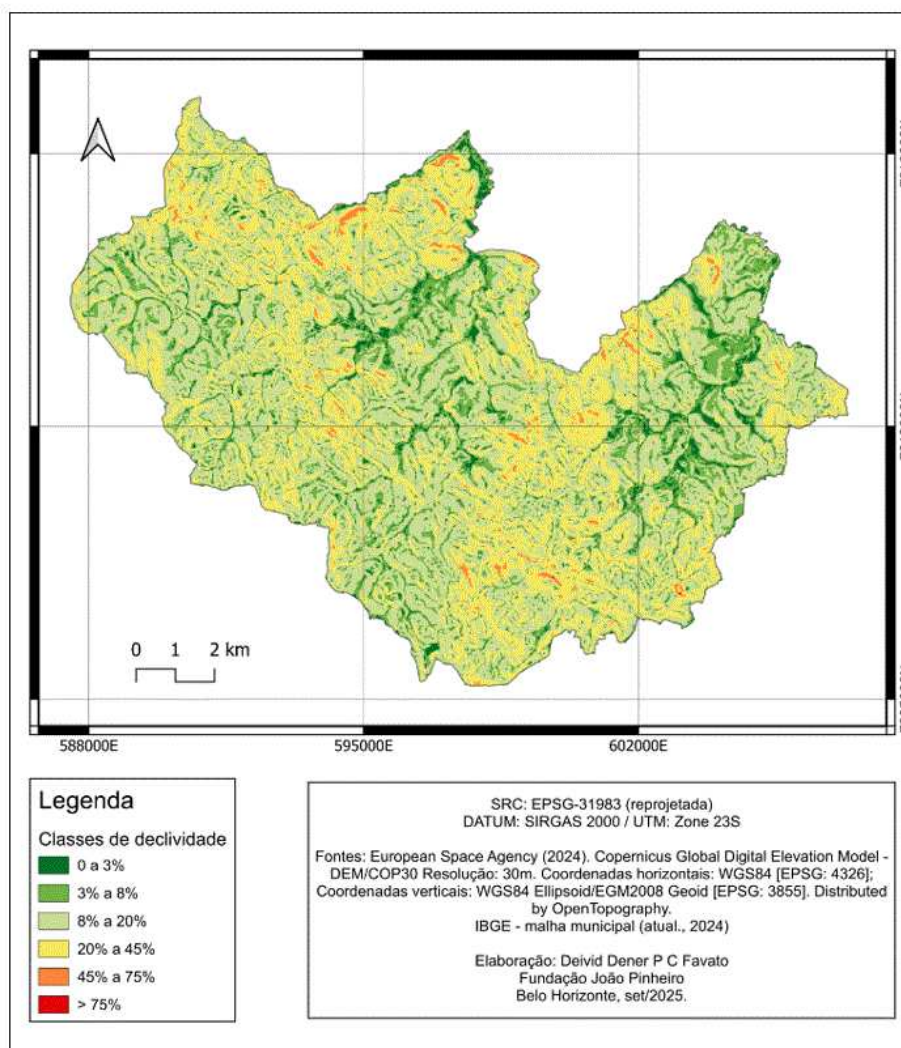
5.3.1.3 Declividade

A declividade é ainda mais diretamente ligada ao risco de movimentos de massa, porque determina a intensidade da força da gravidade atuando sobre os materiais do solo e da encosta. Ela pode ser definida como a razão entre a diferença de altitude (distância vertical) e a distância horizontal entre dois pontos do terreno, expressando o grau de inclinação da superfície. Superfícies com altas declividades, associados à composição pedológica, estão diretamente relacionados com processos erosivos e de perda de solo por agentes de intemperismo (Quaresma e Perez Filho, 2015).

Esta é uma variável que está sempre presente nos estudos relacionados ao mapeamento de zonas de perigo e risco, pois o relevo do estado é constituído por muitas áreas com morros, serras e terrenos de alta declividade. Esses locais frequentemente fazem parte de zonas de expansão urbana, e são permeadas por ocupações muitas vezes construídas de forma irregular, o que aumentam sobremaneira seus graus associados de risco.

Por outro lado, baixas declividades estão associados a terrenos planos, e que geralmente ficam no entorno de leitos de rios, córregos e demais corpos d'água. Essa associação é propícia para eventos de alagamentos e inundações, e geram grandes prejuízos quando os locais estão urbanizados de alguma forma. Portanto, os dois extremos dessa variável devem ser verificados e ponderados junto a outras variáveis na composição do índice espacial de perigo. Altas declividades terão peso maior quando compuserem o índice associado a deslizamentos. Para o índice associado a inundações, áreas planas terão peso maior na ponderação dos subcritérios dessa variável. A figura 19 a seguir apresenta a declividade geral para o território do município de Ribeirão das Neves, a partir de suas classes de declividade, expressas em porcentagem. Quanto maior o valor, maior é a inclinação da área correspondente.

Figura 19: Declividade de Ribeirão das Neves



Fonte: elaboração própria.

Nota-se que a área do município de Ribeirão das Neves tem predominância de declividades médias, com alguns pontos com declividades muito acentuadas (em laranja e vermelho), e áreas mais planas (em verde escuro), próximas ao leito dos cursos d'água que passam pela região.

5.3.1.4 Deflúvio superficial

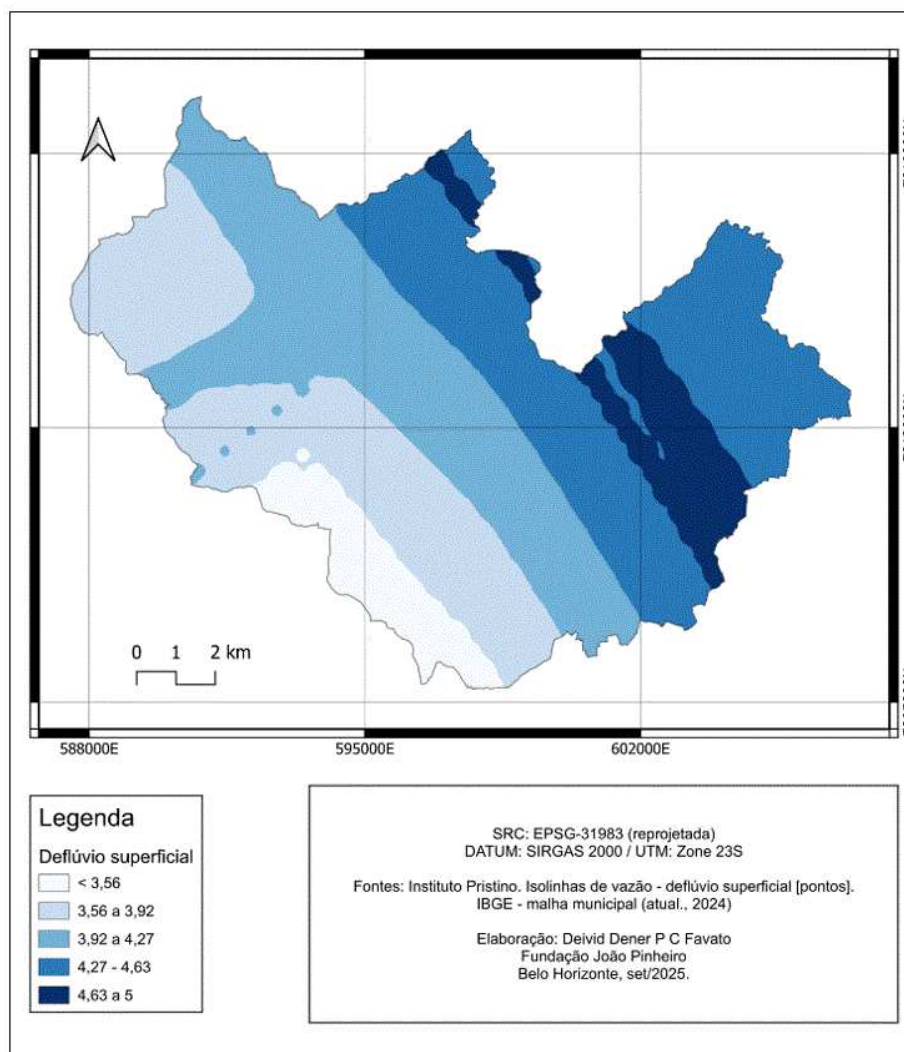
O deflúvio superficial foi outro indicador utilizado na construção analítica do perigo da presente pesquisa. Apesar de pouco utilizado na literatura, é de grande importância, principalmente em análises relacionadas a suscetibilidades de enchentes, inundações, enxurradas, erosões e conceitos afins. Também chamado de escoamento superficial, o conceito se relaciona às taxas ou velocidades em que a

água escoar pela superfície dos terrenos, após terem atingido seus limites máximos de infiltração e absorção.

Quando associada a terrenos planos, de baixa declividade, e próximas a canais fluviais, córregos ou leitos de rios, descreve a probabilidade de ocorrência de enxurradas e inundações. Em áreas de alta declividade, e em associação com outros fatores como estrutura pedológica e cobertura vegetal, pode descrever a possibilidade de erodibilidade de áreas, tornando-as suscetíveis a movimentos de massa, por exemplo.

Este componente, portanto, permite compreender a dinâmica de escoamento das águas de determinada área de acordo com o regime de chuvas associado (Reis, *et al.*, 2012). Na figura 20 a seguir, é apresentado o mapa de deflúvio superficial médio de Ribeirão das Neves entre 1993 e 2003. Em conjunto à descrição da pluviosidade média, esses dois indicadores fornecem bons parâmetros de análise da dinâmica pluviométrica no município, dado que ela está intrinsecamente relacionada com a ocorrência e a intensidade de desastres.

Figura 20: Deflúvio superficial de Ribeirão das Neves



Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há uma faixa de maior intensidade do parâmetro, destacada em azul escuro. Esta faixa é a de maior taxa de escoamento superficial medida para o território, com a ordem entre 4,63 e 5 litros por segundo. Essa taxa está diretamente relacionada com o atributo da pluviosidade, que será exibido a seguir.

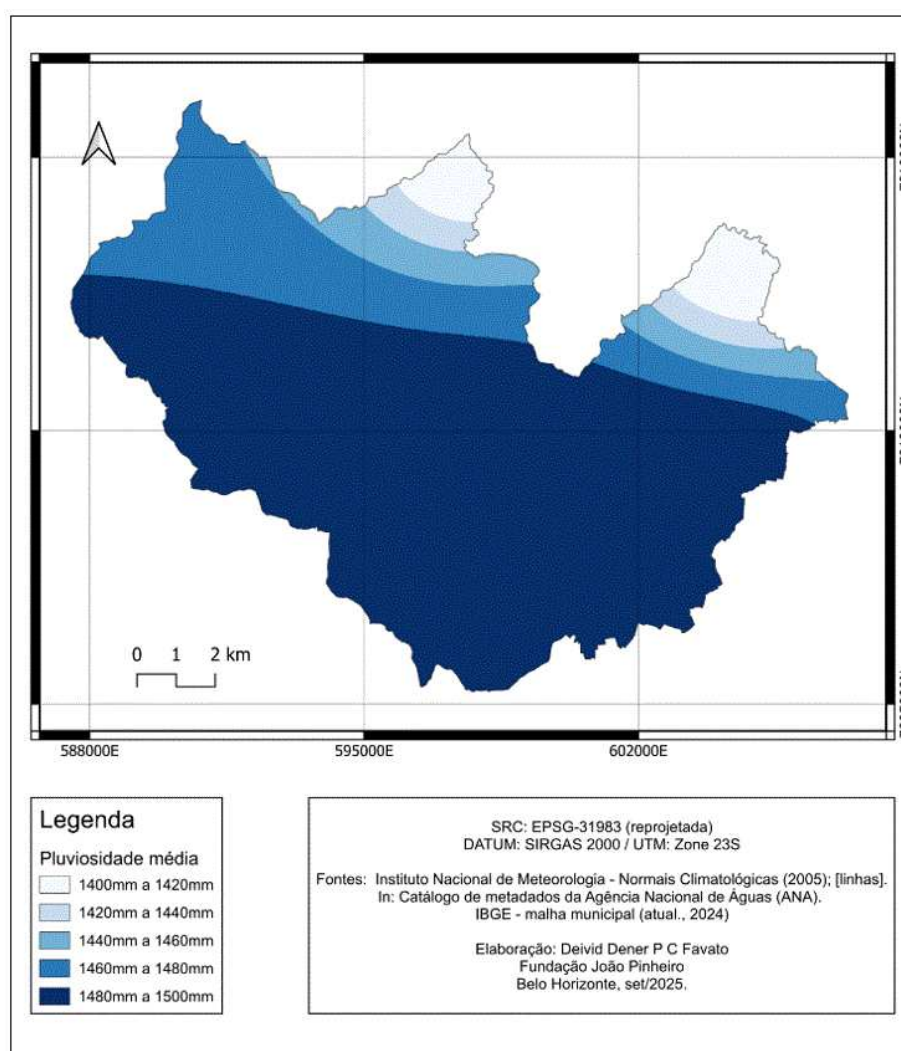
5.3.1.5 Pluviosidade média

Os níveis de pluviosidade são um fator preponderante no desenvolvimento dos eventos aqui estudados. Tanto os movimentos de massa quanto as inundações tem como agente desencadeador principal as chuvas, pois elas operam como o agente de intemperismo dos solos expostos, lixiviando-os e removendo, o que produz com o tempo mais instabilidade do terreno e maior propensão a processos erosivos, e também alteram o regime momentâneo de vazão de córregos e rios, de modo especial

aqueles que passam em perímetro urbano e que tem em seu entorno áreas urbanizadas, causando episódios de enchentes e inundações de grande poder destrutivo.

De acordo com Oliveira *et al.* (2025) as chuvas são os principais desencadeadores de desastres de origem natural em perímetro urbano. Com as mudanças climáticas, os eventos pluviométricos tem se tornado cada vez mais concentrados no tempo e intensos, com períodos onde ocorrem verdadeiras tempestades, que causam danos severos às localidades atingidas. A figura 21 apresenta a pluviosidade média para Ribeirão das Neves, para o ano de 2005.

Figura 21: Mapa da pluviosidade média de Ribeirão das Neves



Fonte: elaboração própria.

Ribeirão das Neves tem um regime pluviométrico, na maior parte de seu território, entre 1480 e 1500mm de chuva, mais ou menos dentro da média para o

território nacional, que é de 1760mm, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

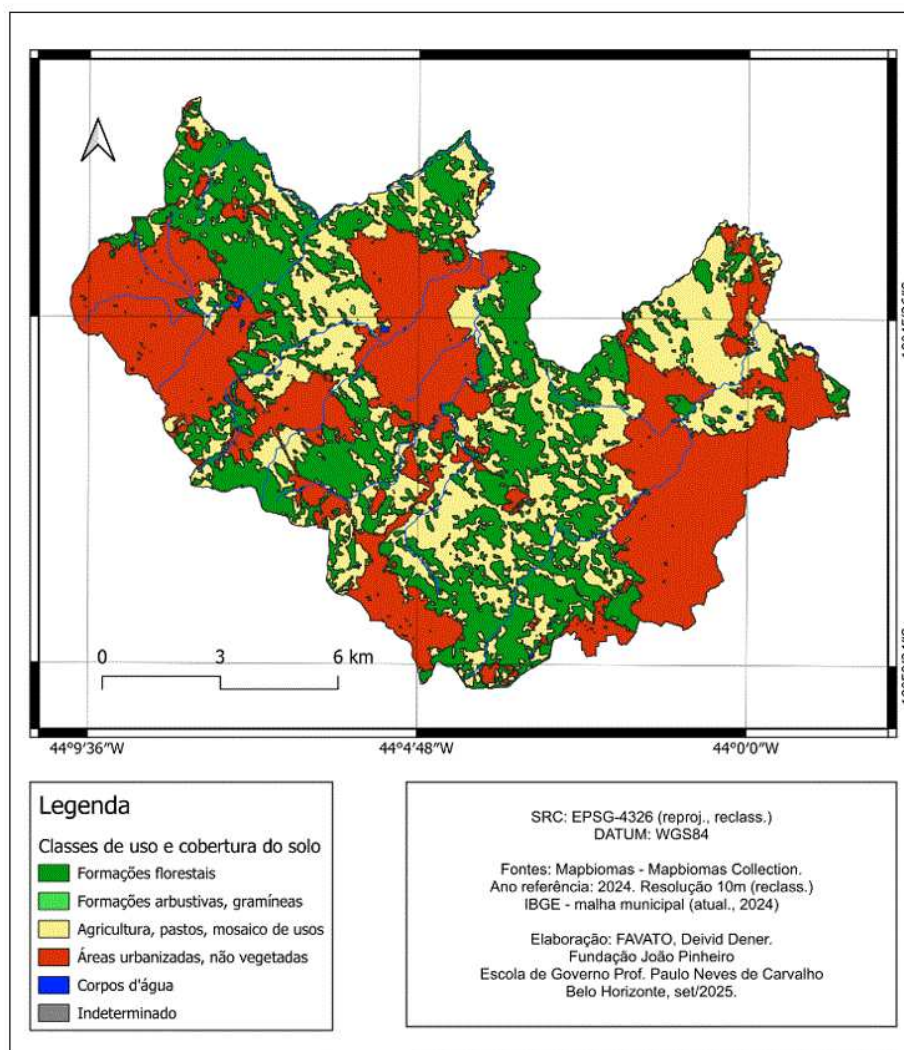
5.3.1.6 Uso e ocupação

O uso e a ocupação do solo é um dos critérios utilizados na composição da exposição, juntamente com a distribuição e densidade de residências. Ele representa espacialmente como o solo está sendo utilizado — por exemplo, se uma área é ocupada por vegetação, agricultura, pastagem, áreas urbanizadas, corpos d'água, áreas degradadas, entre outros tipos de uso.

O uso e a ocupação do solo são fatores importantes da análise de risco, especialmente em áreas sujeitas a deslizamentos, inundações e erosão. Isso ocorre porque a ocupação humana modifica as condições naturais de estabilidade, drenagem e infiltração, tornando este fator importante na composição do risco. Áreas com cobertura vegetal densa, composta por florestas e formações arbóreo-arbustivas, são mais eficientes na absorção de água superficial e na drenagem subsuperficial, reduzindo o risco de processos erosivos e lixiviações ocasionadas por chuvas intensas ou ação de rios, por exemplo. Em contrapartida, áreas pouco vegetadas, com pastagens ou mesmo solo exposto são mais propensos a esses processos, justamente por não terem uma camada vegetal que as proteja suficientemente. Em áreas urbanizadas, a elevada taxa de impermeabilização dos solos propicia taxas elevadas de escoamento superficial e/ou acúmulo de água em determinados pontos, sendo altamente propícias a enchentes e alagamentos.

A figura 22 a seguir mostra uma divisão em grandes classes de uso e ocupação dos solos do território de Ribeirão das Neves. Não são diferenciados tipos de formações florestais ou tipos de cultura agrícola, por não exercerem influência significativa para além das classes já categorizadas.

Figura 22: Mapa de uso e ocupação do solo de Ribeirão das Neves



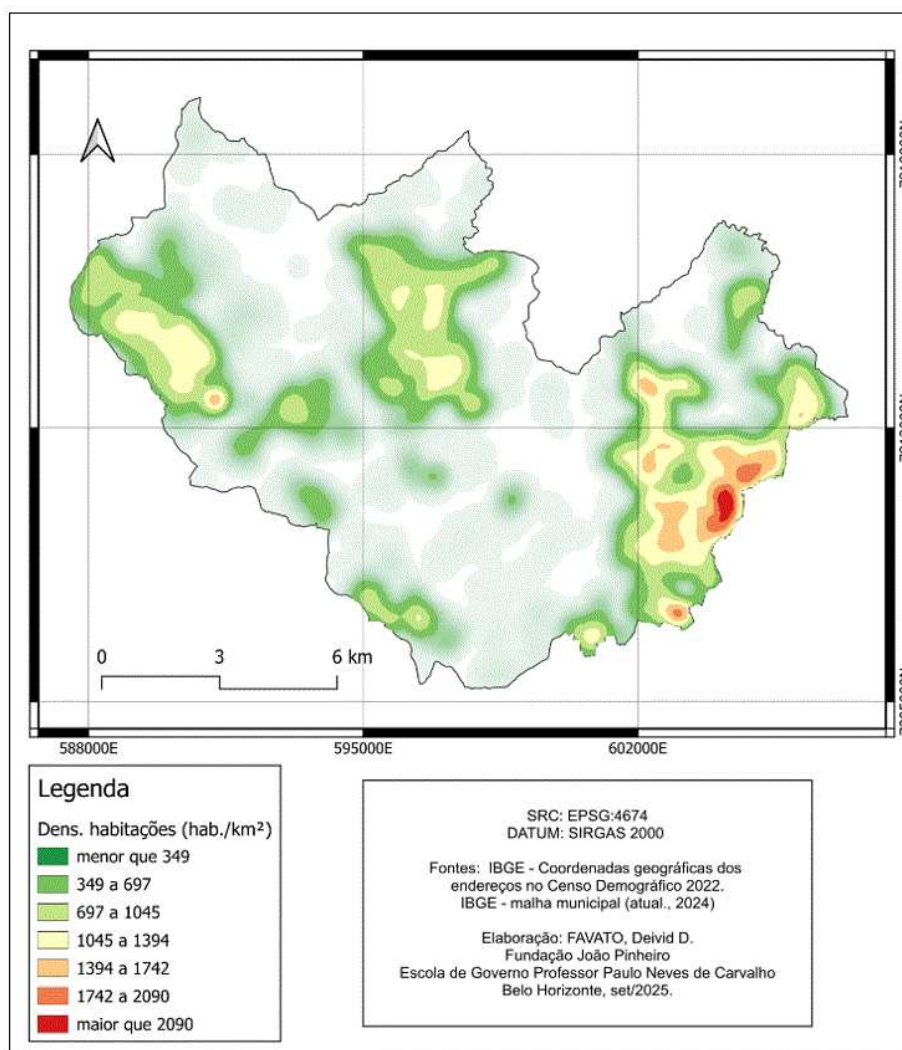
Fonte: elaboração própria.

Aproximadamente 53 km² da área total de 155 km² são de áreas cobertas por infraestruturas urbanas permanentes, o que corresponde a aproximadamente 34% do território. A cobertura florestal corresponde a cerca de 30%, cobrindo uma área total de 46,5 km² de formações arbóreas. Outros 6% (9,2 km²) correspondem a formações arbóreo-arbustivas e arbustivas de pequeno porte. Aproximadamente 28% correspondem a áreas de agricultura, pastagens e mosaico de usos (uma área de 43,4 km²). Uma pequena parcela do território foi classificada como de uso indeterminado.

5.3.1.7 Densidade habitacional

A densidade habitacional foi outra variável de interesse elencada na composição do índice de risco, compondo a parte de exposição. O Censo do IBGE divulgado em 2022 trouxe algumas novidades em relação aos dados colhidos em suas pesquisas de campo. Uma delas foi a identificação de unidades domiciliares de todo o país via coordenadas geográficas. Esse fator permitiu a identificação da distribuição espacial das residências e demais unidades domiciliares em todo o território nacional, possibilitando um estudo mais aprofundado de padrões espaciais e correlações entre essa distribuição e outros fatores sociais também levantados nas pesquisas globais do instituto, sobretudo aquelas por amostras de domicílio.

No âmbito da presente pesquisa, a distribuição espacial dos domicílios parte da justificativa de que áreas mais densamente povoadas tendem a ter maior grau de exposição, quando se observa exclusivamente o número de pessoas que vivem em áreas com algum grau de suscetibilidade. A figura 23 exhibe o padrão desigual de ocupação do território de Ribeirão das Neves.

Figura 23: Mapa de densidade habitacional de Ribeirão das Neves

Fonte: elaboração própria.

Na imagem podem ser diferenciados três grandes bolsões populacionais no território do município, correspondentes às três grandes aglomerações urbanas. Nota-se que a regional de Justinópolis, é a mais densamente urbanizada. Tal fato é explicado pelo limite territorial que essa área faz com Belo Horizonte, a capital do estado.

5.3.2 Variáveis sociais

De forma análoga, as variáveis sociais foram selecionadas de modo a captar as variações e desigualdades sociais ao longo do território do município. A seleção de variáveis procurou captar as sensibilidades e condicionantes transversais que se

entrecruzam na composição das vulnerabilidades sociais existentes no país e que se reproduzem em Ribeirão das Neves.

Primeiramente, foi feita uma sondagem na literatura específica sobre o tema, no intuito de verificar quais variáveis foram e tem sido mais comumente utilizadas na descrição de condições de vulnerabilidade. O quadro 10 oferece alguns resultados coletados. O número médio de variáveis utilizadas nos artigos pesquisados foi de 12,5, maior do que a média de variáveis ambientais. Isso ocorre porque existe uma multiplicidade de variáveis que podem captar condições sociais, a depender do enfoque da pesquisa aplicada.

Quadro 10: Variáveis sociais utilizadas em diferentes estudos de indicadores sociais

Autor(es)	n	Variáveis utilizadas	Objetivo
IPEA (2015)	15	abastecimento de água e esgoto inadequados, domicílios sem coleta de lixo, renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo, mães chefes de família sem ensino fundamental, taxa de analfabetismo, crianças em domicílios com moradores sem ensino fundamental completo, pessoas de 15 a 24 anos que não estudam ou trabalham, taxa de desocupação, pessoas com 18 anos ou mais em ocupação informal, renda per capita inferior a meio salário mínimo e dependente de idosos, taxa de atividade de pessoas de 10 a 14 anos, mortalidade infantil, pessoas de 0 a 14 anos (0 a 5 e 6 a 14 anos) que não frequentam a escola, mulheres de 10 a 17 anos que tiveram filhos	Índice de vulnerabilidade social, nas dimensões de infraestrutura urbana, capital humano e renda e trabalho, da RMBH.
Oliveira (2017)	16	densidade habitacional, domicílios com crianças de 0 a 15 anos, domicílios com idosos, responsáveis não alfabetizados, abastecimento de água, domicílios sem banheiro, domicílios sem pavimentação, domicílios sem energia elétrica, renda per capita abaixo de 1 salário mínimo, famílias abaixo da linha da pobreza, famílias PBF, domicílios CAD único desempregados, alcance de políticas sociais, famílias com CAD único, vilas ou favelas, famílias em descumprimento de condicionalidades PBF	Criação de um índice de vulnerabilidade das políticas sociais
Drachler <i>et al.</i> (2014)	6	famílias com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo, analfabetismo, domicílios sem água, domicílios sem sanitário ou rede de esgoto, domicílios sem coleta de lixo, densidade demográfica	Índice de vulnerabilidade social aplicado a políticas públicas do SUS
Peixoto <i>et al.</i> (2020)	13	menores de 5 anos, porcentagem de idosos, pessoas da cor preta/parda, domicílios com renda per capita de até	

		meio salário mínimo, rendimento médio das pessoas responsáveis pelo domicílio, mulheres responsáveis pelo domicílio com rendimento de até meio salário mínimo, pessoas responsáveis pelo domicílio sem rendimento, analfabetos com 15 anos ou mais, pessoas de 8 a 15 anos analfabetas, crianças em domicílios com moradores sem ensino fundamental, domicílios sem abastecimento de água, domicílios com esgotamento sanitário inadequado, domicílios sem coleta de lixo	Construção de um Índice de Vulnerabilidade em Saúde.
Ferreira (2023)	9	renda mensal, pessoas analfabetas, densidade populacional, pessoas menores de 10 anos e maiores de 60 anos, domicílios com 5 ou mais moradores, domicílios com lixo enterrado na propriedade, domicílios em área sem boca de lobo, domicílios com esgoto a céu aberto, domicílios com lixo acumulado nos logradouros	Estudo de áreas de risco de inundação e movimento de massa
Alves (2006)	16	cobertura de água, cobertura de esgoto, coleta de lixo, escolaridade do chefe de domicílio, anos de estudo do chefe de domicílio, chefes de domicílio sem renda, renda de 0 a 3 salários, acima de 5 e acima de 20 salários mínimos, renda média do domicílio, população de 0 a 4, 0 a 14 e 0 a 19 anos, população de 65 anos ou mais, densidade domiciliar, população residente em setores subnormais	Construção de indicadores socioambientais para o município de São Paulo

Fonte: elaboração própria.

A base de dados utilizada foi a do Censo 2022 realizado pelo IBGE e disponibilizado em seu site oficial. Os dados estão desagregados em setores censitários, atualmente o menor nível de desagregação espacial de dados massivos que a instituição disponibiliza.

O censo foi subdividido em várias categorias, que estão detalhadas no quadro 11 a seguir. A seleção de variáveis procurou abranger uma gama de categorias disponíveis que descrevem condições sociais, educacionais, econômicas, demográficas e habitacionais dos moradores do município. Foram selecionadas 11 variáveis no total, classificadas de acordo com a categorização taxonômica do IBGE em alfabetização, demografia, cor ou raça, características do domicílio (I, II e III), renda do responsável e características do entorno do domicílio.

Quadro 11: Variáveis sociais utilizadas na composição das cartas de vulnerabilidade

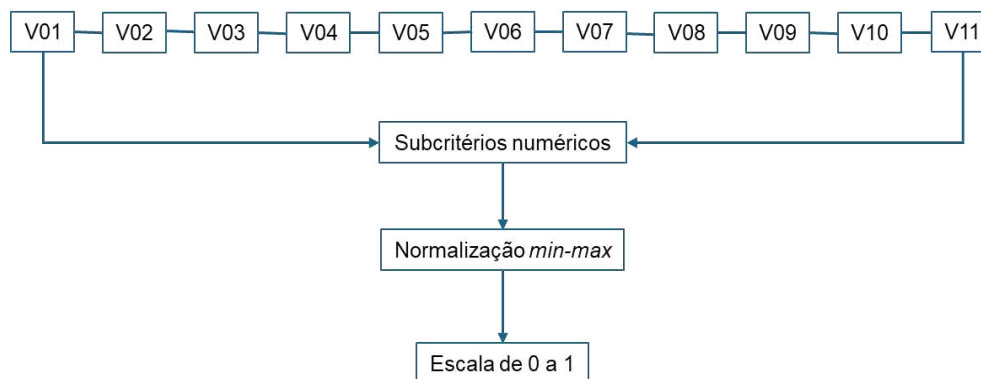
Composição da vulnerabilidade				
ID IBGE (Id)	Variável	Categoria	Medida	Sentido de intensidade
V00929 (V01)	Sexo feminino, 15 anos ou mais, Cor ou raça é preta, Morador não sabe ler e escrever	Alfabetização	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V01029+V01030 (V02)	Sexo feminino, 60 a 69 anos + Sexo feminino, 70 anos ou mais	Demografia	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V01031+V01032 (V03)	0 a 4 anos + 5 a 9 anos	Demografia	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V01318 (V04)	Cor ou raça é preta	Cor ou raça	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V00002 (V05)	Domicílios Particulares Improvisados Ocupados	Características do domicílio - I	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V00005 (V06)	Quantidade de moradores	Características do domicílio - I	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V00464 (V07)	Domicílio não possui ligação à rede geral de distribuição de água	Características do domicílio - II	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V00397 (V08)	Lixo coletado no domicílio por serviço de limpeza	Características do domicílio - II	Quantidade (n)	Quanto maior pior
V06004 (V09)	Rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios	Renda do responsável	Valor monetário (R\$)	Quanto maior pior
V05007 (V10)	Domicílios particulares - face com via pavimentada - não	Características urbanísticas – entorno dos domicílios	Quantidade (n)	Quanto maior melhor
V05013 (V11)	Domicílios particulares - face com iluminação pública - não	Características urbanísticas – entorno dos domicílios	Quantidade (n)	Quanto maior melhor

Fonte: elaboração própria.

A seguir as variáveis sociais selecionadas serão descritas uma a uma. A figura 24 mostra o fluxograma geral de normalização das variáveis. Em complemento, como na seção anterior, serão exibidos os mapas descritivos de tais informações sobre o

território de Ribeirão das Neves, permitindo uma melhor visualização da distribuição dessas variáveis pelo espaço.

Figura 24: Fluxograma de normalização de variáveis sociais



Fonte: elaboração própria.

Todos os subcritérios, assim como os ambientais serão avaliados com valores entre 0 e 1. A fórmula de normalização *min-max* variará de acordo com o tipo de variável analisada. Da mesma forma, para critérios que crescem no mesmo sentido da vulnerabilidade, será usado o critério “quanto maior melhor”. Para variáveis em que o crescimento afete negativamente o crescimento da vulnerabilidade será utilizado o critério “quanto menor melhor”. Depois será feita a soma ponderada de todas as variáveis, chegando-se ao final na composição da vulnerabilidade, de acordo com a equação 13.

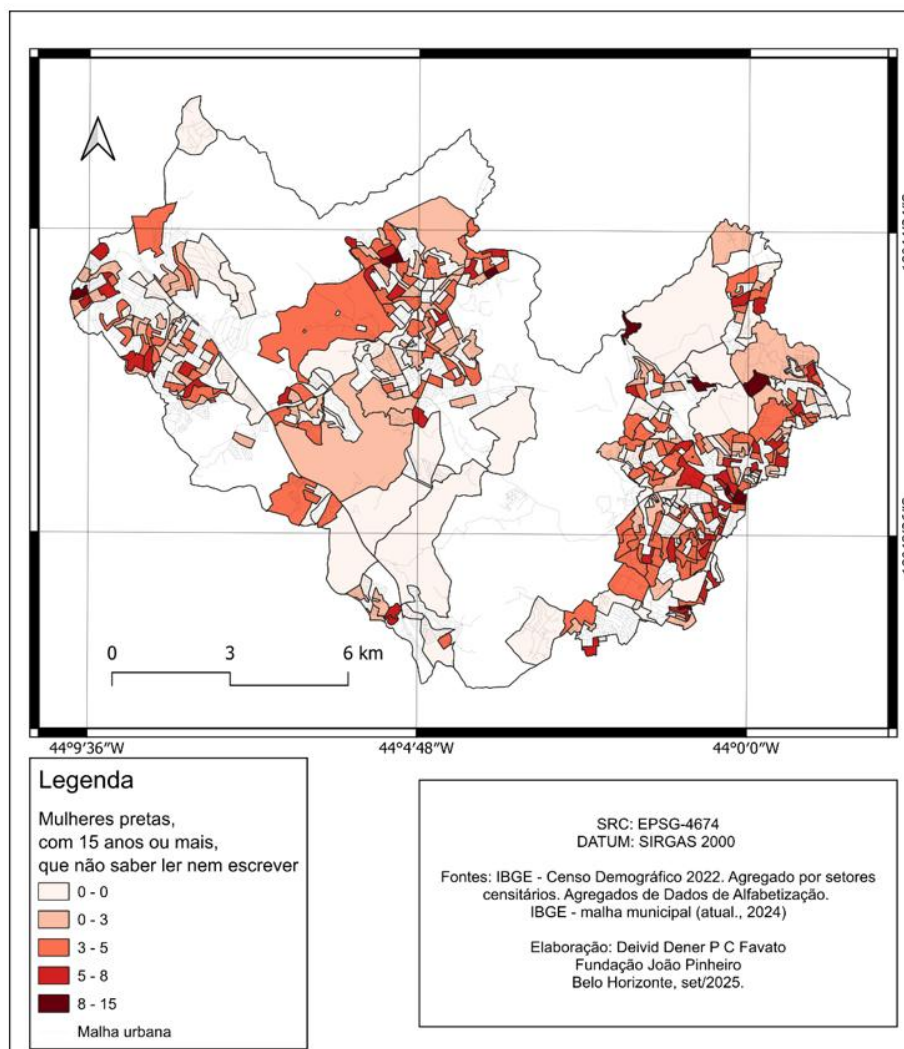
5.3.2.1 Variável V01

A variável V01 corresponde a uma condição transversal, medida pelo IBGE. O resultado corresponde a um cruzamento de informações obtidas através de três subcategorias: o sexo (masculino ou feminino), a cor/raça (preta, parda, amarela, indígena e branca), faixa etária e nível de alfabetização. A interseção gerou tal medida, e sua distribuição espacial no território de Ribeirão das Neves pode ser vista na figura 25 a seguir.

Como visto anteriormente, tais características estão associadas de modo geral, no país, a condições de maior vulnerabilidade, e que tendem a sofrer maiores efeitos em condições de desigualdades sociais e espaciais. Esta variável permite captar sobreposições de vulnerabilidades individuais que, quando espacializadas, revelam sua distribuição pelo território. A combinação dessas subcategorias reforça o

entendimento de que a vulnerabilidade não é resultado de uma única dimensão, mas da interseção entre múltiplas características sociodemográficas.

Figura 25: Distribuição espacial de mulheres pretas, com 15 anos ou mais, analfabetas



Fonte: elaboração própria.

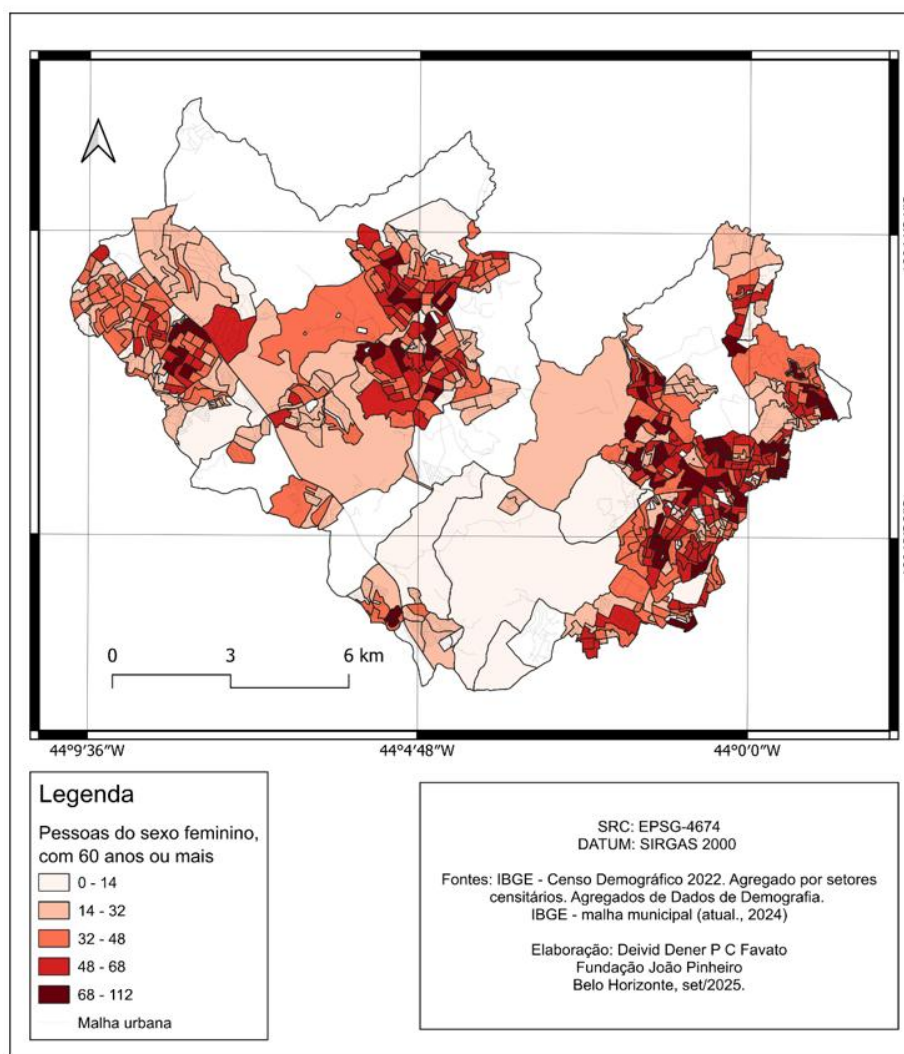
A variável é distribuída irregularmente pelo território, segundo setores censitários. Existem alguns pontos de mais alta concentração como podem ser vistos na imagem anterior, mas a maior taxa parece estar distribuída espacialmente no setor leste do município, correspondendo à região de Justinópolis.

5.3.2.2 Variável V02

A variável V02 contempla a distribuição espacial das mulheres com 60 anos ou mais, segmento populacional cuja presença no território pode ser considerada como um marcador de vulnerabilidade demográfica e social. Esta variável, na verdade,

representa a soma de duas variáveis complementares disponíveis no Censo 2022 do IBGE, sendo elas o número de mulheres entre 60 e 69 anos e o número de mulheres com 70 anos ou mais (V01029+V01030, de acordo com a classificação do IBGE).

O envelhecimento da população brasileira já é amplamente reconhecido como um fenômeno em expansão, porém suas implicações variam profundamente conforme o recorte de gênero e as condições socioespaciais específicas de cada município. No caso de Ribeirão das Neves, a espacialização dessa variável permite identificar onde se concentram mulheres idosas, grupo que, conforme a literatura, tende a apresentar níveis mais elevados de dependência, demanda por cuidados contínuos e exposição a riscos associados tanto à saúde quanto às condições de moradia e mobilidade urbana. Esses aspectos são particularmente relevantes quando analisados em contextos periféricos, onde a infraestrutura urbana é limitada e o acesso a serviços – como saúde e assistência social – é desigual. Quando essas condições estão aliadas a um alto grau de exposição em áreas de elevada suscetibilidade natural a eventos, o risco resultante eleva-se consideravelmente. A figura 26 apresenta a distribuição espacial desse grupo social no município.

Figura 26: Distribuição espacial de mulheres idosas

Fonte: elaboração própria.

A imagem acima demonstra existir uma concentração maior de mulheres idosas na região de Justinópolis, a leste. Como este é o setor mais densamente povoado, espera-se encontrar, para a maior parte das variáveis, altas concentrações nessa região.

5.3.2.3 Variável V03

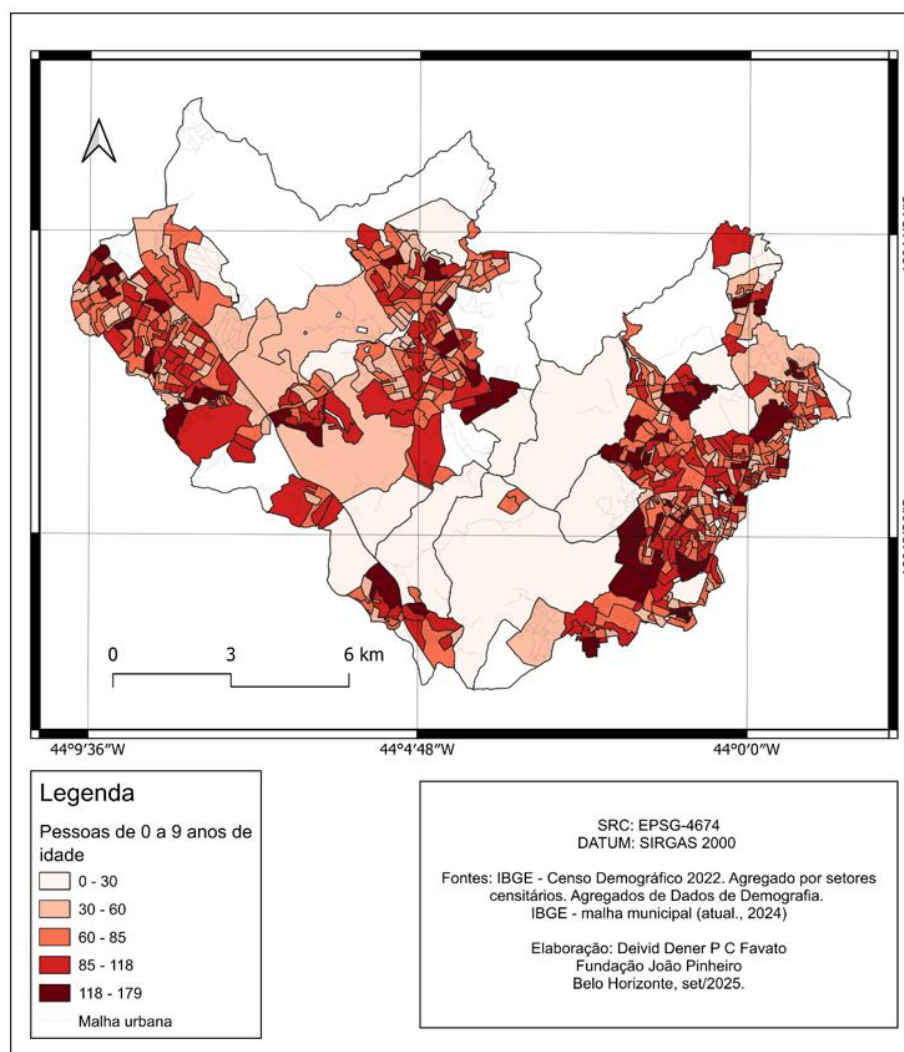
A variável V03 representa a distribuição espacial das crianças de 0 a 9 anos, grupo etário considerado um dos mais sensíveis e prioritários em análises de vulnerabilidade social e de risco socioambiental. Assim como a variável anterior, esta representa a soma de duas outras faixas etárias oriundas da categorização original

do IBGE: o de crianças de 0 a 4 anos mais o de crianças de 5 a 9 anos (V01031+V01032, na codificação do IBGE).

Do ponto de vista da vulnerabilidade social, a infância é um estágio em que as condições do território exercem impacto direto sobre o desenvolvimento físico, psicológico e social. De acordo com Zaniani e Boarini (2011) crianças que vivem em áreas marcadas por precariedade urbana — como ausência de saneamento básico, habitações inadequadas, escassez de áreas de lazer, baixa oferta de serviços educacionais e insegurança pública — tendem a enfrentar riscos ampliados que afetam não apenas a saúde física, mas o próprio processo de desenvolvimento social.

No contexto da gestão de riscos socioambientais, essa variável assume papel ainda mais importante. Crianças apresentam, em certa similaridade com o grupo de pessoas idosas, baixa autonomia física, dependem de cuidados intensivos e possuem maior suscetibilidade a doenças e impactos físicos decorrentes de eventos extremos. A figura 27 apresenta a distribuição espacial desse grupo social.

Figura 27: Distribuição espacial de crianças de 0 a 9 anos



Fonte: elaboração própria.

O número de crianças parece distribuir-se regularmente por todo o território. Entretanto, mais uma vez, o setor leste (região de Justinópolis) apresenta a maior concentração espacial da variável. Outras áreas das duas grandes regiões também apresentaram valores consideráveis do número de crianças, como pode ser observado no mapa acima.

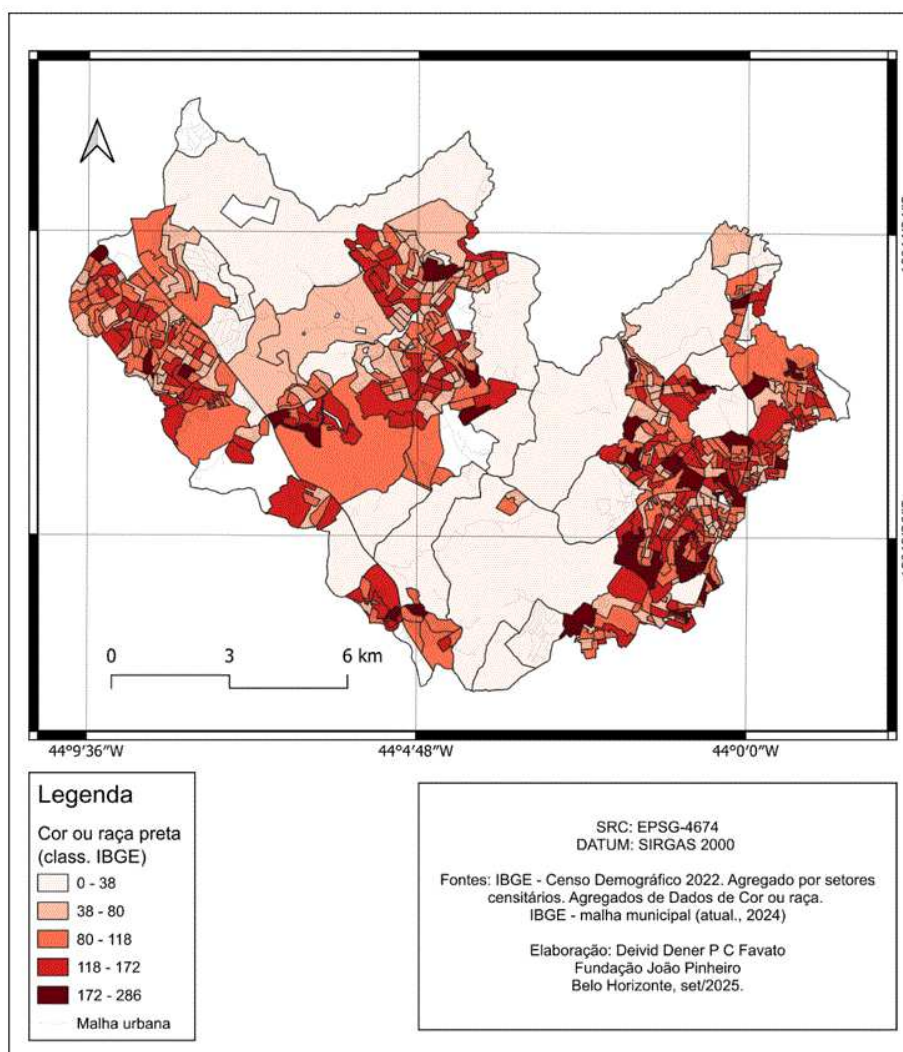
5.3.2.4 Variável V04

A variável V04 representa a população autodeclarada preta, de acordo com a classificação de raça/cor do IBGE. Trata-se de um dos marcadores sociodemográficos mais relevantes para a compreensão das desigualdades territoriais no Brasil, especialmente devido ao processo histórico do racismo e às persistentes dinâmicas

de exclusão espacial que moldam o acesso a direitos e serviços públicos no contexto brasileiro.

Em grande parte dos municípios brasileiros, as populações pretas vivem em regiões periféricas, morros e comunidades espalhadas em locais onde as infraestruturas urbanas são mais precarizadas em relação a outros territórios, como centros urbanos e bairros nobres. Só este fato já condiciona uma elevada condição de vulnerabilidade socioespacial dessas populações. Somado a isso, essas populações sofrem transversalmente, com condições desfavoráveis de renda econômica, acesso e permanência educacionais, acesso condições adequadas de cultura e lazer, tanto em âmbito público como privado, que acabam potencializando os efeitos da vulnerabilidade social. A figura 28 apresenta a distribuição espacial dessas populações através do território nevensense.

Figura 28: Distribuição espacial da população preta



Fonte: elaboração própria.

A distribuição de pessoas pretas concentra-se de modo predominante na região de Justinópolis, com o maior número de setores censitários com altas concentrações dessa variável. As regiões Central e Veneza possuem concentrações menores dessa população.

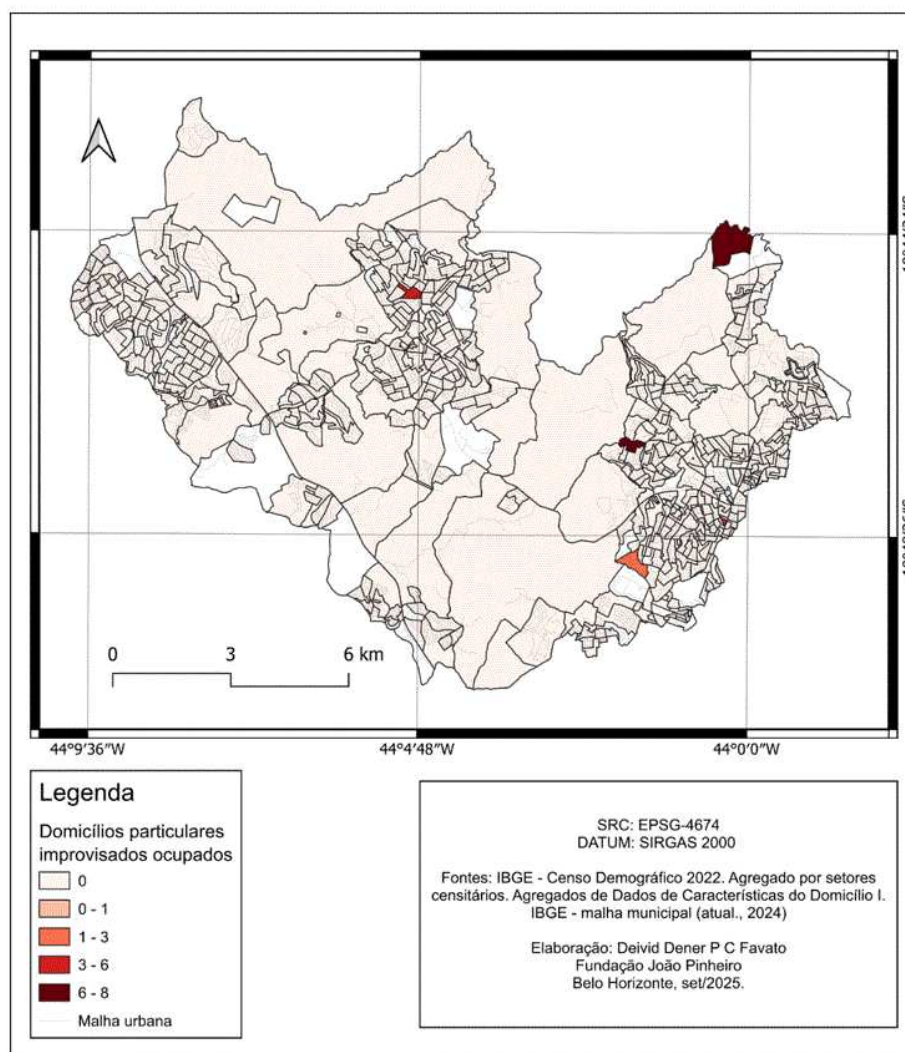
5.3.2.5 Variável V05

O IBGE, nesse último Censo, apresentou uma série de estatísticas interessantes a respeito de características domiciliares e de entorno dos domicílios. Tais atributos permitem qualificar ainda mais as análises sociais ao tornar mais rica e detalhada a verificação de condições materiais e de habitação em que as pessoas vivem.

Uma dessas estatísticas diz respeito à distribuição espacial de domicílios improvisados. São considerados domicílios improvisados unidades habitacionais não residenciais. Podem ser lojas, cômodos únicos, tendas, barracas, grutas, entre outros, que estavam servindo de moradia na data de referência e foram considerados domicílios particulares improvisados pelos recenseados (IBGE, 2010).

Não é preciso muitas explicações para considerar essa categoria crítica em relação à vulnerabilidade social. Condições inadequadas de moradia. A figura 29 apresenta a distribuição espacial dessa variável no território nevensense.

Figura 29: Distribuição espacial de domicílios improvisados ocupados



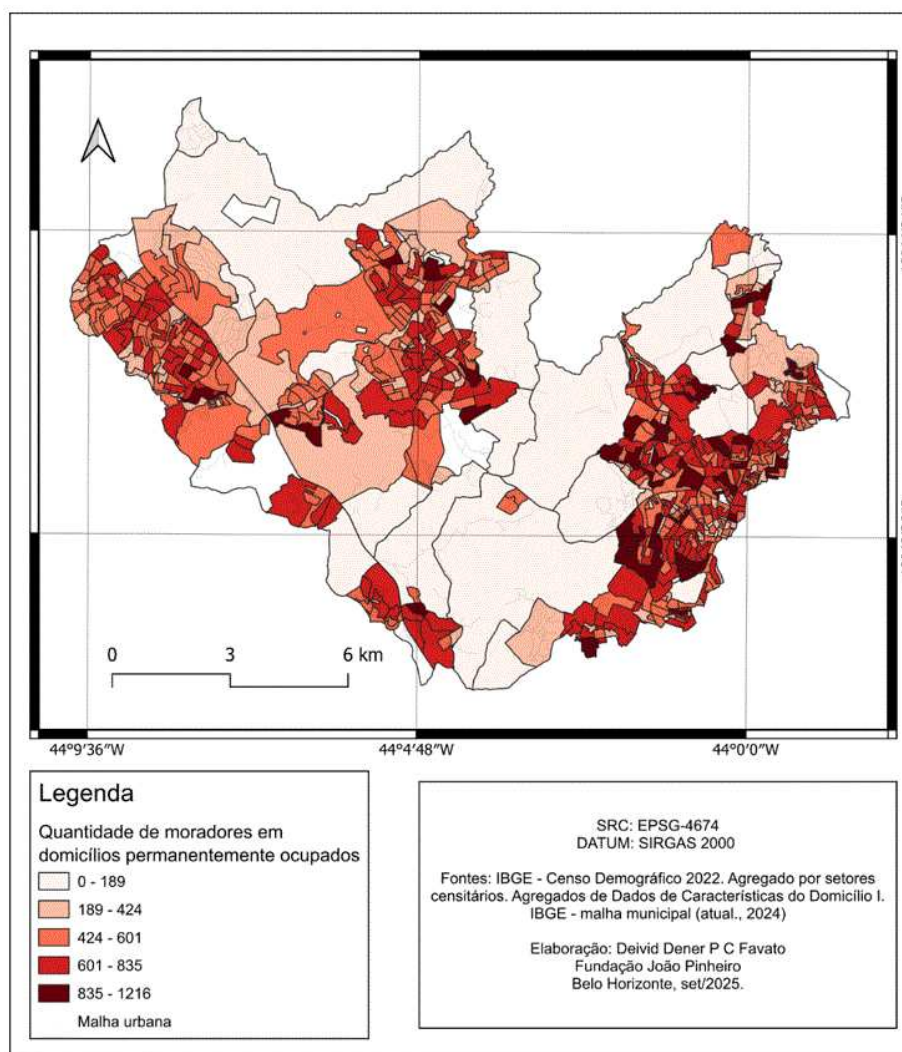
Fonte: elaboração própria.

Apesar de haver uma baixa concentração dessa variável em praticamente todo o município, nota-se que há duas áreas que se destacaram, ambas na região de Justinópolis. Há uma outra concentração na região Central.

5.3.2.6 Variável V06

A variável V06 representa o número de moradores por setor censitário. É uma variável clássica que pode ser interpretada como uma medida de densidade populacional. Ela relaciona-se profundamente com o risco de desastres na medida em que mais pessoas são direta e indiretamente afetadas em áreas mais densas. A figura 30 apresenta a distribuição espacial da população no município.

Figura 30: Distribuição espacial no número de moradores



Fonte: elaboração própria.

Como verificado anteriormente há três grandes concentrações populacionais no município, sendo a região de Justinópolis a mais densamente povoada. A segunda maior concentração de pessoas encontra-se na região Central, enquanto a região do Veneza é a menos densamente povoada.

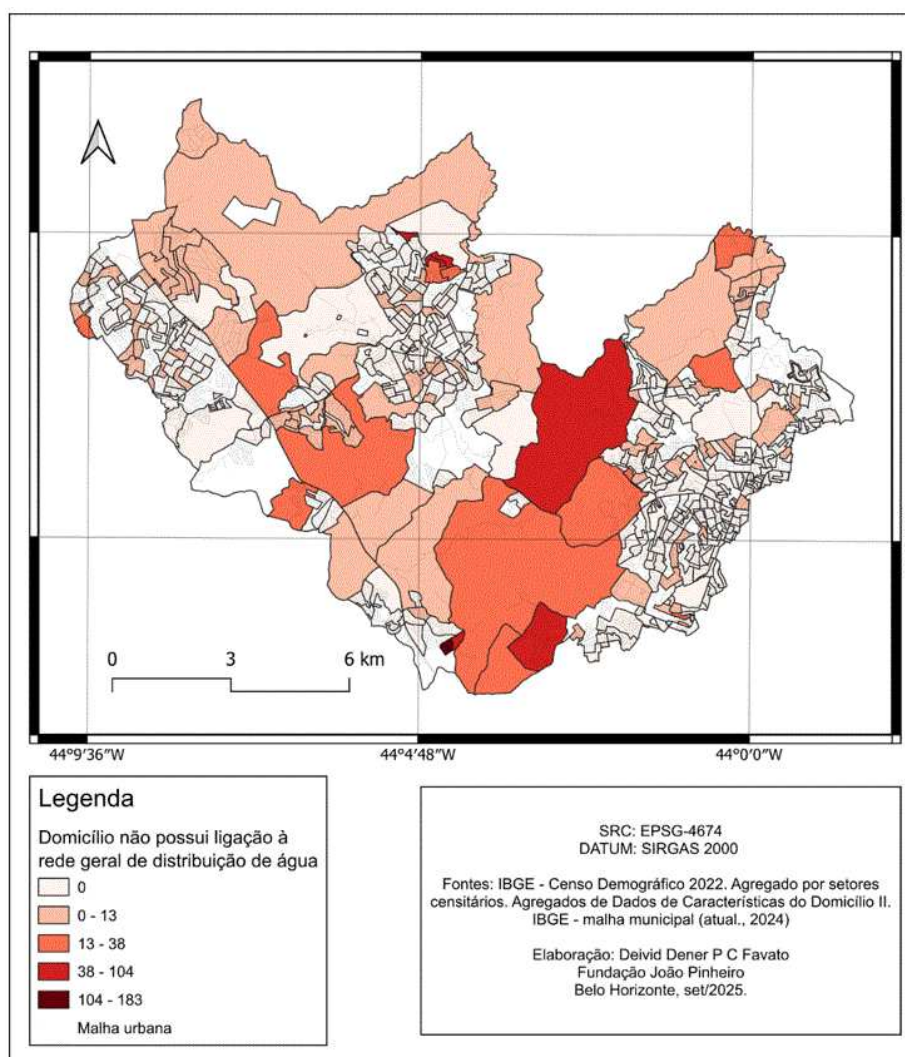
5.3.2.7 Variável V07

A variável V07 representa a distribuição espacial dos domicílios que não possuem ligação à rede geral de abastecimento de água, um dos indicadores mais críticos para a avaliação das desigualdades urbanas e da vulnerabilidade socioambiental. Domicílios sem ligação à rede de água são mais frequentes em áreas

de urbanização acelerada, loteamentos irregulares, periferias e áreas onde as condições de infraestrutura urbana não foram completamente estabelecidas.

No contexto dos riscos socioambientais, essa variável possui relevância adicional. Famílias com acesso precário à água tendem também a ocupar áreas expostas a processos erosivos, instabilidade de encostas ou ausência de drenagem adequada — problemas que, além de comprometerem a qualidade de vida, dificultam a resposta a eventos extremos. Assim constitui uma importante *proxy* de condições de vulnerabilidade social, juntamente com outras variáveis que captem tais infraestruturas. A figura 31 apresenta a distribuição espacial de domicílios sem acesso ou ligação a redes de água potável encanada.

Figura 31: Distribuição espacial de domicílios sem ligação com redes de água encanada



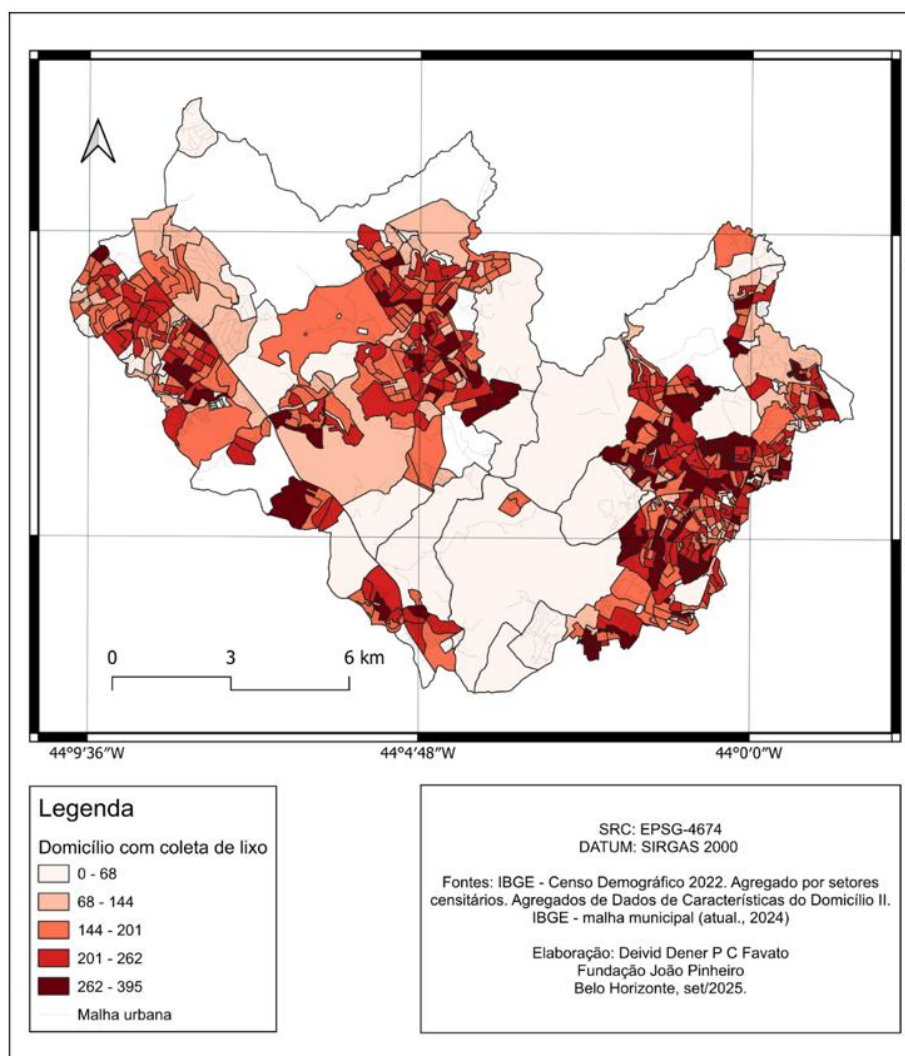
Fonte: elaboração própria.

Nota-se que as regiões de alta densidade de urbanização tem valores muito baixos para essa variável, denotando uma boa cobertura de redes de água encanada no perímetro urbano do município. As regiões mais críticas são aquelas de baixa densidade urbana, como áreas rurais ou periferias distantes, como as grandes áreas mais escuras destacadas no mapa acima.

5.3.2.8 Variável V08

A variável V08 representa a distribuição espacial da coleta de lixo no território, evidenciando o padrão de cobertura desse serviço urbano. No contexto da análise socioespacial, a coleta de resíduos sólidos é um indicador fundamental das condições de infraestrutura urbana e de saneamento básico, estando intimamente associada à saúde pública, à preservação ambiental e à qualidade de vida da população. Constitui, portanto uma outra *proxy* de observação das condições de vulnerabilidade de determinada área. Também pode evidenciar dificuldades de acesso de veículos especializados na coleta de resíduos, o que mostra características deficientes de infraestrutura urbana, no que tange a pavimentação de vias. A figura 32 apresenta a distribuição espacial da abrangência de coleta de lixo em Ribeirão das Neves.

Figura 32: Distribuição espacial da coleta de lixo



Fonte: elaboração própria.

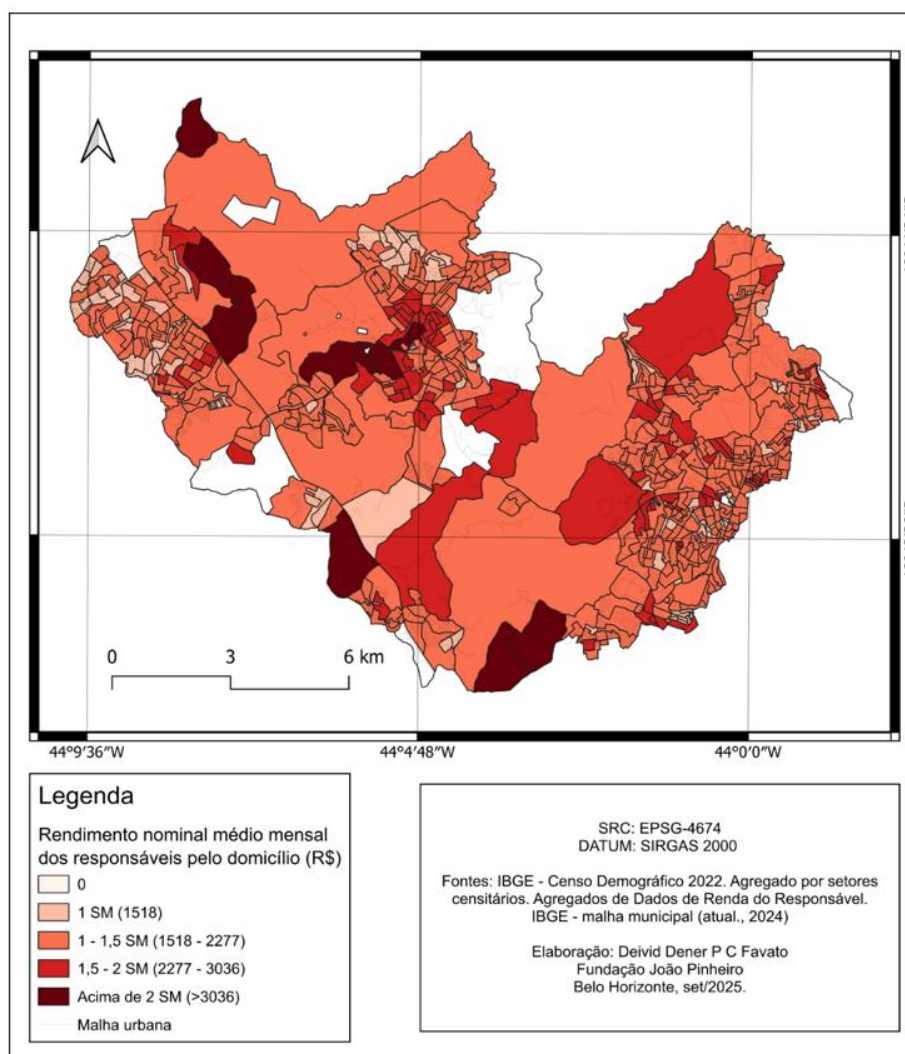
A coleta de lixo distribui-se pelo município como um todo, mas nota-se que há uma maior concentração espacial na região do Justinópolis. Em compensação, na região de Veneza, a mais distante, há uma concentração menor de coleta de lixo entre os setores censitários.

5.3.2.9 Variável V09

A variável V09 expressa a distribuição espacial da renda média da população, constituindo um dos indicadores mais relevantes para a compreensão das desigualdades socioeconômicas no território. A renda é um elemento estruturante das condições de vida, influenciando o acesso a bens, serviços. Assim, seu mapeamento

revela a forma como os recursos econômicos se distribuem no espaço urbano e como esta distribuição produz e aprofunda desigualdades.

Áreas com maior renda média em geral tendem a se concentrar em regiões dotadas de melhor infraestrutura urbana, equipamentos públicos de maior qualidade e maior presença de serviços privados — como comércio diversificado, saúde, educação e transporte. Consequentemente, exibem menor exposição aos fatores associados à vulnerabilidade socioambiental. Em contraste, zonas de baixa renda média revelam, em grande parte dos municípios brasileiros, territórios periféricos, marcados pela precariedade dos serviços urbanos essenciais, como saneamento, drenagem, coleta de lixo e acesso regular à água potável. Ao espacializar essa variável, é possível identificar a sua posição ante a territórios de maior ou menor vulnerabilidade, podendo-se observar a sobreposição (ou não) dessa condição ao padrão de distribuição da riqueza no município. A figura 33 a seguir mostra a espacialização dessa variável. A classificação, diferente das demais, não foi feita a partir de quebras naturais, mas a partir de estratos definidos pelo valor do salário mínimo nominal corrente no ano de 2025 (DIEESE, 2025). Esse valor é de R\$ 1518,00 e foi utilizado como referência para a demarcação de estratos por ser de assimilação, comparação e interpretação mais fácil.

Figura 33: Distribuição espacial da renda média populacional

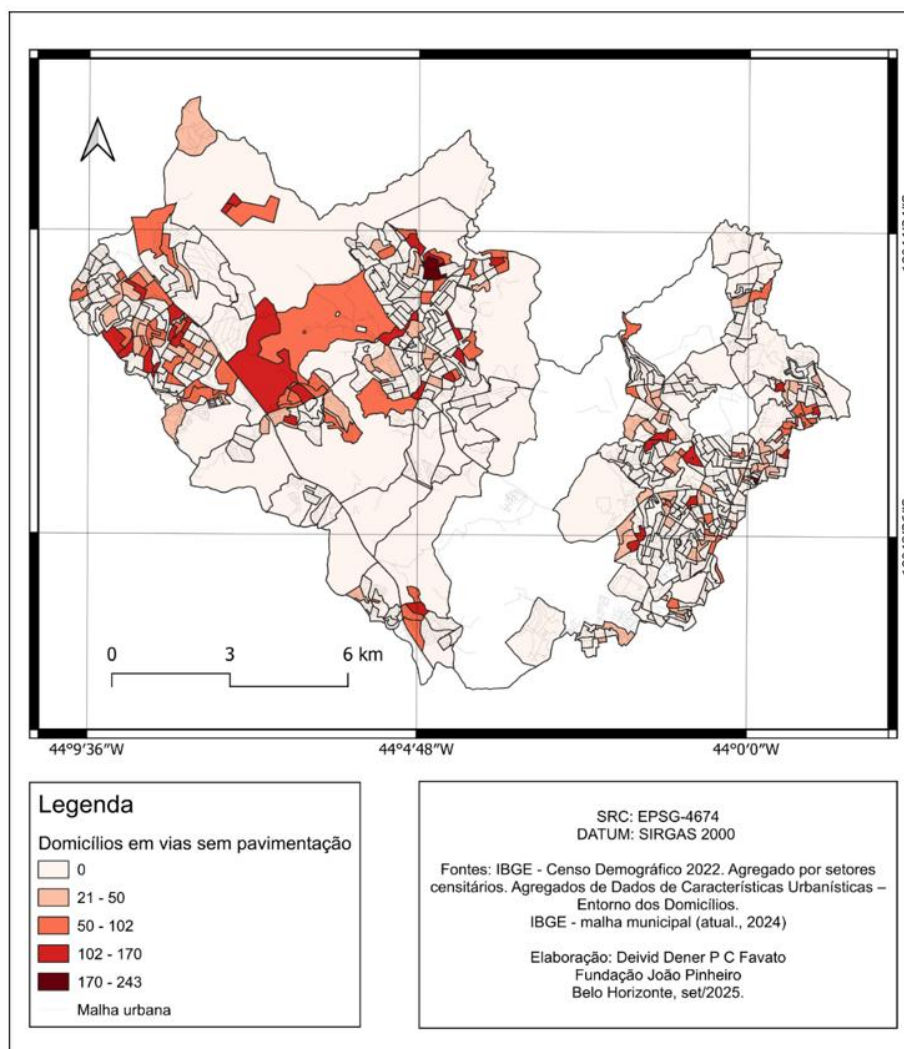
Fonte: elaboração própria.

Nota-se que a grande maioria do município tem renda que varia, em média de 1 a 1,5 salário mínimo. Existem algumas poucas regiões com renda igual ou superior a 2 salários mínimos, e ainda algumas regiões mais pobres que tem renda média inferior a um salário. Na região de Justinópolis, a maioria dos setores apresenta-se sob uma faixa de renda de 1 a 1,5 salário mínimo. Na região Central, a porção sul apresenta rendimentos melhores que o extremo norte, com um conjunto homogêneo de setores com rendimento médio de até 1 salário mínimo. Na região de Veneza também há uma quantidade considerável de setores nessa faixa de renda.

5.3.2.10 Variável V10

A variável V10 evidencia a distribuição espacial dos domicílios localizados em vias sem pavimentação, compondo um indicador crítico das condições de infraestrutura urbana. A pavimentação das vias é um elemento essencial para a mobilidade, o acesso a serviços públicos, a qualidade ambiental e a segurança da população. Portanto, sua ausência reflete desigualdades estruturais no território e está diretamente associada à precariedade urbana. A figura 34 apresenta a distribuição espacial dessa variável no município.

Figura 34: Distribuição espacial de domicílios em ruas sem pavimentação



Fonte: elaboração própria.

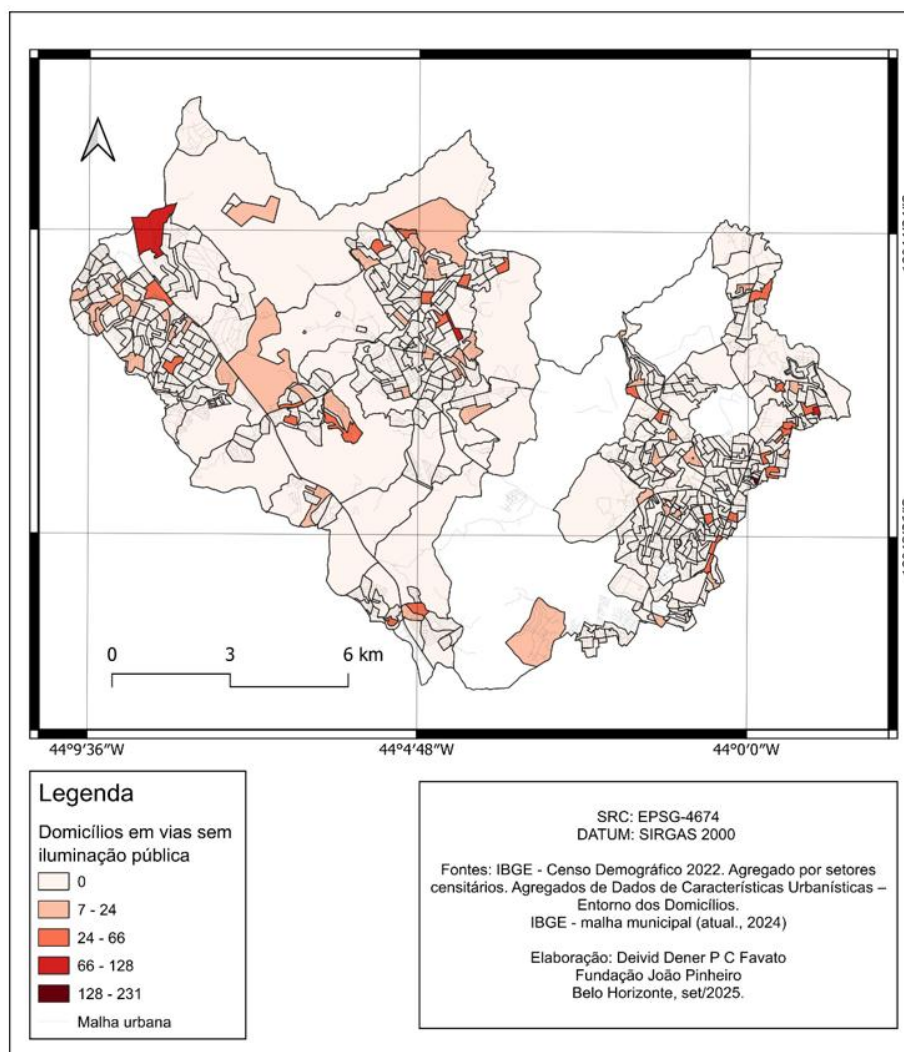
Existe uma concentração maior de domicílios em ruas não pavimentadas na região de Veneza, e em alguns locais ao norte da região Central. A região de

Justinópolis, apesar de se encontrar mais próxima aos setores urbanos de Belo Horizonte, ainda apresenta vias sem pavimentação em alguns pontos.

5.3.2.11 Variável V11

Fechando a série de variáveis sobre características de entorno de domicílios, e também a série sobre variáveis sociais, a variável V11 representa a distribuição espacial dos domicílios localizados em vias sem iluminação pública, sendo uma *proxy* relevante para a análise das condições de infraestrutura urbana, da segurança pública e da qualidade de vida. Territórios com alta concentração de vias sem iluminação normalmente correspondem a áreas periféricas, de urbanização precária ou irregular, e está normalmente associada às outras condições vistas anteriormente. A figura 35 mostra a distribuição espacial de domicílios em vias sem iluminação pública em Ribeirão das Neves.

Figura 35: Distribuição espacial de domicílios em vias sem iluminação pública



Fonte: elaboração própria.

De modo geral, existem poucas unidades que não são cobertas por iluminação pública. Entretanto, existem regiões em que a situação ainda é crítica do ponto de vista desse serviço público. Em todos os três grandes setores urbanos apresentam áreas onde há um elevado número de casas sem iluminação, com especial destaque para as regiões do mapa mais escuras.

Elencadas e descritas todas as variáveis, tanto ambientais quanto sociais, as operações espaciais foram feitas de modo a obter os mapeamentos sintéticos de suscetibilidade e de vulnerabilidade. Esses mapas serão cruzados para se obter as cartas finais de risco.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão discutidos os principais resultados da modelagem, os principais produtos obtidos e demais considerações a respeito do modelo metodológico utilizado. A modelagem espacial resultou em três mapas (cartas) parciais, sendo duas cartas de perigo (para deslizamentos/movimentos de massa e inundações/enchentes respectivamente) e uma de vulnerabilidade social. Depois, cada carta de perigo foi conjugada com a de vulnerabilidade para produzir os dois mapas sintéticos potenciais finais de risco socioambiental para cada um dos perigos.

6.1 Cartas de perigo de deslizamentos/movimentos de massa e enchentes/inundações

As cartas parciais de ponderação de subcritérios foram criadas, com cada classe de valores assumindo um grau correspondente à taxonomia geral. A ponderação dos subcritérios dos mapas de risco foi feita de forma distinta, de modo a enfatizar seus aspectos causais mais importantes no desenvolvimento de cada tipo de evento. Os valores das classes resultantes dessa ponderação para os subcritérios podem ser vistos no Apêndice A. Cada fator explicativo selecionado (figuras 10-16) foi convertido em um mapa ponderado, e os resultados dessa operação podem ser vistos nas figuras 36 – referente ao mapa de perigo de deslizamentos/movimentos de massa – e 37 – referente ao mapa de perigo de enchentes/inundações. Os critérios foram qualificados conforme a tabela de ponderação constante no Apêndice B.

Dessa forma, a partir da ponderação dos critérios com seus respectivos pesos obtidos pelo autovetor W , a seguinte equação de pesos foi obtida para a conjugação dos fatores de ordem de importância para o deslizamento:

$$U_{deslizamento} = (alt_ * 0,099) + (decliv_ * 0,327) + (ped_ * 0,058) + (defl_ * 0,155) + (pluv_ * 0,21) + (uso_ * 0,113) + (mora_ * 0,035) + \varepsilon_0$$

De forma análoga, a partir da ponderação dos critérios com seus respectivos pesos obtidos pelo autovetor W , a equação de pesos foi obtida para a conjugação dos fatores de ordem de importância para inundações:

$$U_{inundacao} = (alt_ * 0,094) + (decliv_ * 0,327) + (ped_ * 0,07) + (defl_ * 0,24) + (pluv_ * 0,404) + (uso_ * 0,09) + (mora_ * 0,033) + \varepsilon_0$$

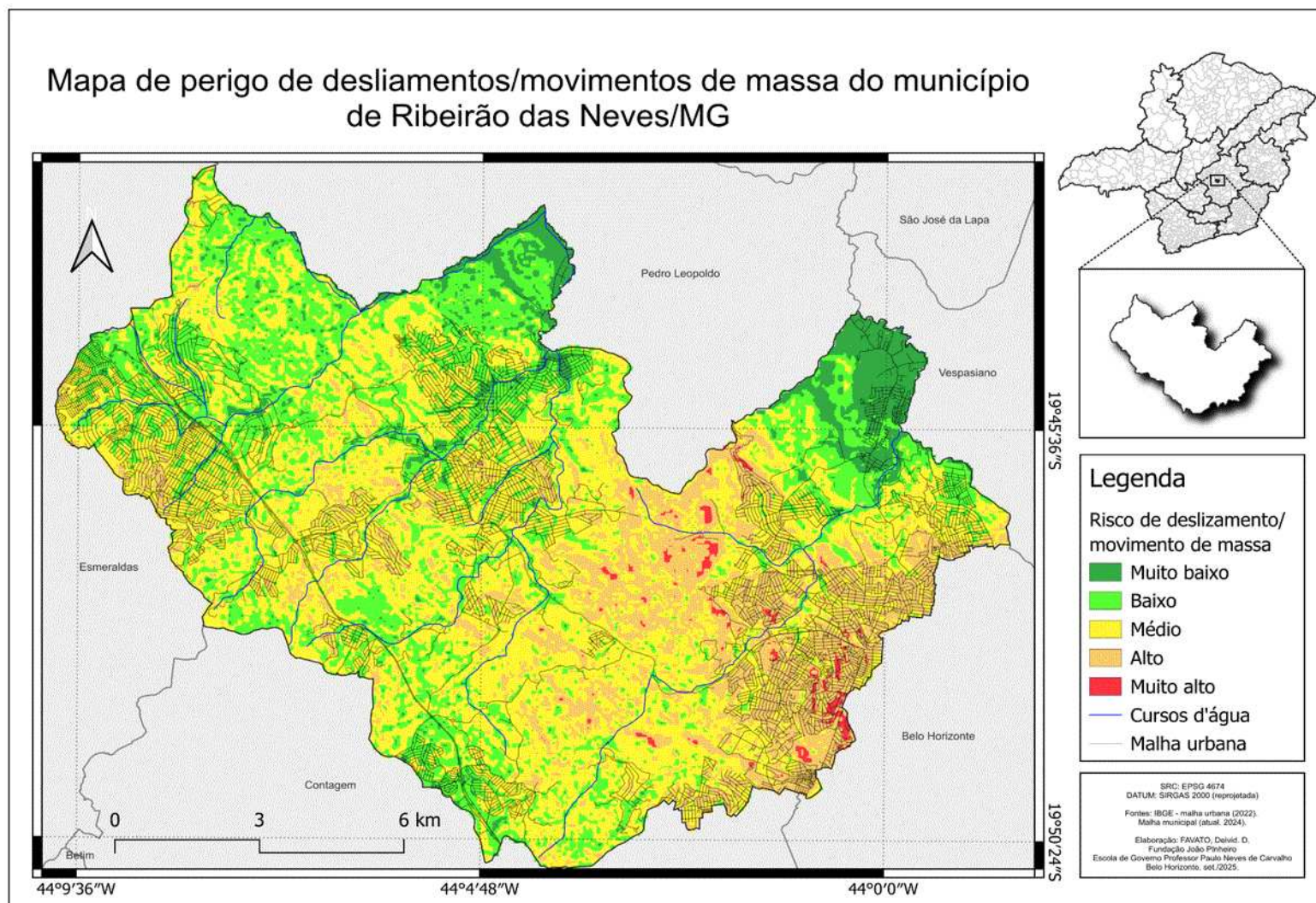
Os valores dos pesos, como dito anteriormente, foram obtidos pelas ponderações de critérios estabelecidas na etapa de processamento do algoritmo de análise multicritério. Diferentes pesos e julgamentos para cada um dos critérios resulta também em equações gerais diferentes, o que pode impactar decisivamente no produto final. Por isso, uma análise criteriosa dos fatores e de seus respectivos graus de importância para a consecução do objetivo final da análise é de suma importância.

Este fato também abre a possibilidade de se desenvolver vários modelos de mapeamento de acordo com o grau de importância de cada critério ao objetivo final. Outros modelos também podem ser desenvolvidos adicionando ou suprimindo fatores explicativos, o que pode aumentar ou diminuir a acurácia do mapeamento a depender dos critérios adotados.

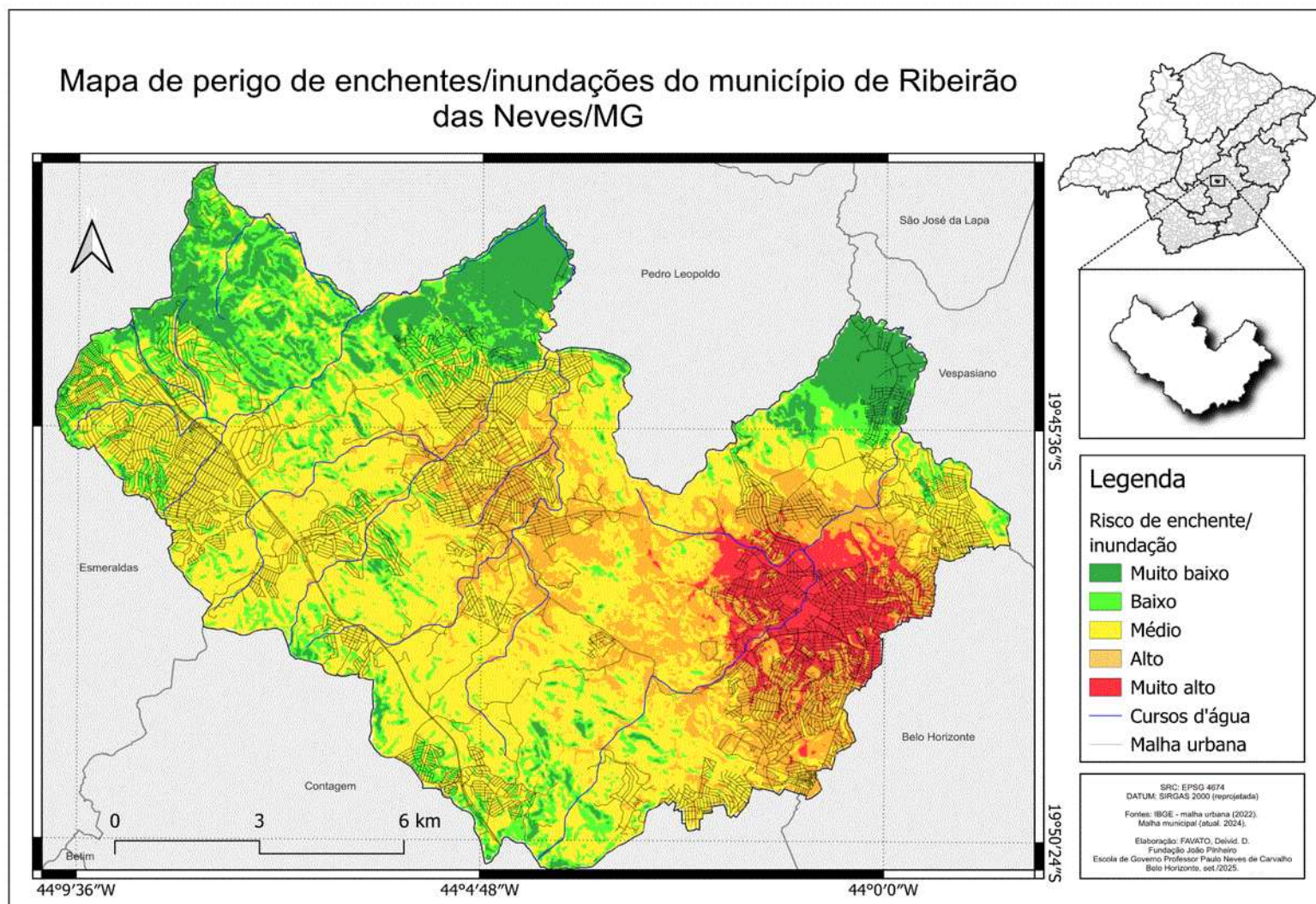
Tanto em relação ao perigo geológico quanto ao perigo hidrológico, a região de Justinópolis apresentou as maiores concentrações de áreas críticas. Para o perigo geológico, há uma faixa específica dentro da regional, de direção sudeste-noroeste, que concentra os pontos críticos (classificação muito-alto), que podem demandar especial atenção e monitoramento devido ao risco elevado. Na região também há vários pontos classificados como “alto”, fazendo da região, que é a mais densamente povoada do município, a mais perigosa quando se observam tais ponderações.

Em relação ao perigo hidrológico, foi observada uma grande mancha de concentração, também na região de Justinópolis, na confluência de dois córregos que cortam o local. É uma região que também demanda especial atenção pelo elevado risco de desastres relacionados às enchentes e inundações que, como será observado na figura 38, a partir de pontos de validação, assolam a região constantemente. A região Central também merece destaque com uma grande área classificada como “alto” no mapeamento. Cursos d’água passam pelo local potencializando o risco para esse tipo de evento. Nas figuras 36 e 37 a seguir são apresentados os mapeamentos de perigo.

Figura 36: Mapa de perigo geológico de Ribeirão das Neves



Fonte: elaboração própria.

Figura 37: Mapa de perigo hidrológico de Ribeirão das Neves

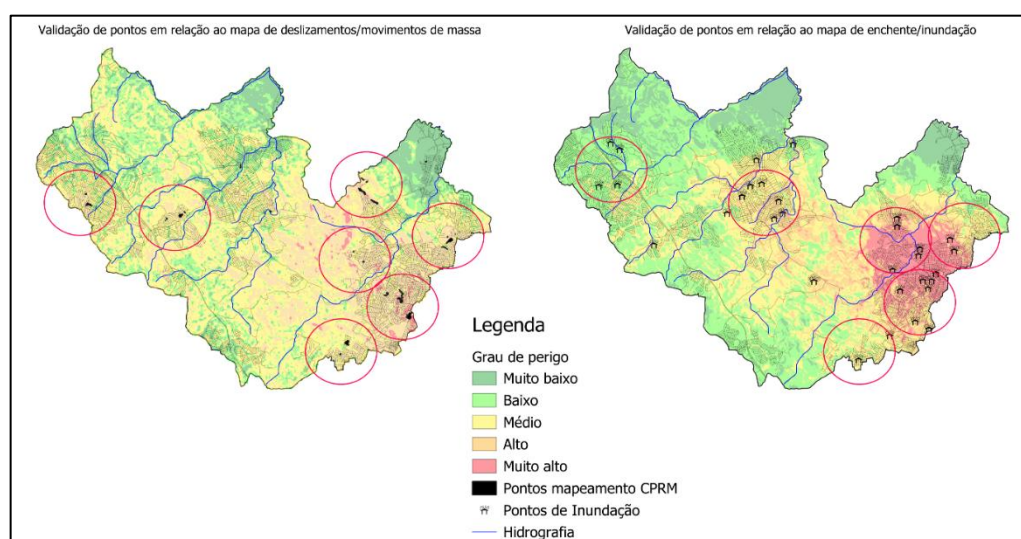
Fonte: elaboração própria.

A validação do modelo é uma etapa necessária no progresso analítico, para observar se as regiões do modelo preditivo se ajustam de alguma forma aos pontos verificados na realidade. Optou-se por realizar uma comparação em nível macroespacial, agrupando os pontos mapeados em regiões, procurando observar se elas coincidem de alguma forma com as regiões críticas rastreadas. Assim, pode ser observado o grau de aderência do modelo à realidade, bem como podem ser feitos posteriores ajustes e aprimoramentos ao modelo.

Em 2014, o CPRM realizou uma série de mapeamentos em áreas de risco em alguns municípios no Brasil, a partir de visitas de técnicos a essas áreas. Ribeirão das Neves foi uma das cidades mapeadas e à época foram verificados pontos de atenção nas áreas urbanas, com elevados graus de risco de ocorrência de movimentos de massa, erosões inundações e enchentes. A maioria dos pontos de atenção está relacionada a eventos geológicos, e eles foram sobrepostos no mapa de perigo para este tipo de ocorrência.

Para a validação de eventos hidrológicos, foram pesquisadas reportagens, em diferentes canais de comunicação online nos últimos dez anos a respeito de ocorrências no município. Os dados compilados das reportagens estão no Apêndice C. Eles também foram sobrepostos com o mapa de perigo de ocorrência de eventos hidrológicos. A figura 38 a seguir mostra a comparação macroespacial entre as zonas de perigo e os pontos mapeados *in loco*.

Figura 38: Comparação dos pontos amostrais com as áreas mapeadas



Fonte: elaboração própria.

Nota-se que houve uma grande correspondência entre os pontos relacionados a eventos geológicos e hidrológicos. Os pontos mapeados pelo CPRM, salienta-se mais uma vez, foram em sua grande maioria relacionados a esses processos. O importante notar é que houve coincidência entre os pontos quentes de potencial perigo para movimentos de massa e inundação com os pontos previamente mapeados.

Em relação aos eventos geológicos, os pontos críticos mapeados previamente coincidiram, de modo geral, com as áreas consideradas críticas no mapeamento realizado, com algumas exceções. Esses pontos são de potencial ou efetiva ocorrência de erosões, deslizamentos de terra, ravinamentos e coincidiram com a ocorrência de áreas consideradas de risco alto a muito alto para os mesmos tipos de evento. Quanto aos eventos hidrológicos, também houve aderência dos pontos verificados nos históricos de reportagens com o mapeamento realizado. Uma área, inserida na região de Veneza – na região noroeste – apresentou maior discrepância entre os dados mapeados e os observados.

6.2 Carta de vulnerabilidade

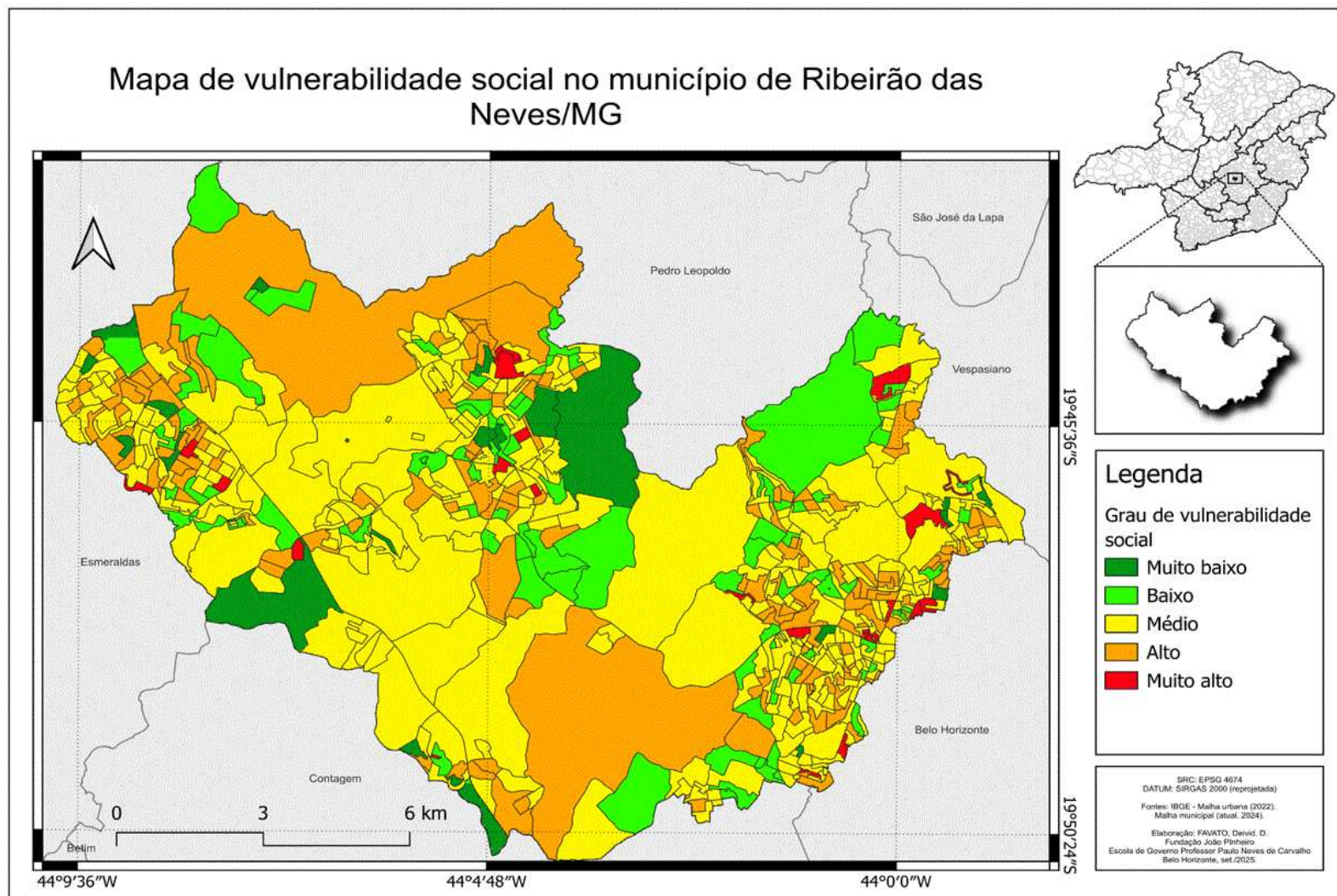
De maneira análoga, mas a partir de uma ponderação simples, por se tratarem de valores numéricos, os fatores sociais explicativos (figuras 25-35) foram conjugados para a confecção do mapa de vulnerabilidade social. Cada fator explicativo, após ser normalizado, foi ponderado a partir da equação geral de pesos (eq. 17) e como resultado gerou-se o mapa que pode ser visto na figura 39 adiante.

A equação ponderada de vulnerabilidade, pode ser visualizada a seguir:

$$U_{vuln} = (V01 * 0,09) + (V02 * 0,09) + (V03 * 0,09) + (V04 * 0,09) + (V05 * 0,09) + (V06 * 0,09) + (V07 * 0,09) + (V08 * 0,09) + (V09 * 0,09) + (V10 * 0,09) + (V11 * 0,09) + \varepsilon_0$$

A partir de tal configuração foi gerada a base espacial sintética de vulnerabilidade social, que pode ser visualizada na figura 39 a seguir:

Figura 39: Carta de vulnerabilidade social



Fonte: elaboração própria.

6.3 Mapas sintéticos de risco geológico e hidrológico

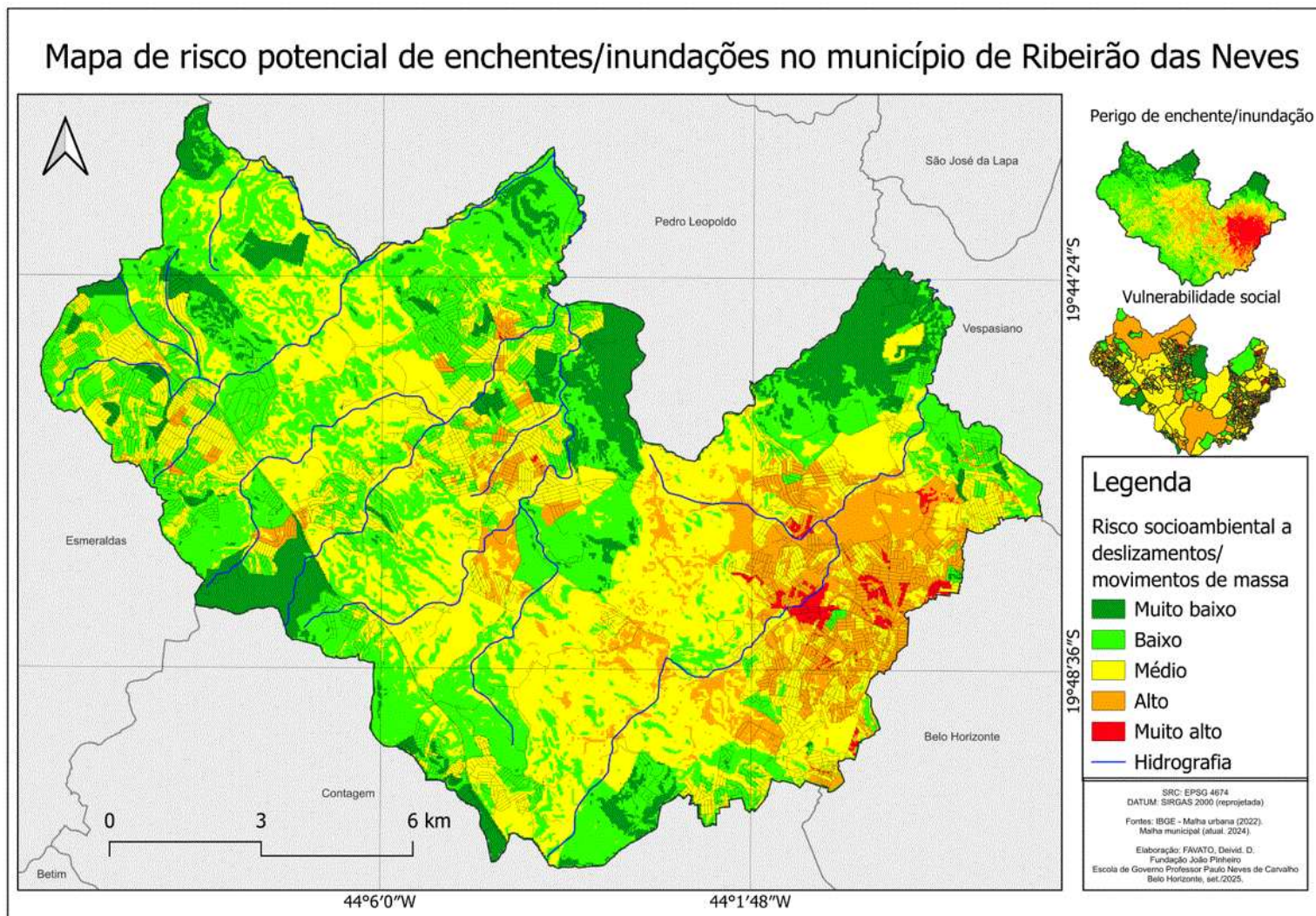
O último passo foi consolidar a união entre as cartas de perigo e a carta de vulnerabilidade, par a par. A partir da justaposição individual da base de perigo de cada processo à vulnerabilidade, foram gerados como resultado dois mapas gerais de risco socioambiental, para eventos geológicos e para eventos hidrológicos.

Nota-se que o mapa de riscos, como foi discutido anteriormente, não coincide com o mapa de perigo nem com o mapa de vulnerabilidade, mas opera como uma *síntese* dos dois, agregando dados valorados espacialmente de perigo e de vulnerabilidade. Dados críticos dos dois fatores tendem a potencializar o risco geral, o que pode fazer com que essas áreas sejam prioritárias nas ações de monitoramento, alerta e salvaguarda por parte da Defesa Civil, prefeitura e demais atores envolvidos.

Os processos de movimentos de massa apresentam menor recorrência em Ribeirão das Neves quando comparados com as inundações. Estas, constantemente ocorrem no território nevensense, levando famílias e comunidades a situações de desespero e fazendo com que o poder público incorra em decretações de situação de emergência ou calamidade pública, como pode ser comprovado no Apêndice III.

Pode-se observar, para o risco potencial de enchentes e inundações, que a região do Justinópolis concentra a maior parte das manchas críticas, de classificação igual a “muito alto”. Na região Central também há uma quantidade considerável de pontos de risco classificados como “alto”. Salieta-se que esses pontos de risco estão associados aos cursos d’água que cortam a região. Isso significa que a urbanização irregular do terreno, associada à ocupação das margens dos rios e córregos, desrespeitando os limites das margens de inundação e várzeas, faz com que suas águas, ao transbordarem em épocas de chuvas mais intensas, extravasem para as ruas e entorno urbanizado, atingindo casas, automóveis e o que mais estiver nos caminhos naturais de alagamento. A figura 40 a seguir apresenta o mapa sintético de risco associado a este tipo de evento.

Figura 40: Mapa síntese do risco socioambiental de enchentes/inundações



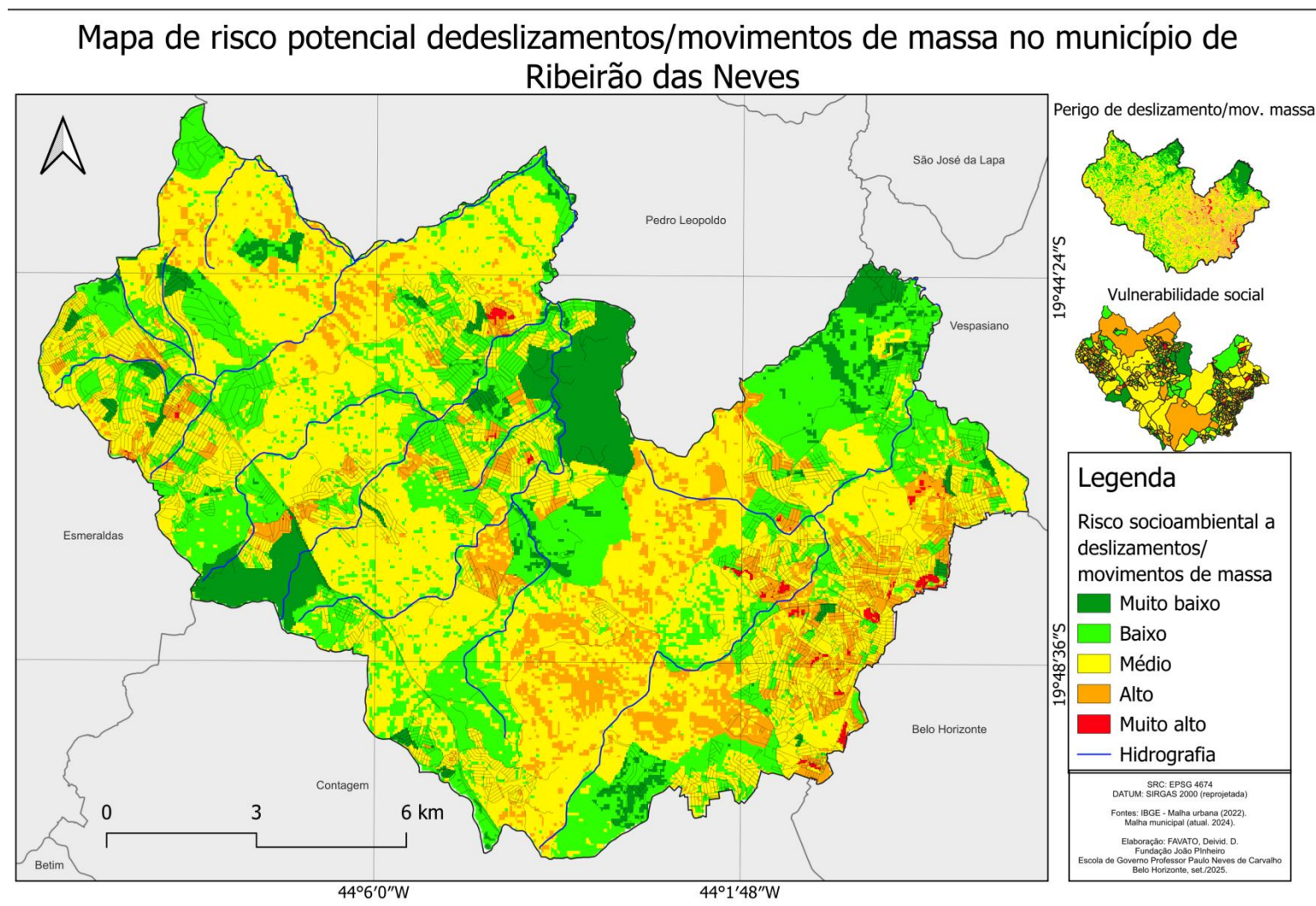
Fonte: elaboração própria.

Da mesma maneira, ao conjugar as características do mapa de vulnerabilidade social com as do mapa de perigo de deslizamentos/movimentos de massa, foi gerado o mapa sintético de riscos socioambientais referentes a essa categoria de evento. O mapa contém em si informações referentes às duas categorias de classificações espacializadas, permitindo observar qual área é mais crítica em relação aos fatores elencados.

Como dito anteriormente, a frequência de ocorrência deste tipo de evento é bem menor em relação aos eventos hidrológicos. As áreas críticas de suscetibilidade natural classificadas também são menores. Mas há a ocorrência de grandes áreas de suscetibilidade classificada como “média”, não demandando atenção especial imediata, mas podendo ensejar futuras preocupações quanto ao planejamento de ocupação e urbanização desses espaços.

A região de Justinópolis apresenta a maior concentração de pontos críticos (classificados como “muito alto”). A região de Veneza também apresenta alguns pontos de risco “alto” e “muito alto” que podem demandar espacial atenção. A figura 41 a seguir apresenta o mapa sintético de risco associado a este tipo de evento.

Figura 41: Mapa síntese do risco socioambiental de deslizamentos/movimentos de massa



Fonte: elaboração própria.

Assim, pode-se concluir que os mapeamentos realizados obtiveram algum grau de sucesso ao mapear os pontos críticos do município. A metodologia multicritério baseada na análise hierárquica e processos é bastante utilizada em estudos e pesquisas de mapeamentos de risco, e tem espaços que podem ser melhor aprimorados para permitir um aumento da eficácia dos mapeamentos realizados. De modo geral, o processo tem alguns pontos positivos e também pontos negativos que foram observados ao longo dessa jornada e merecem ser mencionados. O quadro 12 a seguir sintetiza esses pontos.

Quadro 12: Vantagens e desvantagens da metodologia AHP

Metodologia de Análise Hierárquica de Processos	
Vantagens	Desvantagens
Estruturação clara do problema, permitindo decompor fenômenos complexos em critérios e subcritérios compreensíveis.	Subjetividade na definição dos pesos, já que depende do julgamento dos especialistas nas comparações par a par.
Permite integração de diferentes tipos de dados, tanto quantitativos quanto qualitativos.	Dependência da qualidade dos especialistas: resultados podem variar conforme a experiência ou viés dos avaliadores.
Adequado para ambientes com múltiplos critérios, facilitando análises multicritério em SIG.	Resultados podem ser instáveis se pequenos ajustes nos pesos alterarem significativamente o mapa final.
Reconhecido na literatura de gestão ambiental, riscos, planejamento urbano e ordenamento territorial.	Complexidade crescente quando há muitos critérios, tornando as comparações par a par extensas.

Fonte: elaboração própria.

Por fim, cabe ressaltar, mais uma vez, que nenhum tipo de mapeamento opera de modo independente de outras validações das áreas de risco. Ele deve estar sempre em complemento com validações de campo, outras fontes de informação (reportagens, antecedentes locais) e com atualizações constantes, de modo a se ter um produto sempre com as informações mais recentes e mais relevantes para um correto e preciso diagnóstico dos problemas a serem enfrentados pelo poder público na busca por soluções e por ações de redução de danos e estruturação da normalidade e da mínima dignidade às pessoas que, por infortúnio do destino, forem vítimas de desastres socioambientais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho procurou desenvolver-se a no âmbito das discussões sobre o meio ambiente, os desastres socioambientais e o papel do Estado como promotor de políticas públicas que assegurem a salvaguarda das populações e a minimização de danos decorrentes de eventos extremos. O Brasil, como um país de dimensões continentais, com topografia e clima diversos, além de uma população vulnerável socialmente, emerge como um palco potencial e efetivo para eventos que geram como consequência grandes danos pessoais e materiais, como vários exemplos que foram dados e que no momento presente continuam a preocupar milhões de pessoas em território nacional.

Em Minas Gerais a situação se reproduz. Com um relevo acidentado, grande quantidade de rios e cursos d'água, além de altos regimes pluviométricos, o estado tem elevado potencial de suscetibilidade a eventos naturais. Aliado a isso, uma parcela considerável de sua população encontra-se em condições de vulnerabilidade social moderada, alta e muito alta, e grande parte dessas pessoas vivem em áreas de alta suscetibilidade, o que aumenta a exposição desses grupos, e conseqüentemente, o risco associado.

Um dos objetivos desse trabalho foi justamente delinear esses conceitos para a estruturação do risco como uma conjunção de fatores, tanto de origem natural, como também de origem social. O risco não é completo quando se leva em conta somente fatores naturais, sem a presença humana em áreas suscetíveis. As cidades crescem de forma não planejada e a população de baixa renda, muitas vezes, é relegada a áreas da cidade que podem apresentar maior risco de inundação ou movimento de massa. Assim, os eventos atingem pessoas e grupos sociais de maneiras distintas, bem como são distintas as resiliências e capacidades de superação e readaptação dessas pessoas aos desastres que as atingem. Por isso é importante a atuação do Estado, tanto em âmbito federal, quanto governos estaduais e prefeituras, como promotores de políticas públicas tanto preventivas, quanto reativas, frente aos desastres que ocorram nos locais.

Um importante instrumento de políticas públicas que o Estado pode desenvolver nesse aspecto, e que foi objeto da presente pesquisa é o mapeamento de áreas de risco. Apesar de suas possibilidades e limitações, que serão vistas mais adiante, o mapeamento constitui uma ferramenta essencial no planejamento

geral de ações de prevenção e de resposta a desastres e atendimento célere às vítimas.

Em relação às capacidades estatais no âmbito da Gestão de Riscos e Gerenciamento de Desastres, notou-se que tem sido desenvolvidas iniciativas para o combate aos desastres socioambientais. As recentes discussões sobre a pauta climática têm colocado o tema em evidência, e legislações tem sido feitas procurando estabelecer diretrizes de organização institucional e ações para o enfrentamento das mudanças climáticas e de seus efeitos sobre a sociedade.

Entretanto, ainda faltam lacunas a preencher quando são referidas as capacidades técnicas e as capacidades financeiras. Nota-se, principalmente em âmbito municipal, graves dificuldades de estruturação de equipes capacitadas, centros de monitoramento e estudos, e financiamento de ações de forma contínua e perene. As competências desses entes foram elencadas pela PNPDEC, mas ainda são vistos entraves no cumprimento pleno dessas atribuições, ainda mais quando se considera a realidade dos municípios brasileiros, em sua grande maioria pequenos, altamente dependentes financeiramente de repasses e transferências interfederativas, com pouca autonomia decisória e baixa capacidade de financiamento de políticas públicas de caráter discricionário.

Em relação às políticas específicas de GRD e Defesa Civil, nota-se que as ações são muito concentradas nas esferas reativas, focadas em resposta e recuperação de áreas em momentos pós desastre. Ainda é baixa a mobilização no âmbito de ações preventivas, em áreas como o monitoramento e estudos de mapeamento de áreas de risco potencial.

O presente trabalho se insere nesse contexto. O intuito foi procurar uma metodologia de análise e mapeamento que fosse ao mesmo tempo eficaz no rastreamento de áreas de risco e funcional. Não existe uma metodologia única ou estabelecida como definitiva nos estudos de mapeamento, podendo ser aplicada uma gama de técnicas a depender das condições, contextos e objetivos da análise. Estudos recentes têm utilizado com frequência a metodologia multicritério AHP como ferramenta na modelagem de sistemas ambientais, por sua usabilidade e possibilidade de se mesclar critérios objetivos e subjetivos de análise. As vantagens e desvantagens desse método foram expostas no capítulo anterior e servem como parâmetro de aprendizado e aperfeiçoamento da técnica.

O município de Ribeirão das Neves foi escolhido para o presente estudo. Apesar de ter áreas de perigo mapeadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, é um município com uma miscelânea de dados e informações que permitem aplicar as metodologias de mapeamento de forma a obter resultados mais visíveis e diferenciáveis. Além disso, tem sofrido, ano após ano, com desastres provocados pelas chuvas, causando danos e prejuízos às pessoas e ao poder público.

O mapeamento, a partir da metodologia adotada, se mostrou promissora e eficiente no tratamento espacial de dados e previsão de áreas de risco potencial. Os parâmetros podem ser modificados para apurar o resultado final. Ressalta-se, entretanto, que ele não pode ser visto como um fim último, nem como única técnica de reconhecimento dos locais, devendo ser usado como um instrumento complementar de análise dessas áreas e subsídio para o planejamento de políticas públicas de GRD.

Logicamente, por forças maiores de tempo e escopo do estudo, muitas questões ficaram de fora do estudo, mas podem servir de incentivo e pontos de partida para pesquisas futuras. Como limitações, a falta de dados mais atualizados de algumas variáveis não possibilitou a produção de um mapeamento mais atualizado e preciso. A complexidade das análises também é diretamente proporcional à quantidade de variáveis elencadas para a composição do problema. O número de especialistas ouvidos deve ser destacado. Trabalhos posteriores podem dispor de uma equipe maior de profissionais, podendo analisar os critérios e julgá-los de maneira mais criteriosa. Também não foi possível, pelo tempo exíguo para a execução do trabalho, concomitante com outros compromissos, uma análise mais aprofundada das áreas de risco, com uma descrição mais detalhada do número de pessoas nessas áreas e das condições gerais das áreas a partir de visitas de campo. Como o estudo foi focado no desenvolvimento e exploração da metodologia, não foi possível desenvolver um exame complementar mais robusto.

Essas limitações são o caminho de abertura de novas possibilidades de estudos. Estudos futuros podem aprofundar a análise dessas áreas e inclusive propor ações específicas aos contextos locais, sempre em caráter multissetorial. A técnica também pode ser expandida para a averiguação da totalidade dos municípios, não apenas aqueles considerados críticos, desde que haja disponibilidade de dados em quantidade e qualidade suficientes para uma cobertura analítica que possa descrever em minúcias a situação desses territórios.

REFERÊNCIAS

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

ALVES, H. P F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *In R. Bras. Est. Pop.*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.

ANA. **As enchentes no Rio Grande do Sul: lições, desafios e caminhos para um futuro resiliente** / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. – Brasília: ANA, 2025. 57 p.: il.

BASTOS, V. P.; DUTRA, A. S.; REGALADO, R. T. Questões socioambientais, desastres e suas consequências no século XXI / Valéria Pereira Bastos, Adriana Soares Dutra e Rafael Trueba Regalado. – *In O Social em Questão* - Ano XXIII - nº 48, p. 9-22, set-dez, 2020. ISSN: 2238-9091 (Online).

BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade** / Ulrich Beck. Tradução de Sebastião Nascimento. - São Paulo: Ed. 34, 2010. 384 p.

BLAUDT, L. M.; ALVARENGA, T. W.; GARIN, Y. Desastre ocorrido em Petrópolis no verão de 2022: aspectos gerais e dados da Defesa Civil. *In São Paulo, UNESP, Geociências*, v. 41, n. 4, p. 59 - 71, 2023.

BODSTEIN, A.; LIMA, V. V. A.; BARROS, A. M. A. A vulnerabilidade do idoso em situações de desastres: necessidade de uma política de resiliência eficaz. *In Ambiente & Sociedade*, São Paulo v. XVII, n. 2, p. 157-174, abr.-jun. 2014.

BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. *In São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 1, p. 81-95, jan./mar. 2006.

BRASIL. **Atualização dos critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais.** - Anexo II da Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR (4627280), 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. – Portal Câmara dos Deputados. Disponível em <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2001/lei-10257-10-julho-2001-327901-normaatuizada-pl.pdf>.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza

a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 11 abr. 2012.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Como se organiza a Defesa Civil no Brasil**. Publicado em 22/06/2021. Atualizado em 30/08/2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/defesa-civil/como-se-organiza>.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil. PN-PDC 2025-2035 [recurso eletrônico]** / Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil; elaboração: Adriana Leiras ... [et al]. – Brasília: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MIDR, 2023

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Prevenção e Preparação. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base** / Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. – 1ª ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/M%C3%B3dulo%20/Gest%C3%A3o%20de%20Risco%20-%20Livro%20Base.pdf>.

BRASIL. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (Estratégia de Gestão de Risco de Desastres)**. – Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016 / Ministério do Meio Ambiente. --. Brasília: MMA, 2016. 2 v.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação** / Ed. e org.: Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, Antônio Miguel Vieira Monteiro. – Vol. 1, 226p. São José dos Campos: INPE, 2001.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. dos. Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. In **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 397-416, maio/ago 2020.

CARDOSO, Cristiane; SILVA, Michele Souza da; GUERRA, Antônio José Teixeira (organizadores). **Geografia e os riscos socioambientais**. – 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. 226 p.

CASTRO, A. C. Políticas de Inovação e Capacidades Estatais comparadas: Brasil, China e Argentina. In: GOMIDE, Alexandre de Ávila; BOSCHI, Renato Raul (org.). **Capacidades Estatais em países emergentes: o Brasil em perspectiva comparada**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. p. 137-170.

CEMADEN. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres** (Cobrade). Cemaden Educação, 2017. Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/midiaca/classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres-cobrade/>.

CEPED - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (Org. Rafael Schadeck). **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019** / Banco Mundial. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. 2. ed. Florianópolis, SC: FAPEU, 2020. Disponível em: https://ftp.ceped.ufsc.br/danos_e_prejuizos_versao_em_revisao.pdf.

CEPED/UFSC. **Capacitação em Proteção e Defesa Civil. Curso 4. Proteção e Defesa Civil: Gestão de Desastre.** – 1ª ed. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2022. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/8398>.

CNM. **Panorama dos desastres no Brasil.** – Confederação Nacional dos Municípios. Brasília: mai./2024.

COSTA, T. R; COSTA, T. R. Caracterização da ferramenta da qualidade PDCA: uma pesquisa bibliográfica. *In Revista Foco.* – Curitiba (PR), v.17, n.5, e5188, p.01-12, 2024.

COUTINHO, M. P. *et al.* Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. *In Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 7(3), 383-396, set./dez, 2015.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.

DIEESE. **Apesar dos avanços, desigualdade racial de rendimentos persiste** / Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. – Boletim Especial – Dia da Consciência Negra, nov./2024.

DIEESE. **Salário mínimo de R\$ 1.518,00 em 2025.** Nota técnica. – Número 283, 1ª versão divulgada em 02/01/2025. Depto. Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos, 2025.

DOTTO, Antônio Von Ende; GABERTI, Marinéli Moraes; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. **Aplicação do Processo Hierárquico Analítico (AHP) para o Mapeamento de Suscetibilidade ao Voçorocamento no município de Capão do Cipó – RS/Brasil.** *In Confins* [online], 60 | 2023. <https://doi.org/10.4000/confins.53318>

DRACHLER, M. L. *et al.* Desenvolvimento e validação de um índice de vulnerabilidade social aplicado a políticas públicas do SUS. *In Ciência & Saúde Coletiva*, 19(9):3849-3858, 2014.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 5ª ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

ENAP. **Introdução à gestão de processos: ferramentas para gestão de processos.** – Escola Nacional de Administração Pública – ENAP: Brasília, DF, 2016.

FARIA D. G. M. *et al.* Aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) no mapeamento de risco associado a escorregamentos no município de São José dos Campos/SP. – *In Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, No 68/9, p. 1721-1735, Out/2016.

FAVATO, D. D. RIBEIRO, C. G. ARAÚJO, J. H. A. Os municípios mineiros e os desastres socioambientais: uma proposta de atividade imersiva para auxiliar no enfrentamento de desastres pelo poder público municipal. In CNP (org.). **Desastres Socioambientais e Mudanças Climáticas: aspectos doutrinários**. - Conselho Nacional do Ministério Público. - 2. ed. - Brasília: CNMP, 2024. 778 p. il.

FERENTZ, L.; GARCIAS, C. A capacidade do Estado frente a gestão de riscos e desastres após a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/2012). **Revista Brasileira de Políticas Públicas**. 10. 10.5102/rbpp.v10i1., 2020.

FERREIRA, A. B. R. **Geotecnologias e métodos de representação espacial no estudo de áreas de risco de inundação e movimento de massa: análise integrada de São João del-Rei/MG (Brasil)**. - Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2023. 254p.: il., tabs., fotos, mapas.

FJP. Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS). Fundação João Pinheiro. Disponível em: <https://imrs.fjp.mg.gov.br/NovoPerfil?id=637>.

FJP. **Protocolo de enfrentamento de desastres naturais para municípios de Minas Gerais**. – Fundação João Pinheiro, 53p. Belo Horizonte: FJP, 2022.

FREITAS, C. M. et al. Vulnerabilidade socioambiental: desastres naturais e saúde pública. *In* **Ciência & Saúde Coletiva**, n 17(6): p.1577-1586, 2012.

FREITAS, R. C. M. A construção de uma agenda para as questões de gênero, desastres socioambientais e desenvolvimento. *In* **Revista Estudos Feministas**, Florianópolis, 16(3): 336, set.-dez./2010.

GANTUS-OLIVEIRA, T. Vulnerabilidade de gênero e raça e os desastres socionaturais. *In* **Revista Estudos Feministas**, Florianópolis, v. 32, n. 1, e92823, 2024.

GEVEHR, D. L.; BERTI, F. Gentrificação: uma discussão conceitual. *In* **Políticas Públicas & Cidades**, vol. 5 (1), julho 2017.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. In **REGNE**, Vol. 4, nº Especial, 2018.

GOMIDE, A.; MARENCO, A. **Capacidades estatais: avanços e tendências** / org.: Alexandre Gomide e André Marenco. - Brasília: Enap, 2024. 99 p. -- (Cadernos Enap, 133).

GONÇALVES, D. A. C. **Avaliação da aplicabilidade de diferentes geotecnologias e ferramentas associadas em análises urbanísticas de assentamentos informais e adjacências na cidade de Belo Horizonte e no Distrito Federal**. – Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências – IGC/UFMG. – Belo Horizonte, 2022. 99f.

GRISA, C. *et al.* Capacidades estatais para o desenvolvimento rural no Brasil: análise das políticas públicas para a agricultura familiar. *In Soc. e Cult.*, Goiânia, v. 20, n. 1, p. 13-38, jan./jun. 2017.

GUERRA, F. C. **Mapeamento das áreas de vulnerabilidades socioambientais aos riscos hidrológicos: inundações em Bragança Paulista/SP**. 136f. Dissertação [mestrado em Geografia] - Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Universidade Estadual Paulista/UNESP- Campus de Rio Claro/SP, 2020.

HARGREAVES-WESTENBERGER, L.; FUNARI, A. P. Meio ambiente e a (re)produção das desigualdades sociais nas metrópoles brasileiras. – *In* COSTA, Marco Aurélio (org). **50 anos de regiões metropolitanas no Brasil e a política nacional de desenvolvimento urbano: no cenário de adaptação das cidades às mudanças climáticas e à transição digital** / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, v. 6, Brasília, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-068-4/capitulo14>.

IBGE. **Glossário do Censo Demográfico de 2010**. – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Panorama do Censo Demográfico de 2010 (Portal online). Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/materiais/guia-do-censo/glossario.html>.

IBGE. **Perfil municipal: Ribeirão das Neves**. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ribeirao-das-neves/historico>.

IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras** / editores: Marco Aurélio Costa, Bárbara Oliveira Marguti. – Brasília: IPEA, 2015. 240 p.: gráfs., mapas color.

LASSANCE, A. Federalismo no Brasil: trajetória institucional e alternativas para um novo patamar de construção do Estado. *In* **Federalismo à brasileira: questões para discussão** / Org.: Paulo de Tarso Frazão Linhares, Constantino Cronemberger Mendes, Antônio Lassance. – Brasília: Ipea, 2012. v. 8 (249 p.): gráfs., mapas, tabs. (Diálogos para o Desenvolvimento).

LIMA, E. M.; COSTA, J. H. Autonomia municipal: uma análise contemporânea. *In* **Revista da AGU**, Brasília-DF, v. 18, n. 02. p.107-128, abr./jun. 2019.

LIMA, I. O.; PORTO, C. B. Implementação do ciclo PDCA e ferramentas da qualidade na gerência de manutenção de uma empresa de saneamento básico. *In* **Revista Produção** - Online. Florianópolis, SC, v. 25, n. 2, e-5413, 2025.

LIRA, J. T. C. O urbanismo e o seu outro: raça, cultura e cidade no Brasil (1920-1945). *In* **R. B. Estudos Urbanos e Regionais**, nº 1, p. 47-78, maio/1999.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. *In* **Revista Brasileira De Estudos De População**, n 22(1), p. 29–53, 2005.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações**

climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI / José A. Marengo – Brasília: MMA, 2007. 2a edição. 212 p.: il. color; 21 cm. (Série Biodiversidade, v. 26)

MATA-LIMA, H. *et al.* Impactos dos desastres naturais nos sistemas ambiental e socioeconômico: o que faz a diferença? / Herlander Mata-Lima, Andreilcy Alvino-Borba, Adilson Pinheiro, Abel Mata-Lima, José Antônio Almeida. – *In Ambiente & Sociedade*, São Paulo v. XVI, n. 3, p. 45-64, jul.-set, 2013.

MEDEIROS, C. N. **Mapeamento da vulnerabilidade socioambiental utilizando ferramentas de geoprocessamento.** – Texto para discussão n 126 / Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) / Fortaleza – Ceará: Ipece, 2018.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.095, de 18/12/2020.** Regulamenta a estrutura orgânica, a competência e a composição das Unidades Regionais de Defesa Civil, previstas no § 3º do art. 56 da Lei nº 23.304, de 30 de maio de 2019. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48095/2020/>.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.095/2020.** Regulamenta a estrutura orgânica, a competência e a composição das Unidades Regionais de Defesa Civil, previstas no § 3º do art. 56 da Lei nº 23.304, de 30 de maio de 2019. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48095/2020/>.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.710/2023.** Dispõe sobre a organização do Gabinete Militar do Governador. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48710/2023/>.

MINAS GERAIS. **Lei nº 15.660, de 06/07/2005.** Institui a política estadual de prevenção e combate a desastres decorrentes de chuvas intensas e dá outras providências. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/15660/2005/>.

MINAS GERAIS. **Lei nº 21.080, de 27/12/2013.** Dispõe sobre ações de proteção e defesa civil no Estado. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/21080/2013/>.

MINAS GERAIS. **Lei nº 7.157, de 07/12/1977.** Dispõe sobre a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, cria o Fundo Especial para Calamidade Pública – FUNECAP e dá outras providências. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/7157/1977/>.

MINAS GERAIS. **Lei Orçamentária Anual 2018.** – Volume V: quadros de detalhamento de despesa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/236/772/1236772.pdf>.

MINAS GERAIS. **Lei Orçamentária Anual 2019.** – Volume V: quadros de detalhamento de despesa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/332/942/1332942.pdf>.

MINAS GERAIS. **Lei Orçamentária Anual 2020.** – Volume V: quadros de detalhamento de despesa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/446/972/1446972.pdf>.

MINAS GERAIS. **Lei Orçamentária Anual 2021.** – Volume V: quadros de detalhamento de despesa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/546/219/1546219.pdf>.

MINAS GERAIS. **Lei Orçamentária Anual 2022.** – Volume V: quadros de detalhamento de despesa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/673/570/1673570.pdf>.

MINAS GERAIS. **Lei Orçamentária Anual 2023.** – Volume V: quadros de detalhamento de despesa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/751/14/1751014.pdf>.

MINAS GERAIS. **Lei Orçamentária Anual 2024.** – Volume V: quadros de detalhamento de despesa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Portal da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais – ALMG. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/437/917/2437917.pdf>.

MORITA, H. **Revisão do método de análise hierárquica** / Hideyuki Morita. – Dissertação de mestrado. – Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, 1998. 165f.

MOURA, Marcelo de Oliveira; CUNICO, Camila; LUCENA, Daisy Bezerra (organizadores). **Riscos, vulnerabilidades e desastres socioambientais: concepções e estudos de caso** [recurso eletrônico]. - Dados eletrônicos - João Pessoa: Editora UFPB, 2023. 210 p.

MUNDIM, G. A.; ARTUSO, L. F.; FERREIRA, M. A. **Capacidades institucionais na gestão de riscos de desastres socioambientais: uma análise a partir dos municípios do estado de São Paulo.** / Guilherme Abdallah Mundim, Leticia Ferraro Artuso, Marcela Alonso Ferreira. – Dissertação (mestrado profissional MPGPP) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2019. 150 f.

NETO, J. P. Q. Geomorfologia e pedologia. *In Rev. Bras. De Geomorfologia*, vol. 1, nº1, p. 59-67, 2000.

OLIVEIRA, M. V. B. H. *et al.* Desastres naturais e suas relações com eventos extremos de chuvas em Novo Progresso-PA, Amazônia, Brasil. *In Rev. Gest. Soc. Ambient.* Miami, v.19.n.2, p.1-17, e011299, 2025.

OLIVEIRA, P. H. S. **O uso do Geoprocessamento na criação do Índice de Vulnerabilidade das Políticas Sociais - IVPS** / Pedro Henrique de Souza Oliveira. – viii, 47 f., enc.: il. Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Depto. de Cartografia: Belo Horizonte, 2017.

ONU. **Agência da ONU diz que mulheres são mais vulneráveis a desastres naturais**. Organização das Nações Unidas: ONU News, maio/2017. Disponível em <https://news.un.org/pt/story/2017/05/1586821>.

PAGANI, E. B. S.; ALVES, J. M.; CORDEIRO, S. M. A. Segregação socioespacial e especulação imobiliária no espaço urbano. *In Argumentum*, Vitória (ES), v. 7, n.1, p. 167-183, jan./jun. 2015.

PANTA, M. População negra e o direito à cidade: interfaces entre raça e espaço urbano no Brasil. *In Acervo*, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 79-100, jan./abr. 2020.

PEIXOTO, M. V. S. *et al.* Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade em saúde. *In Interfaces Científicas*, Aracaju, v.8, n.2, p. 281 – 296, 2020. Fluxo Contínuo.

PEREIRA, V. R. F. *et al.* Machine learning: Uma aplicação para a prevenção da Evasão Escolar. *In Research, Society and Development*, v. 14, n. 6, e6214649029, 2025.

PESSINI, L. SGANZERLA, A. Evolução histórica e política das principais conferências mundiais da ONU sobre o clima e meio ambiente. *In Revista Iberoamericana de Bioética* / nº 01 / 01-14, 2016. DOI: 10.14422/rib.i01.009.

PIMENTA, L. B. *et al.* Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. *In Interações*, Campo Grande, MS, v. 20, n. 2, p. 407-420, abr./jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20i2.1856>

QUARESMA, C. C.; PEREZ FILHO, A. Erosões lineares e declividade: contribuições ao entendimento da degradação dos solos no baixo curso da bacia do rio Santo Anastácio – SP/Brasil. *In Anais do IV SINGEP* – São Paulo/SP – Brasil – 08, 09 e 10/11/2015, p. 1-12. Disponível em: <https://www.singep.org.br/4singep/resultado/529.pdf>.

REBELO, Fernando. **Riscos naturais e ação antrópica: estudos e reflexões**. – Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003. 290 p.

REIS, P. E. *et al.* O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte: estudo de caso da sub-bacia do córrego do Leitão, bacia do Ribeirão Arrudas. *In São Paulo, UNESP, Geociências*, v. 31, n. 1, p. 31-46, 2012.

REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. de. Construção de modelo e utilização do método de processo analítico hierárquico – AHP para mapeamento de risco à inundação em área urbana. *In Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 18, n. 61 março/2017. p. 01–18.

RODRIGUES, F. S.; LISTO, F. L. R. Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias na Região Metropolitana de São Paulo. *In Eng. Sanit. Ambient.*, v.21, n.4, out/dez 2016. p. 765-775.

RODRIGUES, S. C.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; NAZAR, T. I. S. M. Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. *In Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.24, n.1; e2233, 2023.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. – *In Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 83-98p., 2008.

SAATY, T. L. Fundamentals of Analytic hierarchy process. *In SCHMOLDT et. al. (org.) The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making*. – Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001.

SAATY, T. L. The Analytic Network Process / University of Pittsburgh, **ResearchGate**, Chapter · September 2006. DOI: 10.1007/0-387-33987-6_1.

SAMPAIO, T. V. M. **Cartografia Temática**. Programa de pós-graduação em Geografia - UFPR. 1ª Ed.: Curitiba, 2019.

SANTOS, A. R. **Geologia de engenharia: conceitos, método e prática** / Álvaro Rodrigues dos Santos. — 4a ed. rev. e ampl. — São Paulo — 2023.

SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. *In Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015.

SANTOS, M. **O espaço da cidadania e outras reflexões** / Milton Santos. Org. por Elisiane da Silva; Gervásio Rodrigo Neves; Liana Bach Martins. – Porto Alegre: Fundação Ulysses Guimarães, 2011. (Coleção O Pensamento Político Brasileiro; v.3). 224 p.

SANTOS, T. G. **A cartografia de síntese no inventário das zonas suscetíveis aos riscos de inundação e alagamento na área urbana de Lavras/MG: reconhecimento e detalhamento das interações sistêmicas na dinâmica da paisagem**. 184f. Dissertação (mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeog, Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), 2022.

SARAIVA, A. L. **Capacidade de implementação de políticas públicas de educação por sistemas municipais de ensino: um estudo de caso** / Ágnez de Lélis Saraiva. – Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, 2020. 330f.: enc, il.

SARTORI, A.A.C. et al. Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. *In Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1079-1090, 2012.

SILVA, C. A.; NUNES, F. P. **Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE.** *In Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30, abril/2009, INPE, p.

SMITH, K.; PETLEY, D. N. **Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster** / Keith Smith and David N. Petley. – 5ª ed. London and New York: Routledge, Taylor & Francis e-Library, 2008. 414 p.

SOUZA, C. FONTANELLI, F. Capacidade Estatal e Burocrática: sobre conceitos e medidas. *In MELLO, J. et al. Implementação de políticas e atuação de gestores públicos – experiências recentes das políticas das desigualdades.* – Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA 2020.

SOUZA, M. M. CANÇADO, C J. Aplicação do método AHP para instalação de frações no CBMMG. *In VIGILES*, Vol. 6, Núm. 1, 2023.

TRICART, Jean L. F. Dangers et risques naturels et technologiques. *In Annales de Géographie*, t. 101, n°565, pp.257-288, 1992. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/geo_00034010_1992_num_101_565_21089.

UNDRR. **Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres. La resiliencia da sus frutos: financiación e inversión para nuestro futuro.** - Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres: Geneva, 2025.

UNDRR. **The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction.** "Hazard" / United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2017a. <https://www.undrr.org/terminology/hazard>.

UNDRR. **The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction.** "Resilience" / United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2017b. Disponível em: <https://www.undrr.org/terminology/resilience>.

VALENCIO, N. *et al.* **Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil** / org.: Norma Valencio, Mariana Siena, Victor Marchezini e Juliano Costa Gonçalves. – São Carlos: RiMa Editora, 2009. 280 p. il.

VALENCIO. N. Desastres, ordem social e planejamento em Defesa Civil: o contexto brasileiro *In Saúde Soc.* São Paulo, v.19, n.4, p.748-762, 2010.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental: um estudo de caso no município de Ourinhos-SP.** Tese [doutorado]. - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – Campus Rio Claro/SP, 2006.

ZACHARIAS, A. A. *et al.* A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. *In Rev. Depto. Geografia*, USP, Vol. 41, 2021.

ZACHARIAS, A. A.; VENTORINI, S. E. A Cartografia de Síntese, o ambiente e a paisagem: caminhos, desafios, perspectivas e proposta metodológica. **Geografia: Publicações Avulsas**, Teresina, v.3, n.1, p.107-144, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/geografia/article/view/12022/7797>.

ZANIANI, E. J. M. & BOARINI, M. L. Infância e vulnerabilidade: repensando a proteção social. *In Psicologia & Sociedade*; 23 (2): 272-281, 2011.

APÊNDICE A – Classes de ponderação de subcritérios de *rasters* após normalização

Declividade						
Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação	Sentido	Inundação	Classificação
Muito baixa		< 0,2			> 0,8	
Baixa		0,2 - 0,4	contínuo		0,6 - 0,8	intervalos iguais
Média	maior pior	0,4 - 0,45	(quebras naturais)	menor pior	0,4 - 0,6	
Alta		0,45 - 0,6			0,2 - 0,4	
Muito alta		> 0,6			< 0,2	
Pluviosidade						
Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação	Sentido	Inundação	Classificação
Muito baixa		< 0,68			< 0,33	
Baixa		0,68 - 0,85	contínuo		0,33 - 0,5	contínuo
Média	maior pior	0,85 - 0,93	(quebras naturais)	maior pior	0,5 - 0,66	(quebras naturais)
Alta		0,93 - 0,96			0,66 - 0,83	
Muito alta		> 0,96			> 0,83	
Altimetria						
Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação	Sentido	Inundação	Classificação
Muito baixa		< 0,2			> 0,8	
Baixa		0,2 - 0,4			0,8 - 0,6	intervalos iguais
Média	maior pior	0,4 - 0,6	intervalos iguais	menor pior	0,6 - 0,4	
Alta		0,6 - 0,8			0,4 - 0,2	
Muito alta		> 0,8			< 0,2	
Deflúvio superficial						
Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação	Sentido	Inundação	Classificação
Muito baixa		< 0,349			< 0,2	
Baixa		0,349 - 0,438	contínuo		0,2 - 0,4	intervalos iguais
Média	maior pior	0,438 - 0,585	(quebras naturais)	maior pior	0,4 - 0,6	
Alta		0,585 - 0,723			0,6 - 0,8	
Muito alta		> 0,723			> 0,8	
Uso e ocupação						
Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação	Sentido	Inundação	Classificação
Muito baixa		< 0,16			< 0,16	
Baixa		0,16 - 0,32			0,16 - 0,32	intervalos iguais
Média	maior pior	0,32 - 0,48	intervalos iguais	maior pior	0,32 - 0,48	
Alta		0,48 - 0,64			0,48 - 0,64	
Muito alta		> 0,64			> 0,64	
Perigo de enchentes/inundações						
	Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação		
	Muito baixa		< = 0,4235			
	Baixa		0,4235 - 0,5926	contínuo		
	Média	maior pior	0,5926 - 0,7194	(quebras naturais)		
	Alta		0,7194 - 0,8333			
	Muito alta		> 0,8333			
Perigo de deslizamentos/movimentos de massa						
	Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação		
	Muito baixa		< = 0,4474			
	Baixa		0,4474 - 0,5024	contínuo		
	Média	maior pior	0,5024 - 0,5841	(quebras naturais)		
	Alta		0,5841 - 0,6775			
	Muito alta		> 0,6775			
Vulnerabilidade						
	Intensidade	Sentido	Deslizamento	Classificação		
	Muito baixa		< = 0,1926			
	Baixa		0,1926 - 0,4389	contínuo		
	Média	maior pior	0,4389 - 0,5657	(quebras naturais)		
	Alta		0,5657 - 0,6994			
	Muito alta		> 0,6994			

APÊNDICE B – Matriz de julgamentos de critérios e desenvolvimento do algoritmo multicritério para ponderação de critérios.

Ponderação dos critérios para composição do perigo para deslizamentos/movimentos de massa							
CRITÉRIOS	Altimetria	Declividade	Pedologia	Deflúvio sup.	Pluviosidade	Uso e cobertura	Moradias
Altimetria	1,00	0,33	2,00	0,50	0,33	2,00	2,00
Declividade	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	5,00	5,00
Pedologia	0,50	0,14	1,00	0,33	0,33	0,50	2,00
Deflúvio sup.	2,00	0,33	3,00	1,00	0,50	3,00	3,00
Pluviosidade	3,00	0,33	3,00	2,00	1,00	3,00	5,00
Uso e cobertura	0,50	0,20	2,00	0,33	0,33	1,00	5,00
Moradias	0,50	0,20	0,50	0,33	0,20	0,20	1,00

Ponderação dos critérios para composição do perigo para inundação							
CRITÉRIOS	Altimetria	Declividade	Pedologia	Deflúvio sup.	Pluviosidade	Uso e cobertura	Moradias
Altimetria	1,00	0,33	2,00	0,33	0,14	2,00	2,00
Declividade	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	5,00	5,00
Pedologia	0,50	0,14	1,00	0,33	0,11	2,00	2,00
Deflúvio sup.	3,00	0,33	3,00	1,00	0,50	7,00	5,00
Pluviosidade	7,00	0,33	9,00	2,00	1,00	7,00	7,00
Uso e cobertura	0,50	0,20	0,50	0,14	0,14	1,00	5,00
Moradias	0,50	0,20	0,50	0,20	0,14	0,20	1,00

Memória de cálculo da conjugação de pesos do perigo a deslizamentos/movimentos de massa:

Autovetor (W)	n	AW	Lambda (λ)	λ_{max}	IC	IR	RC
0,099044482		0,77107	7,785077998				
0,327467887		2,87672	8,784738038				
0,058323937		0,40445	6,934631038				
0,155684738	7	1,19077	7,648570112	7,55391	0,09232	1,35	0,06838
0,210299141		1,6221	7,713276263				
0,113603057		0,64515	5,678941941				
0,035576758		0,29643	8,332122233				

Memória de cálculo da conjugação de pesos do perigo a enchentes/inundações:

Autovetor (W)	n	AW	Lambda (λ)	λ_{max}	IC	IR	RC
0,094716939		0,70513	7,444652339				
0,327467887		2,87672	8,784738038				
0,073825431		0,5282	7,154669031				
0,24058382	7	1,81538	7,54571052	7,34092	0,05682	1,35	0,04209
0,404281342		2,89331	7,156674789				
0,090790038		0,48795	5,374466775				
0,033266579		0,26365	7,925517025				

APÊNDICE C – Reportagens acerca de eventos climáticos em Ribeirão das Neves, entre 2016 e 2025.

Mídia	Local	Manchete	Ano	Fonte
G1	Vila Hortinha	Ribeirão das Neves decreta situação de emergência por causa da chuva, diz Defesa	2016	https://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/ribeirao-das-neves-decreta-situacao-de-emergencia-por-cao-da-chova-diz-defesa-civil.ghtml
G1	Justinópolis	Ribeirão das Neves decreta situação de emergência por causa da chuva, diz Defesa	2016	https://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/ribeirao-das-neves-decreta-situacao-de-emergencia-por-cao-da-chova-diz-defesa-civil.ghtml
Estado de Minas	Bairro quintas do lago	Bairros de Ribeirão das Neves alagam e já são cerca de 50 ocorrências	2016	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/12/14/interna_gerais,832550/bairros-de-ribeirao-das-neves-alagam-e-ja-sao-cerca-de-50-ocorrencias.shtml
Estado de Minas	Justinópolis	Bairros de Ribeirão das Neves alagam e já são cerca de 50 ocorrências	2016	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/12/14/interna_gerais,832550/bairros-de-ribeirao-das-neves-alagam-e-ja-sao-cerca-de-50-ocorrencias.shtml
Estado de Minas	Bairro Margarida	Bairros de Ribeirão das Neves alagam e já são cerca de 50 ocorrências	2016	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/12/14/interna_gerais,832550/bairros-de-ribeirao-das-neves-alagam-e-ja-sao-cerca-de-50-ocorrencias.shtml
Estado de Minas	Bairro Santinho	Bairros de Ribeirão das Neves alagam e já são cerca de 50 ocorrências	2016	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/12/14/interna_gerais,832550/bairros-de-ribeirao-das-neves-alagam-e-ja-sao-cerca-de-50-ocorrencias.shtml
Estado de Minas	Bairro Monte Verde	Bairros de Ribeirão das Neves alagam e já são cerca de 50 ocorrências	2016	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/12/14/interna_gerais,832550/bairros-de-ribeirao-das-neves-alagam-e-ja-sao-cerca-de-50-ocorrencias.shtml
G1	Flamengo	Chuva forte provoca alagamentos em Belo Horizonte e na região metropolitana	2018	https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/chuva-forte-provoca-alagamentos-em-belo-horizonte-e-na-regiao-metropolitana.ghtml
G1	Botafogo	Ribeirão das Neves, na Grande BH, também registra estragos provocados pela chuva	2020	https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/02/ribeirao-das-neves-na-grande-bh-tambem-registra-estragos-provocados-pela-chova.ghtml
G1	Kátia	Ribeirão das Neves, na Grande BH, também registra estragos provocados pela chuva	2020	https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/02/ribeirao-das-neves-na-grande-bh-tambem-registra-estragos-provocados-pela-chova.ghtml
G1	São José	Ribeirão das Neves, na Grande BH, também registra estragos provocados pela chuva	2020	https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/02/ribeirao-das-neves-na-grande-bh-tambem-registra-estragos-provocados-pela-chova.ghtml
G1	Labanca	Ribeirão das Neves, na Grande BH, também registra estragos provocados pela chuva	2020	https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/02/ribeirao-das-neves-na-grande-bh-tambem-registra-estragos-provocados-pela-chova.ghtml
Estado de Minas	Santa Martinha	Chuva forte da madrugada provocou enchentes em Ribeirão das Neves	2020	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/03/21/interna_gerais,1131097/chuva-forte-da-madrugada-provocado-enchentes-em-ribeirao-das-neves.shtml
Estado de Minas	Esperança	Chuva forte da madrugada provocou enchentes em Ribeirão das Neves	2020	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/03/21/interna_gerais,1131097/chuva-forte-da-madrugada-provocado-enchentes-em-ribeirao-das-neves.shtml
Ribeiraodasneves.net	Esperança	Chuva forte da madrugada causa enchentes e prejuízo em vários pontos de Ribeirão das	2020	https://ribeiraodasneves.net/35-noticias/cidade/8488-chuva-forte-da-madrugada-causa-enchentes-e-prejuizo-em-varios-pontos-de-ribeirao-das
Estado de Minas	Luar da pampulha	Chuva forte da madrugada provocou enchentes em Ribeirão das Neves	2020	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/03/21/interna_gerais,1131097/chuva-forte-da-madrugada-provocado-enchentes-em-ribeirao-das-neves.shtml
G1	Papine	Ruas e casas são inundadas por lama e água em Ribeirão das Neves, na Grande BH	2020	https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/10/26/ruas-e-casas-sao-inundadas-por-lama-e-agua-em-ribeirao-das-neves-na-grande-bh.ghtml
G1	Neviana	Chuva provoca estragos em cidades da Grande BH	2021	https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/09/27/chuva-provoca-estragos-em-cidades-da-grande-bh.ghtml
Estado de Minas	Sevilha A	Tempestade causa alagamentos em diversos pontos de Ribeirão das Neves	2023	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/25/interna_gerais,1449164/tempestade-causa-alagamentos-em-diversos-pontos-de-ribeirao-das
Estado de Minas	Várzea Alegre	Tempestade causa alagamentos em diversos pontos de Ribeirão das Neves	2023	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/25/interna_gerais,1449164/tempestade-causa-alagamentos-em-diversos-pontos-de-ribeirao-das
Estado de Minas	Nova União	Tempestade causa alagamentos em diversos pontos de Ribeirão das Neves	2023	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/25/interna_gerais,1449164/tempestade-causa-alagamentos-em-diversos-pontos-de-ribeirao-das
Estado de Minas	Rosana	Tempestade causa alagamentos em diversos pontos de Ribeirão das Neves	2023	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/25/interna_gerais,1449164/tempestade-causa-alagamentos-em-diversos-pontos-de-ribeirao-das
Estado de Minas	Sevilha B	Tempestade causa alagamentos em diversos pontos de Ribeirão das Neves	2023	https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/25/interna_gerais,1449164/tempestade-causa-alagamentos-em-diversos-pontos-de-ribeirao-das
Portal R7	Justinópolis	Telhado de casa é arrancado após fortes chuvas na Grande BH	2023	https://noticias.r7.com/minas-gerais/teelhado-de-casa-e-arrancado-apos-fortes-chuvas-na-grande-bh-21012023/
Balanço Geral MG	Vale das Acácias	Moradores de Ribeirão das Neves (MG) registram destruição após temporal	2024	https://www.youtube.com/watch?v=yGw7bAZQfGA
Balanço Geral MG	Vila Bispo de Maura	Moradores estão isolados após ponte cair em Ribeirão das Neves (MG)	2025	https://www.youtube.com/watch?v=A2gdLPnOSA
Itatiaia	Bairro Granjas Primavera	Forte chuva com granizo atinge Ribeirão das Neves nesta quarta (22)	2025	https://www.itatiaia.com.br/cidades/2024/12/22/bombeiros-sao-acionados-para-resgate-de-pessoas-ilhadas-em-ribeirao-das-neves
Itatiaia	Maracanã I	Video: chuva alaga rua em bairro da Grande BH e dificulta passagem de veiculo	2025	https://www.itatiaia.com.br/cidades/2025/02/02/video-chuva-alaga-rua-em-bairro-da-grande-bh-e-dificulta-passage-m-de-veiculo
Itatiaia	Veneza	Bombeiros são acionados para resgate de pessoas ilhadas em Ribeirão das Neves	2025	https://www.itatiaia.com.br/cidades/2024/12/22/bombeiros-sao-acionados-para-resgate-de-pessoas-ilhadas-em-ribeirao-das-neves
O Tempo	Florença	Ribeirão das Neves: 1º dia de 2025 é marcado por temporal que alagou ruas	2025	https://www.otempo.com.br/cidades/2025/1/1/ribeirao-das-neves-1-dia-de-2025-e-marcado-por-temporal-que-alagou-ruas
O Tempo	Conj. Henrique Saporí	Ribeirão das Neves: 1º dia de 2025 é marcado por temporal que alagou ruas	2025	https://www.otempo.com.br/cidades/2025/1/1/ribeirao-das-neves-1-dia-de-2025-e-marcado-por-temporal-que-alagou-ruas
O Tempo	Vale das Acácias	Ribeirão das Neves: 1º dia de 2025 é marcado por temporal que alagou ruas	2025	https://www.otempo.com.br/cidades/2025/1/1/ribeirao-das-neves-1-dia-de-2025-e-marcado-por-temporal-que-alagou-ruas