

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE MUNICIPAL DE
CRITICIDADE HIDROLÓGICA (IMCH) PARA OS
MUNICÍPIOS BRASILEIROS A PARTIR DOS DADOS DO
SNIS**

WAGNER DUQUE VONEY ARAÚJO

ORIENTADOR: CARLOS HENRIQUE RIBEIRO LIMA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DO PROGRAMA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL
E RECURSOS HÍDRICOS**

BRASÍLIA/DF: NOVEMBRO – 2024

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE MUNICIPAL DE
CRITICIDADE HIDROLÓGICA (IMCH) PARA OS
MUNICÍPIOS BRASILEIROS A PARTIR DOS DADOS DO
SNIS**

WAGNER DUQUE VONEY ARAÚJO

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.**

APROVADA POR:

**CARLOS HENRIQUE RIBEIRO LIMA, PhD (UnB)
(ORIENTADOR)**

**DIRCEU REIS, PhD (ENC-UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**MARCUS SUASSUNA SANTOS, PhD (CPRM)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 22 DE NOVEMBRO DE 2024.

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAUJO, WAGNER DUQUE VONEY

Desenvolvimento de um índice municipal de criticidade hidrológica (IMCH) para municípios brasileiros a partir dos dados do SNIS

x, 200p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2024).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Eventos hidrológicos extremos

2. Gestão de riscos

3. Criticidade hidrológica

4. SNIS

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAUJO, W.D.V. (2024). Desenvolvimento de um índice municipal de criticidade hidrológica (IMCH) para municípios brasileiros a partir dos dados do SNIS. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Wagner Duque Voney Araujo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Desenvolvimento de um índice municipal de criticidade hidrológica (IMCH) para municípios brasileiros a partir dos dados do SNIS.

GRAU / ANO: Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos / 2024

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Wagner Duque Voney Araujo
SHA CONJUNTO 5 CHACARA 15 LOTE 21
71995-010 – Arniqueiras/DF – Brasília – Brasil

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, fonte de força e refúgio em todos os momentos da minha vida. Obrigado por guiar meus passos e iluminar meu caminho durante essa jornada desafiadora e transformadora, que me reaproximou de Ti de uma forma que espero nunca mais me distanciar.

Aos meus pais, Wagner e Mônica, pelo amor e apoio, pela base sólida que me deram e por serem meu porto seguro em todas as etapas da vida. Cada conquista que alcancei e continuo alcançando traz um pedaço de vocês. À minha mãe, pelo cuidado diário e pela paciência; ao meu pai, pelo exemplo de resiliência e dedicação em tudo que faz pela família. À minha irmã Monique, ao meu cunhado Dawson e aos meus sobrinhos e afilhados, Maria Eduarda, Davi e Miguel, por sempre me apoiarem com palavras motivadoras e experiências que tornam a vida mais leve e significativa.

Aos meus avós, Orlando (*in memoriam*) e Marly, que mesmo sem entender exatamente por que eu passava tantas horas trancado no quarto, nunca deixaram de me apoiar. Vô, prometo honrar e cuidar da vózinha como você sempre quis. Vózinha, prometo ser mais presente agora que este processo chegou ao fim.

À minha fiel escudeira e companheira, Isabela, por caminhar ao meu lado em cada etapa dessa jornada, compartilhando alegrias, enfrentando desafios e, sobretudo, acreditando em mim mesmo quando eu não conseguia. Seu amor, compreensão e incentivo foram indispensáveis para que eu pudesse chegar até aqui. Apenas nós sabemos as batalhas travadas ao longo desse percurso. Aos meus sogros, Glaucia e André, por me acolherem com tanto carinho, por toda a preocupação e por serem exemplos de cuidado e apoio em todos os momentos que compartilhamos.

Meu profundo agradecimento ao meu orientador, professor Carlos, que, apesar das dificuldades que enfrentei ao longo do processo, nunca deixou de acreditar no propósito do trabalho. Suas contribuições foram essenciais para alcançarmos este resultado, e espero avançar e otimizar ainda mais o que desenvolvemos juntos.

Aos professores do PTARH, por todo o apoio, disponibilidade e pela oportunidade de aprender um pouco com cada um de vocês. É um privilégio enorme poder absorver o conhecimento que compartilham.

Aos meus companheiros de turma do Mestrado, José Luiz, Sandro, Arthur, Jennifer, Isabela, Renata e Josiane, com quem compartilhei tantas horas de estudo e aprendizado. Muitas vezes, éramos os únicos capazes de compreender plenamente os desafios que cada um enfrentava, e, até o último momento, nos apoiamos segurando as mãos uns dos outros. Foi uma enorme satisfação trilhar essa jornada ao lado de vocês. Tenho muita gratidão por ter vivido essa experiência com vocês e espero que nossos caminhos se cruzem novamente em breve na vida profissional.

Aos meus melhores amigos Arthur, Victor, Rafael, Gustavo e Caio, que estiveram presentes tanto nos momentos mais desafiadores quanto nos mais leves. Obrigado por largarem tudo para ouvir meus desabaços, celebrarem minhas vitórias e me lembrarem de que a vida é muito melhor quando vivida em boa companhia.

À equipe do SNIS/SINISA, que tenho o privilégio de coordenar: Vinícius e Roberta, muito obrigado de coração por toda a compreensão e suporte durante este período. Ao coordenador-geral, Paulo, sou imensamente grato por todo o apoio, compreensão e preocupação, são pessoas assim que nos trazem segurança nos momentos mais difíceis. À Marília, agradeço profundamente pelo apoio e pelo conhecimento compartilhado, que tiveram um impacto inestimável neste processo. À Iara, Patrícia, Kieme, Willy e Volnei, por criarem um ambiente alegre e acolhedor; todas as risadas e boas energias que compartilhamos foram fundamentais. E, especialmente, à Thaianna, minhas mais sinceras palavras de gratidão. Seus incentivos foram essenciais para que eu pudesse equilibrar as demandas profissionais, pessoais e os desafios dessa dissertação, o salmo 91 irá me acompanhar o resto da vida.

Com lágrimas nos olhos, encerro este capítulo com uma profunda e eterna gratidão a cada um de vocês que fizeram parte dessa etapa tão significativa da minha vida. Esta conquista não é apenas minha, mas de todos que caminharam ao meu lado e tornaram possível chegar até aqui.

*"All your dreams can come true —
if you have the courage to pursue them."
Walt Disney.*

RESUMO

Este estudo apresenta o Índice Municipal de Criticidade Hidrológica (IMCH), desenvolvido como uma ferramenta para classificar e ranquear municípios brasileiros conforme sua suscetibilidade a eventos hidrológicos extremos, como inundações, enxurradas e alagamentos. O índice utiliza dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP), e emprega a metodologia de Análise Hierárquica de Processos (AHP) para integrar e priorizar os indicadores avaliados. Diferentemente das classificações oficiais existentes, que identificam municípios críticos sem hierarquização explícita, o IMCH propõe uma ordenação clara, suprimindo lacunas na priorização desses municípios e proporcionando uma base técnica robusta para intervenções. A análise abrangeu 4.833 municípios, revelando que 193 (4,0%) foram classificados com Criticidade Muito Alta, seguidos de 374 (7,7%) com Criticidade Alta, evidenciando a necessidade de intervenções prioritárias. Além disso, 1.096 municípios (22,7%) apresentaram Média Criticidade, enquanto 669 (13,8%) e 487 (10,1%) foram classificados com Criticidade Baixa e Muito Baixa, respectivamente, indicando uma menor exposição a eventos severos. Por outro lado, 2.014 municípios (41,7%) foram categorizados como Sem Criticidade. Comparações com a lista de municípios críticos de 2023, elaborada pelo Governo Federal no âmbito do PAC23, indicaram que o IMCH antecipou a inclusão de diversos municípios posteriormente reconhecidos como críticos, demonstrando sua eficácia como ferramenta de previsão e planejamento estratégico. Os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Bahia e São Paulo concentraram o maior número de municípios classificados como de Criticidade Muito Alta, evidenciando desigualdades regionais e limitações na infraestrutura de drenagem urbana. Em contraste, os municípios de baixa criticidade apresentaram menor frequência de eventos extremos e exposição reduzida de domicílios a riscos de inundação, refletindo a influência de fatores estruturais e socioeconômicos na mitigação de desastres. O IMCH emerge, portanto, como uma ferramenta complementar e estratégica de apoio à gestão de riscos hidrológicos urbanos, integrando múltiplas fontes de dados públicos e fornecendo subsídios para a identificação de prioridades e o planejamento de ações sustentáveis voltadas à mitigação de desastres naturais relacionados a eventos hidrológicos extremos.

Palavras-chave: eventos hidrológicos extremos; criticidade hidrológica; Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento; gestão de riscos.

ABSTRACT

This study presents the Municipal Hydrological Criticality Index (IMCH), developed as a tool to classify and rank Brazilian municipalities according to their susceptibility to extreme hydrological events, such as floods, flash floods, and inundations. The index utilizes data from the National Information System on Sanitation, Stormwater Module (SNIS-AP), and applies the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology to integrate and prioritize the evaluated indicators. Unlike existing official classifications, which identify critical municipalities without an explicit hierarchy, the IMCH proposes a clear ordering, addressing gaps in prioritizing these municipalities and providing a robust technical foundation for interventions. The analysis encompassed 4,833 municipalities, revealing that 193 (4.0%) were classified as having Very High Criticality, followed by 374 (7.7%) with High Criticality, highlighting the need for priority interventions. Additionally, 1,096 municipalities (22.7%) were categorized as having Medium Criticality, while 669 (13.8%) and 487 (10.1%) were classified as Low and Very Low Criticality, respectively, indicating reduced exposure to severe events. On the other hand, 2,014 municipalities (41.7%) were categorized as having No Criticality. Comparisons with the 2023 list of critical municipalities, prepared by the Federal Government under the PAC23 program, indicated that the IMCH anticipated the inclusion of several municipalities later recognized as critical, demonstrating its effectiveness as a forecasting and strategic planning tool. The states of Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Bahia, and São Paulo concentrated the highest number of municipalities classified with Very High Criticality, highlighting regional inequalities and limitations in urban drainage infrastructure. In contrast, municipalities with low criticality showed a reduced frequency of extreme events and lower exposure of households to flood risks, reflecting the influence of structural and socioeconomic factors in disaster mitigation. The IMCH thus emerges as a complementary and strategic tool to support urban hydrological risk management, integrating multiple public data sources and providing a solid basis for identifying priorities and planning sustainable actions aimed at mitigating natural disasters related to extreme hydrological events.

Keywords: extreme hydrological events; hydrological criticality; National Sanitation Information System; risk management.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 OBJETIVO | 18 |
| 2.1 Objetivo Geral | 18 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 18 |
| 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 3.1 – EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS | 19 |
| 3.1.1 Inundações..... | 19 |
| 3.1.2 Enxurradas..... | 22 |
| 3.1.3 Alagamentos | 25 |
| 3.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS: GLOBAL E LOCAL..... | 27 |
| 3.2.1 Perspectiva Global..... | 27 |
| 3.2.2 Perspectiva Local: Brasil | 29 |
| 3.3 EXPOSIÇÃO, PERIGOS (HAZARDS), VULNERABILIDADE E IMPACTO 31 | |
| 3.3.1 Exposição | 34 |
| 3.3.2 Perigos (<i>Hazards</i>)..... | 36 |
| 3.3.3 Vulnerabilidade..... | 38 |
| 3.3.4 Risco..... | 40 |
| 3.3.5 Impactos | 41 |
| 3.3.6 Interconexão com Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas | 43 |
| 3.4 MUNICÍPIOS CRÍTICOS BRASILEIROS | 44 |
| 3.5 O SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS)47 | |
| 3.5.1 SNIS – Águas Pluviais (SNIS-AP)..... | 49 |
| 3.6 ÍNDICES DE CRITICIDADE CORRELATOS..... | 51 |
| 3.7 A ANÁLISE HIERARQUICA DE PROCESSOS (AHP)..... | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 3.7.1 Verificação da Consistência das Matrizes | 56 |
| 4 METODOLOGIA | 58 |
| 4.1 ETAPA 1 – APRESENTAÇÃO DO IMCH E DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE ESTUDO..... | 59 |
| 4.1.1 Amostra de estudo | 60 |
| 4.2 ETAPA 2 – ESCOLHA DAS INFORMAÇÕES..... | 61 |
| 4.2.1 Categoria de Exposição | 62 |
| 4.2.2 Categoria de Perigos (<i>Hazards</i>)..... | 63 |
| 4.2.3 Categoria de Vulnerabilidade | 64 |
| 4.3 ETAPA 3 – NORMALIZAÇÃO DOS ÍNDICES E CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS | 69 |
| 4.3.1 Técnica de normalização MIN-MAX..... | 69 |
| 4.3.2 Padronização dos Dados..... | 70 |
| 4.4 ETAPA 3 - DESENVOLVIMENTO DAS MATRIZES | 71 |
| 4.4.1 A matriz de Exposição | 71 |
| 4.4.2 A matriz de Perigos (<i>Hazards</i>)..... | 72 |
| 4.4.3 A matriz de Vulnerabilidade | 73 |
| 4.5 ETAPA 4 – ÍNDICE MUNICIPAL DE CRITICIDADE HIDROLÓGICA (IMCH) | 78 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 81 |
| 5.1 RESULTADOS GERAIS DO IMCH..... | 81 |
| 5.1.1 Caracterização do perfil dos municípios por classificação..... | 83 |
| 5.1.2 Análise dos Municípios com Criticidade Alta e Muito Alta..... | 84 |
| 5.1.3 Análise da Distribuição da Criticidade por Estado..... | 87 |
| 5.1.4 Municípios críticos e não críticos..... | 89 |
| 5.2 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO POR ATRIBUTOS..... | 92 |
| 5.2.1 Análise da Distribuição de Exposição do IMCH..... | 92 |
| 5.2.2 Análise da Distribuição de Perigos do IMCH | 98 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.3 Análise de Distribuição de Vulnerabilidade no IMCH..... | 105 |
| 6 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS | 109 |
| 6.1 Validação do IMCH com base nos Municípios Críticos de 2023..... | 109 |
| 6.1.1 Municípios críticos em 2022 e permaneceram críticos em 2023 | 110 |
| 6.1.2 Municípios não críticos em 2022, mas se tornaram críticos em 2023..... | 111 |
| 6.1.3 Municípios críticos em 2022, mas não foram considerados críticos em 2023 . | 112 |
| 6.1.4 Municípios não críticos em ambos os anos | 112 |
| 6.2 Matriz de Validação - Impactos..... | 112 |
| 6.2.1 Cálculo do índice de Impactos..... | 115 |
| 6.2.2 Avaliação dos Impactos como Validação do IMCH | 115 |
| 6.3 Validação com Base em Evidências Empíricas | 119 |
| 6.3.1 Evidências de Criticidade Muito Alta..... | 120 |
| 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 127 |
| 8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 131 |
| ANEXO A - GLOSSÁRIO DE INFORMAÇÕES - SNIS-AP 2022 | 154 |
| ANEXO B - GLOSSÁRIO DE INDICADORES - SNIS-AP 2022 | 193 |

LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

| | |
|---------|--|
| AHP | Análise de Hierárquica de Processos |
| ANA | Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico |
| AP | Águas Pluviais |
| CEMADEN | Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais |
| CPRM | Serviço Geológico do Brasil |
| DMAPU | Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IDHM | Índice de Desenvolvimento Humano Municipal |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| MCID | Ministério das Cidades |
| MIDR | Ministério da Integração do Desenvolvimento Regional |
| MPO | Ministério do Planejamento e Orçamento |
| PDD | Plano Diretor de Drenagem |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PMSS | Programa de Modernização do Setor de Saneamento |
| PPA | Plano Plurianual |
| S2ID | Sistema Integrado de Informações sobre Desastres |
| SEPURB | Secretaria de Política Urbana |
| SINISA | Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico |
| SNIS | Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento |
| SNSA | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 3.1 - Escala Fundamental de Saaty. Fonte: Adaptado de Saaty (1980)..... | 56 |
| Tabela 4.2 - Matriz de Comparação Pareada de Perigos | 72 |
| Tabela 4.3 - Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade de Gestão de Riscos | 74 |
| Tabela 4.4 - Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade de Infraestrutura | 76 |
| Tabela 4.5 - Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade Socioeconômica | 77 |
| Tabela 5.1 - Distribuição da Criticidade por Estado..... | 89 |
| Tabela 6.1 - Matriz de Comparação Pareada de Impactos | 114 |
| Tabela 6.2 - Distribuição geral da relação entre as classificações de impactos e o IMCH..... | 119 |
| Tabela 6.3 - Lista dos 10 municípios considerados mais críticos pelo IMCH e seus respectivos valores dos atributos..... | 122 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 3.1 – Ilustração sobre as diferenças entre: Enxurrada, Alagamento e Inundação. | 19 |
| Figura 3.2 - Igreja atingida pela cheia no Rio Jari, abril de 2022. | 20 |
| Figura 3.3 - Catástrofe no Rio de Janeiro, 2011..... | 23 |
| Figura 3.4 - Alagamento na região do Botafogo, Rio de Janeiro. | 26 |
| Figura 3.5 - O triangulo de Crichton..... | 32 |
| Figura 3.6 - Evolução dos municípios considerados críticos indicados como Processo Dominante 1, 2 ou 3 de origem Hidrológica..... | 46 |
| Figura 3.7 - Ciclo de coleta anual do SNIS..... | 48 |
| Figura 3.8 - Evolução da participação dos municípios no SNIS-AP ao longo dos anos de referência. | 50 |
| Figura 3.9 - Estrutura AHP. | 54 |
| Tabela 4.1 - Matriz de Comparação Pareada de Perigos..... | 72 |
| Tabela 4.2 - Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade de Gestão de Riscos..... | 74 |
| Tabela 4.3- Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade de Infraestrutura..... | 76 |
| Tabela 4.4 - Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade Socioeconômica..... | 77 |
| Figura 5.1 - Distribuição geral dos municípios por Níveis de Criticidade..... | 82 |
| Figura 5.2 – Distribuição espacial da classificação dos municípios no IMCH..... | 85 |
| Figura 5.3 - Distribuição dos municípios críticos por Níveis de Criticidade..... | 90 |
| Figura 5.4 - Distribuição dos municípios não críticos por Níveis de Criticidade..... | 91 |
| Figura 5.5 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Exposição no IMCH - 2022..... | 93 |
| Figura 5.6 - Distribuição geral dos municípios críticos por níveis de Exposição..... | 97 |
| Figura 5.7 - Distribuição geral dos municípios não críticos por níveis de Exposição..... | 97 |
| Figura 5.8 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Perigos (hazard) no IMCH - 2022..... | 99 |
| Figura 5.9 - Distribuição geral dos municípios críticos por níveis de Perigos (hazards)..... | 103 |
| Figura 5.10- Distribuição geral dos municípios não críticos por níveis de Perigos (hazards)..... | 104 |
| Figura 5.11 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Vulnerabilidade no IMCH - 2022..... | 106 |
| Figura 6.1 - Distribuição dos Municípios Classificados com Criticidade Muito Alta pelo IMCH (2022) e correspondência com a Lista dos Programas do Governo Federal (2023)..... | 110 |
| Figura 6.2 - Distribuição dos Municípios Classificados com Criticidade Alta pelo IMCH (2022) e Correspondência com a Lista dos Programas do Governo Federal (2023)..... | 110 |
| Figura 6.4 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Impactos..... | 116 |
| Figura 6.5- Distribuição percentual da Classificação dos Municípios por Impactos..... | 116 |

| | |
|---|-----|
| Figura 6.6 - Distribuição dos Municípios de Muito Alto Impacto pelos Níveis de Criticidade no IMCH | 117 |
| Figura 6.9 - Bairros e comunidades de Ipanguaçu ilhados, 2022..... | 120 |
| Figura 6.10 - Município de Laranjal do Jari, atingido pela cheia no Sul do Amapá | 121 |
| Figura 6.11 - Alagamentos em Palmares, na Mata Sul de Pernambuco..... | 121 |
| Figura 6.12 - Corpo de Bombeiros e Defesa Civil atuando em Enchente em São Miguel do Tocantins, 2022..... | 122 |
| Figura 6.13 - Casas atingidas pelas águas em Cruzeiro do Sul..... | 122 |
| Figura 6.14 - Município de Itajaí/SC, atingido pelas fortes chuvas em 2022. | 123 |
| Figura 6.15 - Chuvas em município de Jordão, deixa cerca de 70% da cidade debaixo d'água | 124 |
| Figura 6.16 - Chuvas causam prejuízos em Vitoria do Mearim. | 124 |
| Figura 6.17 - Nível do Rio Ribeira subiu e deixou moradores e Defesa Civil em alerta em Eldorado e Registro, SP..... | 125 |
| Figura 6.18 - Moradores de Porciúncula retirando pertences das casas que foram atingidas pela cheia do Rio Carangola..... | 126 |

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas configuram um dos maiores desafios do século XXI, intensificando eventos hidrológicos extremos como inundações, enxurradas e alagamentos. Esses fenômenos afetam diretamente a estabilidade dos ecossistemas e a qualidade de vida das populações humanas (IPCC, 2021). No Brasil, os impactos são sentidos de forma particularmente severa nas áreas urbanas, onde o crescimento populacional desordenado, a ocupação de áreas de risco e a infraestrutura inadequada amplificam a exposição e a vulnerabilidade das comunidades (Marengo et al., 2020; Satterthwaite, 2011). Essa intensificação exige ferramentas eficazes para classificar e ranquear os municípios mais críticos, permitindo priorizar intervenções e mitigar os impactos de forma eficiente.

Os eventos hidrológicos extremos no Brasil, como chuvas intensas, alagamentos e inundações, se tornaram mais frequentes e severos, agravados pela urbanização acelerada, muitas vezes sem planejamento adequado. Isso levou à ocupação de áreas suscetíveis a desastres, como margens de rios e encostas de morros, aumentando a exposição ao risco (Miguez & Mascarenhas, 2019). Além disso, a ausência de infraestrutura adequada de drenagem urbana resulta em perdas materiais significativas, pessoas desabrigadas e impactos diretos na saúde pública (Tucci, 2007; Alves & Vettorazzi, 2020).

Reconhecendo a gravidade desse cenário, o Governo Federal, por meio da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), implementou medidas como sistemas de alerta precoce, planos de contingência e mapeamentos de áreas de risco (Brasil, 2012). No entanto, as iniciativas existentes, como a listagem oficial de municípios críticos elaborada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e pelo Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, fornecem uma identificação básica, sem hierarquizar a criticidade entre os municípios, dificultando a priorização adequada de intervenções (Brasil, 2020).

Diante desse contexto, surge a necessidade de ferramentas mais integradas e detalhadas. O Índice Municipal de Criticidade Hidrológica (IMCH) foi desenvolvido com o objetivo de classificar e ranquear os municípios críticos em termos de exposição, perigos e vulnerabilidade relacionados a eventos hidrológicos extremos. Diferentemente das abordagens existentes, o IMCH preenche uma lacuna importante ao permitir a análise hierárquica de criticidade municipal, contribuindo para decisões mais estratégicas e eficazes.

A metodologia do IMCH utiliza a Análise Hierárquica de Processos (AHP), uma técnica amplamente reconhecida por sua capacidade de combinar dados quantitativos e qualitativos de forma estruturada. A escolha da AHP foi motivada por sua flexibilidade e adequação ao contexto brasileiro, onde os dados disponíveis são limitados, mas os desafios climáticos são significativos. A técnica permite ponderar múltiplos critérios, como infraestrutura de drenagem, impactos registrados e exposição, proporcionando uma visão integrada das condições municipais.

Além disso, o IMCH se destaca por sua abordagem multidimensional, alinhada às melhores práticas internacionais. Ferramentas como o National Risk Index (NRI), nos Estados Unidos, e o Flood Vulnerability Index (FVI), em países como Reino Unido e Bangladesh, demonstram o valor de metodologias integradas para a análise de criticidade. No entanto, essas ferramentas geralmente operam em escalas mais amplas, como bacias hidrográficas ou regiões metropolitanas, enquanto o IMCH é projetado para o nível municipal, preenchendo uma lacuna específica no contexto brasileiro.

Ao permitir a priorização de intervenções de forma preventiva e eficiente, o IMCH oferece uma contribuição para políticas públicas voltadas à mitigação de desastres naturais. Sua aplicabilidade prática, aliada à adaptabilidade às necessidades locais, reforça sua importância como ferramenta estratégica no enfrentamento dos desafios climáticos e urbanos no Brasil.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

- Desenvolver e aplicar um Índice Municipal de Criticidade Hidrológica (IMCH) para municípios brasileiros, baseado em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), módulo Águas Pluviais (AP).

2.2 Objetivos Específicos

- I. Definir critérios, informações e indicadores do SNIS-AP para subsidiar o desenvolvimento do IMCH e caracterizar a criticidade dos municípios.
- II. Elaborar o Índice Municipal de Criticidade Hidrológica (IMCH) para classificar e ranquear municípios críticos, utilizando dados do SNIS com base nos critérios de exposição, perigos (*hazards*) e vulnerabilidade.
- III. Aplicar o IMCH para classificar os municípios brasileiros, identificando os mais críticos e aqueles com risco de se tornarem críticos.
- IV. Validar o IMCH comparando os resultados com os municípios críticos já identificados pela Defesa Civil, impactos registrados e evidências empíricas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS

Os eventos hidrológicos extremos, frequentemente associados a desastres naturais em áreas urbanas e rurais, podem ser classificados em três categorias principais: inundações, enxurradas e alagamentos (Brasil, 2022b). Embora esses termos sejam frequentemente utilizados de forma intercambiável, cada um descreve fenômenos distintos, como ilustrado na Figura 3.1, com características, causas e impactos variados. Compreender essas diferenças é fundamental para a formulação de políticas de gestão de riscos e para a adoção de medidas de mitigação adequadas.



Figura 3.1 – Ilustração sobre as diferenças entre: Enxurrada, Alagamento e Inundação.

Fonte: SNS, 2021

3.1.1 Inundações

As inundações, caracterizadas pelo transbordamento de corpos d'água para áreas adjacentes, são fenômenos naturais que ocorrem em diversas partes do mundo, frequentemente resultando em impactos devastadores sobre a vida humana, a infraestrutura e os ecossistemas. Elas podem ocorrer em várias formas, incluindo inundações fluviais, causadas pelo aumento dos níveis de rios e lagos após períodos prolongados de chuvas; e inundações costeiras, causadas por marés altas e tempestades. Esses eventos podem ser agravados por fenômenos como o derretimento de neve, obstruções nos cursos d'água ou falhas em infraestruturas, como barragens e diques (Di Baldassarre et al., 2013).

Do ponto de vista global, as inundações são reconhecidas como um dos desastres naturais mais frequentes e destrutivos. Elas afetam milhões de pessoas todos os anos, causando perdas econômicas significativas e resultando em desastres humanitários (Banco Mundial, 2020). Em países como Bangladesh, Índia e Paquistão, as inundações sazonais associadas às monções deslocam milhões de pessoas e causam mortes, além de destruírem plantações e infraestruturas essenciais (Hirabayashi et al., 2013). Nessas regiões, a localização geográfica

e a dependência de sistemas fluviais tornam as populações altamente vulneráveis a inundações catastróficas. Segundo o Banco Mundial (2020), aproximadamente 20% da população mundial vive em áreas suscetíveis a inundações, com as regiões mais afetadas concentradas na Ásia, África e América Latina.

No Brasil, as inundações são fenômenos frequentes, como registrado na Figura 3.2, especialmente em regiões onde grandes rios e suas margens são ocupados por populações urbanas e rurais. As áreas mais afetadas incluem as regiões ribeirinhas da Amazônia, do Pantanal e da Bacia do Rio São Francisco, onde as enchentes sazonais estão profundamente enraizadas na dinâmica social e econômica local (Marengo et al., 2013c). Populações ribeirinhas, que habitam as margens dos rios e dependem diretamente das águas para subsistência, estão particularmente expostas aos efeitos das inundações. Em muitas dessas comunidades, a infraestrutura é precária, e as condições sanitárias se deterioram rapidamente durante os períodos de cheia, exacerbando os riscos de doenças (Brondizio et al., 2016).

No Brasil, as inundações são fenômenos frequentes, como registrado na Figura 3.2, especialmente em regiões onde grandes rios e suas margens são ocupados por populações urbanas e rurais. As áreas mais afetadas incluem as regiões ribeirinhas da Amazônia, do Pantanal e da Bacia do Rio São Francisco, onde as enchentes sazonais estão profundamente enraizadas na dinâmica social e econômica local. Populações ribeirinhas, que habitam as margens dos rios e dependem diretamente das águas para subsistência, estão particularmente expostas aos efeitos das inundações. Em muitas dessas comunidades, a infraestrutura é precária, e as condições sanitárias se deterioram rapidamente durante os períodos de cheia, exacerbando os riscos de doenças (Brondizio et al., 2016).



Figura 3.2- Igreja atingida pela cheia no Rio Jari, abril de 2022. — Foto: G1 Macapá/AP

As inundações fluviais são um aspecto natural do ciclo hidrológico de rios como o Amazonas e o São Francisco. No entanto, com o crescimento urbano desordenado e a ocupação irregular das margens dos rios, esses eventos naturais tornam-se desastres, já que as áreas de expansão urbana frequentemente não consideram os padrões de cheias periódicas. Segundo Marengo et al. (2013a), a Bacia Amazônica experimenta inundações anuais que afetam centenas de milhares de pessoas, com danos substanciais à infraestrutura e à agricultura. Esse fenômeno também é observado na Bacia do Rio Paraná, onde a ocupação de áreas inundáveis tem aumentado o risco de desastres nas últimas décadas.

Além disso, as inundações no Brasil são fortemente influenciadas por fatores climáticos e geomorfológicos. Outro fator significativo é o impacto das inundações em populações ribeirinhas tradicionais. Comunidades que habitam as margens dos rios da Amazônia, por exemplo, possuem uma relação historicamente próxima com o regime das águas, adaptando suas práticas agrícolas e de pesca às variações sazonais dos níveis dos rios. No entanto, a crescente urbanização dessas regiões, somada às mudanças climáticas, tem alterado os padrões tradicionais de inundações, tornando mais difícil para essas populações prever e se adaptar aos eventos extremos. Segundo Brondizio et al. (2016), as inundações na Amazônia são frequentemente vistas como parte do ciclo de vida das comunidades ribeirinhas, mas as novas dinâmicas urbanas e o desmatamento na região estão exacerbando a severidade desses eventos.

Além das inundações fluviais, é importante destacar o impacto das inundações urbanas no Brasil. As grandes cidades, muitas vezes construídas ao longo de rios e planícies inundáveis, enfrentam enormes desafios em termos de drenagem e gestão de águas pluviais. Em São Paulo, o rio Tietê frequentemente transborda durante as chuvas de verão, causando paralisações em grande parte da cidade. A rápida expansão urbana sem planejamento adequado de infraestrutura, combinada com a impermeabilização do solo, tem contribuído significativamente para o aumento da frequência e severidade das inundações na região (Miguez et al., 2019).

A vulnerabilidade de comunidades ribeirinhas e urbanas às inundações é também exacerbada pela falta de planejamento urbano integrado. Segundo Hirabayashi et al. (2013), a construção em áreas propensas a inundações, combinada com a insuficiência de sistemas de alerta e evacuação, aumenta a exposição dessas populações aos riscos hidrológicos. O uso inadequado do solo e a falta de medidas de proteção, como a construção de diques ou a

preservação de áreas de alagamento natural, são fatores que agravam o impacto das inundações, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais.

Em termos de impactos sanitários, as inundações frequentemente resultam em contaminação das águas, especialmente em áreas com infraestrutura de saneamento precária. Segundo Tucci (2007), as águas de enchentes muitas vezes se misturam com esgoto não tratado, criando condições propícias para a disseminação de doenças de veiculação hídrica, como leptospirose e cólera. Nas regiões ribeirinhas, esse problema é ainda mais acentuado, já que muitas comunidades dependem diretamente da água do rio para consumo e uso doméstico. A falta de serviços adequados de saneamento básico em muitas áreas inundadas intensifica os impactos sanitários, especialmente entre as populações mais vulneráveis (Brondizio et al., 2016).

3.1.2 Enxurradas

As enxurradas, também conhecidas como "flash floods" no contexto internacional, são eventos hidrológicos caracterizados pela elevação rápida e intensa do nível da água, ocorrem frequentemente em regiões montanhosas, como na Serra do Mar, onde a topografia acidentada acelera o escoamento superficial (Tucci, 2007), causados por chuvas torrenciais concentradas em um curto espaço de tempo. A principal característica das enxurradas é sua velocidade, tornando-as extremamente perigosas para áreas urbanas e regiões de relevo acidentado. Ao contrário das inundações, que geralmente têm uma duração mais longa, as enxurradas ocorrem de forma repentina e podem causar destruição significativa em questão de minutos, sem dar tempo para evacuações ou preparações adequadas (Smith & Ward, 1998).

Esses eventos são particularmente frequentes em áreas com características geomorfológicas que facilitam o rápido escoamento da água, como encostas íngremes e vales estreitos, onde a concentração de água em um curto período gera fluxos intensos. Em regiões montanhosas, a combinação de chuvas intensas e solos saturados pode gerar volumes significativos de água em movimento, criando um fenômeno devastador, muitas vezes agravado pela presença de detritos e escombros que são levados pela força da enxurrada. O desastre ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011 (Figura 3.3), é um exemplo trágico das consequências das enxurradas em áreas montanhosas, onde a água em movimento desencadeou deslizamentos de terra e destruição generalizada, causando centenas de mortes e danos materiais incalculáveis (Coelho et al., 2017).



Figura 3.3 - Catástrofe no Rio de Janeiro, 2011. – Fonte: Estadão

Globalmente, enxurradas são comuns em regiões com climas áridos ou semiáridos, como partes do sudoeste dos Estados Unidos, a África do Norte e o Oriente Médio, onde a precipitação pode ocorrer de forma muito intensa e localizada, sobre solos que possuem pouca capacidade de infiltração (Olang & Fürst, 2011). Nessas áreas, a vegetação escassa e os solos compactados reduzem a capacidade do solo de absorver a água, resultando em escoamento superficial extremo e enxurradas rápidas e destrutivas (Olang & Fürst, 2011). Em regiões urbanas, a urbanização descontrolada, com a consequente impermeabilização do solo, agrava o risco de enxurradas. As superfícies pavimentadas, como estradas, calçadas e edifícios, impedem que a água da chuva infiltre no solo, canalizando grandes volumes de água para os sistemas de drenagem, que muitas vezes são insuficientes para lidar com o volume de escoamento (Miguez & Veról, 2014).

Nas cidades, o impacto das enxurradas é exacerbado pela má gestão do uso do solo e pela falta de infraestrutura adequada de drenagem. Em muitas áreas urbanas, os sistemas de drenagem foram projetados para lidar com níveis de precipitação que já não correspondem às realidades climáticas atuais. Com as mudanças climáticas, as precipitações têm se tornado mais imprevisíveis e intensas, levando ao aumento da frequência e severidade das enxurradas (Bates et al., 2008). De fato, estudos indicam que as enxurradas estão se tornando mais frequentes em várias partes do mundo, especialmente em cidades que experimentam crescimento populacional acelerado e expansão urbana desordenada (Marques et al., 2020).

As enxurradas em áreas urbanas são particularmente preocupantes por causa da velocidade com que a água se acumula e escoam pelas ruas. Nas grandes cidades brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, as enxurradas são frequentes durante os meses de verão, quando as chuvas intensas sobrecarregam os sistemas de drenagem já insuficientes, resultando em problemas repentinos nas ruas e enchendo rapidamente vales e avenidas. Segundo Miguez & Veról (2014), a incapacidade de infiltração do solo nas áreas urbanas, juntamente com o subdimensionamento dos sistemas de drenagem, torna as enxurradas urbanas mais intensas e imprevisíveis, levando a um aumento dos danos materiais e do risco à vida humana.

O risco de enxurradas também está associado ao uso inadequado do solo e à ocupação desordenada em áreas de risco, como encostas e margens de rios. Em muitas regiões, a construção de habitações em áreas de declive sem medidas adequadas de controle de escoamento pode aumentar significativamente o risco de enxurradas e deslizamentos. No Brasil, a ocupação irregular de áreas de encosta e várzeas urbanas tem sido um fator determinante para a vulnerabilidade a enxurradas, como observado em desastres recentes na Região Sudeste, que incluem, além da tragédia de 2011 na Serra do Rio de Janeiro, ocorrências em São Paulo, Belo Horizonte e outras grandes cidades (Marques et al., 2020).

Em regiões de relevo acidentado, as enxurradas não apenas causam destruição direta, como também frequentemente desencadeiam deslizamentos de terra, criando uma combinação perigosa de fenômenos naturais. De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), as chuvas intensas em áreas montanhosas e encostas são responsáveis por grande parte dos deslizamentos e desastres associados a enxurradas no Brasil. Esses eventos não só destroem infraestrutura, mas também provocam a perda de vidas humanas, especialmente em comunidades vulneráveis que vivem em áreas de risco (CEMADEN, 2021).

Enxurradas não são um fenômeno isolado do Brasil; na Europa, são comuns em regiões mediterrâneas, como no sul da França, Espanha e Itália, onde a combinação de chuvas intensas e relevo montanhoso cria condições propícias para enxurradas rápidas e destrutivas (Gaume et al., 2009). Nos Estados Unidos, as enxurradas são um problema sério no sudoeste, particularmente em áreas secas, onde o solo é incapaz de absorver rapidamente grandes volumes de água durante tempestades intensas (Bates et al., 2008).

Portanto, o risco de enxurradas pode aumentar em determinadas áreas devido às mudanças climáticas, que alteram os padrões de precipitação e podem intensificar chuvas localizadas

(IPCC, 2021). Estudos indicam que alterações nos regimes de chuva, combinadas com o crescimento urbano descontrolado, contribuem para o aumento da frequência e intensidade desses eventos em algumas localidades (Marques et al., 2020).

3.1.3 Alagamentos

Os alagamentos referem-se ao acúmulo temporário de água em áreas urbanas ou rurais, resultante principalmente de chuvas intensas e da incapacidade do solo ou dos sistemas de drenagem de absorver ou escoar a água de maneira eficiente (Tucci, 2007). Diferente das inundações, que envolvem o transbordamento de corpos d'água como rios e lagos, os alagamentos são causados pela sobrecarga dos sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais e pela impermeabilização do solo, que impede a infiltração da água. Em áreas urbanizadas, onde há alta concentração de superfícies impermeáveis, como concreto e asfalto, esses eventos tornam-se particularmente comuns e problemáticos (Tucci, 2007).

Globalmente, os alagamentos afetam muitas cidades densamente povoadas, especialmente onde o crescimento urbano desordenado e a falta de planejamento adequado para o manejo das águas pluviais contribuem para a frequência e severidade desses eventos (Douglas et al., 2008). Nessas regiões, o desenvolvimento urbano sem planejamento considera pouco os efeitos do aumento da impermeabilização do solo, que diminui a capacidade de absorção da água e intensifica o escoamento superficial, formando grandes bolsões de água nas vias públicas e terrenos abertos.

No Brasil, cidades como São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 3.4) são frequentemente afetadas por alagamentos, principalmente durante o verão, quando as chuvas são mais intensas. De acordo com Marengo et al. (2013b), os alagamentos causam transtornos significativos nas áreas urbanas brasileiras, como interrupções no trânsito, danos materiais e impactos econômicos negativos, especialmente para o comércio e a prestação de serviços. Além disso, o acúmulo de água muitas vezes se mistura com esgoto, agravando os problemas de saúde pública devido ao aumento do risco de doenças como leptospirose e doenças gastrointestinais (dos Santos & Gomes, 2019).



Figura 3.4 - Alagamento na região do Botafogo, Rio de Janeiro.

Em cidades como São Paulo, a urbanização acelerada levou à cobertura de grandes áreas permeáveis com asfalto e concreto, o que reduziu drasticamente a capacidade do solo de absorver as águas pluviais (Marques et al., 2020). Além disso, a sobrecarga dos sistemas de drenagem, muitas vezes projetados para volumes de chuva menores e em descompasso com o crescimento urbano, faz com que as redes pluviais não consigam lidar com o grande volume de escoamento, resultando em enchentes temporárias nas ruas e avenidas.

No contexto global, cidades costeiras como Nova York, Londres e Hong Kong enfrentam desafios semelhantes em relação aos alagamentos. O aumento das chuvas intensas, em conjunto com os efeitos das mudanças climáticas, tem tornado esses eventos mais frequentes e severos. Um estudo conduzido por Kundzewicz et al. (2014) destaca que o aumento da precipitação, aliado à expansão urbana e à impermeabilização do solo, contribui para a amplificação dos problemas relacionados aos alagamentos em diversas regiões do mundo. Nessas cidades, o planejamento urbano inadequado, juntamente com a crescente urbanização, não conseguiu acompanhar as mudanças climáticas e os novos padrões de precipitação, o que resultou em sistemas de drenagem incapazes de escoar o volume excessivo de água de forma eficiente.

Embora os alagamentos sejam considerados menos devastadores que as inundações ou enxurradas em termos de extensão e magnitude, eles ainda podem causar prejuízos significativos em áreas urbanas. Segundo Alves e Vettorazzi (2020), o acúmulo temporário de água em alagamentos tende a escoar rapidamente com a melhora nas condições climáticas. No entanto, os impactos frequentes em cidades densamente urbanizadas geram

transtornos diários, como interrupções nos sistemas de transporte e danos à infraestrutura urbana e residencial, elevando os custos de reparação.

Os impactos dos alagamentos também vão além das perdas econômicas e estruturais. Estudos apontam que a presença de grandes quantidades de água estagnada em áreas urbanas pode favorecer a proliferação de vetores de doenças, como mosquitos transmissores de dengue, chikungunya e zika, que se reproduzem em ambientes úmidos (dos Santos & Gomes, 2019). Nas regiões tropicais, como no Brasil, isso é um problema grave, pois os alagamentos podem agravar a disseminação dessas doenças, além de criar condições insalubres que aumentam o risco de contaminação e doenças gastrointestinais.

No Brasil, a ocorrência de alagamentos tem sido cada vez mais frequente, e sua relação com a falta de planejamento urbano e infraestrutura adequada é evidente. Segundo Miguez e Mascarenhas (2019), a solução para os problemas relacionados aos alagamentos em áreas urbanas depende de uma abordagem integrada que envolva tanto a melhoria da infraestrutura de drenagem quanto o desenvolvimento de soluções sustentáveis, como o uso de pavimentos permeáveis e a preservação de áreas verdes urbanas. Esses estudos sugerem que, para mitigar os impactos dos alagamentos, as cidades precisam adotar estratégias de planejamento que considerem as mudanças climáticas e as projeções de aumento da precipitação, além de promover políticas públicas voltadas à infraestrutura sustentável e à revitalização das redes de drenagem.

3.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS: GLOBAL E LOCAL

3.2.1 Perspectiva Global

O conceito de mudança climática refere-se às alterações de longo prazo nas condições atmosféricas, como temperatura, precipitação e padrões de vento, que influenciam diretamente os sistemas climáticos globais e regionais. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), essas alterações são majoritariamente provocadas por atividades humanas, especialmente a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, que têm levado ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (IPCC, 2021). Esse fenômeno resulta no que é comumente chamado de aquecimento global, um dos aspectos mais alarmantes e amplamente reconhecidos das mudanças climáticas.

O aumento da temperatura média global é um indicativo claro da aceleração do aquecimento global. De acordo com Hansen et al. (2013), a temperatura da Terra subiu aproximadamente 1°C desde o final do século XIX, com a maior parte desse aquecimento ocorrendo nas

últimas décadas. O impacto desse aquecimento é extenso, influenciando diretamente ecossistemas, infraestrutura urbana e a disponibilidade de recursos naturais.

As consequências globais das mudanças climáticas incluem fenômenos como o derretimento acelerado das calotas polares e geleiras, o aumento do nível do mar e a intensificação de eventos climáticos extremos, como furacões, secas e inundações (VijayaVenkataRaman et al., 2012). O degelo nas regiões polares, por exemplo, está contribuindo para a elevação do nível do mar, ameaçando populações costeiras em diversas partes do mundo. Estima-se que milhões de pessoas possam ser deslocadas nas próximas décadas devido à perda de terras costeiras, especialmente em regiões vulneráveis como Bangladesh, ilhas do Pacífico e cidades litorâneas de países desenvolvidos (IPCC, 2018).

Além disso, as mudanças climáticas estão afetando a biodiversidade global, pressionando ecossistemas que já se encontram sob forte ameaça. Espécies em ambientes frágeis, como os recifes de corais, estão enfrentando dificuldades para sobreviver devido ao aumento da temperatura dos oceanos e à acidificação das águas, o que prejudica diretamente a vida marinha e as populações que dependem desses recursos (Hoegh-Guldberg et al., 2018). A perda de biodiversidade compromete a saúde dos ecossistemas e pode gerar desequilíbrios que afetam diretamente a segurança alimentar e hídrica de milhões de pessoas em todo o mundo (Sarkar, 2012).

A disponibilidade de recursos hídricos também é diretamente impactada pelas mudanças climáticas. Regiões que historicamente enfrentavam desafios de acesso à água estão experimentando crises hídricas mais severas, enquanto outras, tradicionalmente mais equilibradas, começam a sofrer com secas prolongadas ou chuvas intensas que desestabilizam a distribuição da água. Isso já está afetando a agricultura e a produção de alimentos em grande escala, o que pode resultar em crises de segurança alimentar em várias partes do mundo (FAO, 2016).

Em resposta a esses desafios, a comunidade internacional tem buscado formular políticas e acordos voltados à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. O Acordo de Paris (2015), por exemplo, é um marco nas negociações globais sobre o clima. O acordo busca limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C, preferencialmente 1,5°C, em relação aos níveis pré-industriais (UNFCCC, 2015). Este compromisso exige que os países adotem metas de redução de emissões de GEE e que implementem medidas de adaptação para lidar com os impactos inevitáveis das mudanças climáticas.

No entanto, a implementação das metas acordadas enfrenta desafios consideráveis. Fatores econômicos, políticos e sociais têm dificultado a adoção generalizada de medidas de mitigação. Países em desenvolvimento, em particular, enfrentam a tensão entre o crescimento econômico e a necessidade de reduzir emissões, enquanto as nações desenvolvidas muitas vezes lutam para equilibrar a proteção climática com seus interesses industriais e energéticos (Lukose, 2017). Além disso, a mobilização de recursos financeiros para ajudar os países em desenvolvimento a enfrentar as mudanças climáticas tem sido insuficiente, mesmo com compromissos feitos por nações ricas.

Outra questão crítica que surge no contexto das mudanças climáticas globais é a desigualdade nos impactos. Países e comunidades que menos contribuíram para o aumento das emissões de GEE são frequentemente os mais vulneráveis aos efeitos devastadores das mudanças climáticas. Nações insulares e comunidades costeiras enfrentam riscos imediatos de aumento do nível do mar, enquanto países em desenvolvimento em regiões áridas enfrentam desafios exacerbados de escassez de água e desertificação (Adger, 2006). Esses desequilíbrios demandam uma abordagem baseada na justiça climática, garantindo que os países e comunidades mais vulneráveis recebam o apoio necessário para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas (Pelling, 2011).

Apesar desses desafios, a necessidade de aumentar a resiliência climática em nível global e local é amplamente reconhecida. A adaptação, através da melhoria da infraestrutura urbana, da agricultura sustentável e da gestão eficiente dos recursos hídricos, tornou-se uma prioridade nas discussões internacionais. No entanto, críticas apontam que as políticas de resiliência e adaptação muitas vezes transferem a responsabilidade para as comunidades mais vulneráveis, sem o apoio estrutural necessário para implementar mudanças eficazes (Jennings, 2011).

3.2.2 Perspectiva Local: Brasil

No Brasil, a relação entre as mudanças climáticas e a gestão das águas pluviais tornou-se uma questão central, dada a vulnerabilidade do país a eventos hidrológicos extremos, como inundações, enxurradas e alagamentos. O Brasil, com seu vasto território e diversidade climática, enfrenta desafios regionais amplificados pela urbanização acelerada e pela ocupação desordenada do solo, fatores que aumentam a exposição a desastres climáticos (Nunes Carvalho et al., 2020; Marengo et al., 2013). A distribuição espacial e temporal

irregular das chuvas, associada às mudanças no regime climático, agrava as dificuldades de manejo das águas pluviais, especialmente em áreas urbanas.

A urbanização sem infraestrutura adequada resultou na impermeabilização excessiva do solo, o que limita a capacidade de infiltração da água da chuva, causando alagamentos frequentes durante eventos de precipitação intensa. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021), a frequência de eventos de precipitação extrema tem aumentado nos últimos anos, sobrecarregando os sistemas de drenagem urbana e levando a perdas materiais significativas, bem como a tragédias humanas, como os deslizamentos de terra ocorridos em áreas de encosta.

A infraestrutura de drenagem urbana no Brasil é muitas vezes inadequada e subdimensionada para lidar com o volume de águas pluviais gerado pelos eventos extremos que se tornaram mais frequentes devido às mudanças climáticas (Miguez et al., 2019). As obras de drenagem tradicionais, como galerias subterrâneas e canalizações, não são suficientes para enfrentar os novos desafios climáticos, sendo necessário incorporar soluções mais sustentáveis e integradas ao planejamento urbano. Entre as estratégias de adaptação, destaca-se o conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto (Low Impact Development - LID), que inclui o uso de pavimentos permeáveis, jardins de chuva e áreas de retenção natural de águas pluviais. Essas soluções, embora ainda limitadas por falta de investimento e planejamento integrado, têm demonstrado potencial para mitigar os impactos das enchentes e alagamentos em áreas urbanas (Nunes Carvalho et al., 2020).

O desenvolvimento de infraestruturas verdes, como a criação de parques lineares e a revitalização de áreas ribeirinhas, também tem sido explorado como uma solução eficaz para lidar com os desafios de manejo de águas pluviais. Estudos demonstram que a preservação e a recuperação de áreas verdes em cidades podem contribuir significativamente para aumentar a capacidade de absorção da água e reduzir o escoamento superficial (Mendonça et al., 2020). Além disso, essas infraestruturas fornecem outros benefícios colaterais, como a melhoria da qualidade de vida urbana e a redução das ilhas de calor, fenômeno comum em áreas densamente urbanizadas.

Outro desafio importante para o Brasil é a governança climática. A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída em 2009, estabelece diretrizes para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. No entanto, sua eficácia tem sido comprometida por problemas de governança, falta de integração entre esferas governamentais e desigualdades

regionais. As regiões mais pobres, particularmente as áreas urbanas periféricas e as comunidades ribeirinhas, são as mais vulneráveis aos impactos climáticos, como enchentes e deslizamentos de terra, e têm menor capacidade de resposta a esses eventos (MMA, 2016). A falta de infraestrutura adequada nessas áreas reflete as desigualdades socioeconômicas que amplificam os efeitos das mudanças climáticas.

Além disso, o processo de urbanização no Brasil tem aumentado a exposição a riscos climáticos, particularmente em áreas ocupadas de maneira irregular. A ocupação de encostas e margens de rios sem a devida regulamentação tem levado ao aumento de áreas de risco, onde as populações vulneráveis enfrentam os impactos mais severos de desastres naturais. Esse cenário exige uma abordagem mais ampla e integrada para lidar com as mudanças climáticas no Brasil, combinando planejamento urbano sustentável com políticas públicas que promovam a resiliência das comunidades vulneráveis.

Embora o Brasil tenha avançado em alguns aspectos da adaptação climática, como o desenvolvimento de sistemas de monitoramento de desastres naturais e a implementação de soluções baseadas na natureza, ainda há um longo caminho a percorrer em termos de investimento e governança. A participação comunitária também é fundamental para o sucesso das políticas de adaptação. Soluções que envolvem a sociedade civil, como campanhas de conscientização sobre a importância de medidas preventivas e a adoção de práticas sustentáveis no uso do solo, têm o potencial de fortalecer a resiliência das cidades brasileiras às mudanças climáticas (Pelling, 2011).

3.3 EXPOSIÇÃO, PERIGOS (*HAZARDS*), VULNERABILIDADE E IMPACTO

A escolha de exposição, perigos (*hazards*), vulnerabilidade, que compõe o risco, e impacto, como atributos para a avaliação da criticidade dos municípios com respeito a eventos hidrológicos extremos está amplamente respaldada pela literatura científica e pelas políticas globais de gestão de riscos. De acordo com Schneiderbauer e Ehrlich (2004), o risco de desastres resulta da interação entre o perigo (*hazard*) e a vulnerabilidade, com a exposição física também sendo considerada um elemento essencial. Essa concepção fundamenta-se na ideia do triângulo do risco, proposta por Crichton, onde os três componentes estão conectados e influenciam o nível de risco (Crichton, 1999), como ilustrado na Figura 3.5.



Figura 3.5 - O triângulo de Crichton. (Fonte: Crichton, 1999)

As políticas globais relevantes incluem o Marco de Sendai para Redução de Riscos de Desastres 2015-2030 (UNDRR, 2015), que destaca a importância de ações integradas para abordar a vulnerabilidade e a exposição como elementos fundamentais na redução de riscos. O Acordo de Paris (UNFCCC, 2015) também se destaca ao incentivar os países a adotar estratégias de adaptação e mitigação climática, levando em conta os impactos sociais e ambientais. Complementando essas iniciativas, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, por meio de seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), enfatiza nos ODS 11 (tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis) e ODS 13 (adotar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos) a necessidade de fortalecer a resiliência das comunidades diante das mudanças climáticas. Adicionalmente, o Relatório Especial do IPCC sobre Riscos Climáticos e Adaptação (Field et al., 2012) reforça a importância de uma abordagem multidimensional na avaliação dos riscos climáticos, integrando conceitos de impacto, exposição, perigos, vulnerabilidade e risco em estratégias de mitigação e adaptação.

Neste contexto, este capítulo fundamenta a relevância desses atributos, apresentando as contribuições de estudos científicos que justificam sua inclusão. Nos parágrafos seguintes, são detalhadas as referências que sustentam a abordagem multidimensional proposta.

De acordo com Adger (2006), os impactos das mudanças climáticas são distribuídos de maneira desigual entre diferentes regiões e populações, sendo exacerbados pelas vulnerabilidades socioeconômicas e pela falta de infraestrutura adequada. Este conceito é

fundamental para a avaliação de criticidade, já que os impactos mensuráveis de desastres hidrológicos, como perdas econômicas e humanas, representam a concretização dos riscos latentes previamente identificados em análises de exposição, perigos e vulnerabilidade, como sugerido por Birkmann (2013). Hallegatte et al. (2020) reforçam a importância de compreender os impactos como um reflexo direto da interação entre esses fatores, destacando que essa perspectiva auxilia na identificação das áreas mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas e na priorização de intervenções.

A exposição é considerada na formulação do risco quando se pretende analisar os aspectos da vulnerabilidade física, e refere-se à população ou propriedade em risco, ou seja, os elementos que são realmente suscetíveis ao dano (Rasch, 2015). Cutter et al. (2003) sublinham que as áreas densamente povoadas, especialmente em regiões urbanizadas e informais, tendem a estar mais expostas a desastres climáticos devido à proximidade de áreas de risco, como encostas e margens de rios. O crescimento desordenado e a ocupação irregular de áreas vulneráveis são fenômenos comuns em cidades brasileiras, e essa exposição crescente às inundações e tempestades é um elemento crucial a ser considerado nas análises de criticidade.

Kundzewicz et al. (2014) e o IPCC (2014) enfatizam a relevância dos perigos (hazards), ou seja, a probabilidade e intensidade dos eventos hidrológicos, como uma variável determinante na avaliação do risco climático. A intensificação dos eventos extremos é uma característica central das mudanças climáticas, conforme identificado por Trenberth (2011), que observa um aumento na intensidade e frequência de chuvas torrenciais e ciclones tropicais. O aumento da probabilidade de eventos hidrológicos extremos torna indispensável a consideração dos perigos no modelo de avaliação, uma vez que ajuda a prever onde e quando os desastres são mais propensos a ocorrer.

A inclusão da vulnerabilidade na avaliação de criticidade é apoiada por uma vasta gama de estudos que analisam os fatores que afetam a capacidade de adaptação das comunidades. Birkmann (2006) e Adger (2006) ressaltam que a vulnerabilidade é um conceito multidimensional, que envolve fatores socioeconômicos, institucionais e ambientais. Populações de baixa renda, sem acesso a serviços básicos ou infraestrutura adequada, são as mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas, conforme discutido por Cutter et al. (2008). No Brasil, onde grande parte das comunidades mais pobres reside em áreas de

risco, a vulnerabilidade social aumenta significativamente a exposição aos desastres e dificulta a recuperação após os eventos.

A literatura também destaca que a combinação dessas cinco variáveis—impacto, exposição, perigos, vulnerabilidade e risco—é fundamental para compreender a complexidade dos riscos climáticos em áreas urbanas. Jongman, Ward e Aerts (2012) argumentam que a integração dessas dimensões oferece uma análise mais completa e precisa dos riscos, permitindo a formulação de políticas públicas que busquem fortalecer a resiliência. Da mesma forma, Field et al. (2012), em um relatório do IPCC, enfatizam que uma análise integrada desses fatores é necessária para compreender as causas subjacentes das vulnerabilidades e para formular estratégias eficazes de adaptação.

Além disso, Rufat et al. (2015) destacam que a vulnerabilidade e a exposição estão interligadas, com áreas de alta densidade populacional e infraestrutura precária apresentando maiores riscos. Essas interdependências tornam imprescindível a análise conjunta desses fatores para obter uma visão abrangente da criticidade dos municípios e, assim, orientar as ações de mitigação e adaptação. Conforme apontado por Hallegatte et al. (2013), sem essa visão integrada, as políticas de resposta a desastres podem não abordar de forma eficiente as causas subjacentes dos impactos climáticos.

Nos capítulos seguintes, cada um desses tópicos – exposição, perigos (hazards), vulnerabilidade, risco e impacto – será amplamente descrito e conceituado, permitindo uma análise detalhada e aprofundada sobre como eles contribuem para a formulação de uma avaliação crítica dos municípios no contexto das mudanças climáticas.

3.3.1 Exposição

Nos últimos anos, a relação entre ocupação do solo e vulnerabilidade a desastres naturais tem sido objeto de crescente preocupação, especialmente em áreas urbanas. O avanço desordenado das cidades e a falta de planejamento adequado têm exposto cada vez mais populações a riscos hidrológicos, como enchentes, tempestades e deslizamentos de terra. A presença de pessoas, infraestruturas e sistemas socioeconômicos em áreas propensas a esses eventos é um fator determinante na ampliação dos impactos causados por desastres. Essa condição, conhecida como exposição, está profundamente relacionada ao crescimento urbano desordenado e à ausência de políticas eficazes de mitigação (IPCC, 2014). Em locais onde a infraestrutura de drenagem é insuficiente, como em muitas cidades brasileiras, a

impermeabilização do solo agrava o escoamento superficial, aumentando o risco de inundações (Pelling & Blackburn, 2014).

A expansão urbana para áreas de risco, muitas vezes motivada pela falta de planejamento urbano adequado, expõe populações inteiras aos impactos de eventos extremos. Cidades brasileiras, como São Paulo, Recife e Belo Horizonte, têm enfrentado problemas relacionados ao crescimento desordenado, que aumenta a vulnerabilidade de comunidades inteiras a enchentes e alagamentos. A impermeabilização do solo em áreas densamente urbanizadas reduz a capacidade de infiltração da água da chuva, resultando em escoamento superficial acentuado e sobrecarga dos sistemas de drenagem, o que intensifica o risco de inundações (Ahern, Kovats, Wilkinson, Few, & Matthies, 2005). Além disso, a ocupação de encostas instáveis e margens de rios por comunidades de baixa renda contribui para o aumento da exposição e das consequências negativas desses eventos (Marengo et al., 2013b).

As características socioeconômicas das populações também desempenham um papel crucial na definição dos níveis de exposição. Birkmann et al. (2013) afirmam que áreas com alta densidade populacional e assentamentos precários são especialmente vulneráveis a eventos hidrológicos, uma vez que os moradores muitas vezes carecem de recursos para se proteger ou se recuperar de desastres. A exposição a riscos hidrológicos é exacerbada pela localização geográfica, sendo as áreas de baixa altitude, como planícies de inundação e deltas de rios, particularmente vulneráveis. Estudos de Field et al. (2012) apontam que áreas costeiras e ribeirinhas, onde a densidade populacional é elevada, estão entre as mais afetadas por inundações frequentes. Com o crescimento populacional previsto para as próximas décadas, é provável que a exposição a desastres hidrológicos aumente consideravelmente, especialmente em áreas com baixa capacidade de resposta a desastres (Jongman, Ward & Aerts, 2012).

O crescimento populacional em áreas de risco também é amplamente influenciado por fatores socioeconômicos, como a falta de acesso a habitação segura e a políticas públicas eficazes de ordenamento territorial. Em muitas cidades do mundo, especialmente em países em desenvolvimento, o crescimento desordenado leva à ocupação de áreas perigosas, como encostas íngremes e margens de rios, o que amplifica a exposição das populações a desastres hidrológicos (Mendonça et al., 2020). Essa realidade é especialmente preocupante em cidades costeiras, onde o aumento do nível do mar, combinado com tempestades e chuvas intensas, tem agravado o risco de inundações. O IPCC (2014) sugere que, até o final do

século, a exposição a riscos hidrológicos pode aumentar em até 50%, com o crescimento populacional em áreas de risco, o aumento do nível do mar e a intensificação dos eventos de precipitação.

A falta de infraestrutura adequada em áreas urbanas vulneráveis contribui significativamente para a ampliação da exposição. Sistemas de drenagem inadequados e a falta de planejamento urbano para lidar com volumes crescentes de chuvas são fatores que agravam a situação. Em áreas urbanizadas sem infraestrutura de drenagem eficiente, as enchentes ocorrem com maior frequência e intensidade. Estudos apontam que as áreas urbanas sem capacidade de resposta adequada aos desafios climáticos futuros serão as mais afetadas pelas mudanças no padrão de chuvas, o que reforça a necessidade urgente de integrar o planejamento de infraestrutura à gestão de riscos hidrológicos (Hallegatte et al., 2013).

Além dos fatores físicos e infraestruturais, a exposição social é amplamente influenciada por questões de justiça social e desigualdade. As populações mais pobres, frequentemente localizadas em áreas de risco, são as que menos têm capacidade de se adaptar aos impactos das mudanças climáticas. Nessas comunidades, a falta de acesso a serviços básicos, como saneamento e energia, e a incapacidade de adotar medidas preventivas eficazes, como o reforço de moradias, agravam as consequências dos desastres hidrológicos. Pelling (2011) aponta que a desigualdade social é um dos maiores fatores de amplificação da exposição, sendo essencial que as políticas públicas levem em consideração as necessidades específicas dessas populações para reduzir a vulnerabilidade de forma efetiva.

3.3.2 Perigos (*Hazards*)

Os perigos (*hazards*) referem-se à probabilidade de ocorrência de eventos extremos que podem causar danos significativos, como inundações, enchentes e tempestades severas. Essa probabilidade é diretamente influenciada por fatores climáticos e mudanças ambientais, que têm intensificado a frequência e a magnitude desses eventos em diversas regiões do planeta. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), o aumento das temperaturas globais está alterando o ciclo hidrológico, intensificando os padrões de precipitação e aumentando a probabilidade de eventos hidrológicos extremos, como chuvas torrenciais e ciclones tropicais.

O aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos agrava o risco de desastres naturais, particularmente em áreas densamente urbanizadas. Trenberth (2011) observa que o aquecimento global intensifica o ciclo hidrológico, aumentando a umidade na atmosfera e,

consequentemente, a severidade das chuvas. Esse fenômeno é evidente em diversas cidades brasileiras, onde o crescimento urbano desordenado e a impermeabilização do solo têm agravado as consequências desses eventos, resultando em alagamentos e inundações recorrentes. Marengo et al. (2013) destacam que as cidades brasileiras frequentemente enfrentam eventos extremos agravados pela ocupação desordenada e pela ausência de infraestrutura adequada.

A análise dos perigos hidrológicos também deve considerar os padrões históricos e as projeções climáticas futuras. Kundzewicz et al. (2014) destacam que a probabilidade de eventos extremos pode ser quantificada por meio de séries históricas de dados climáticos, combinadas com modelos preditivos baseados em cenários de mudanças climáticas. No Brasil, eventos como o ciclone extratropical que atingiu Santa Catarina em 2004 exemplificam a severidade dos perigos hidrológicos e a necessidade de monitoramento contínuo e planejamento preventivo. Silva Dias e Marengo (2019) reforçam que eventos como esse sublinham a importância de dados regionais e históricos na formulação de estratégias preventivas.

Em áreas costeiras, os perigos são agravados pela elevação do nível do mar e pelo aumento da intensidade de tempestades tropicais. Nicholls et al. (2007) alertam que cidades costeiras estão particularmente vulneráveis a inundações severas e erosão, com impactos significativos para a infraestrutura urbana e as comunidades locais. No Brasil, cidades como Recife e Salvador enfrentam desafios crescentes relacionados à elevação do nível do mar e à intensificação das tempestades, o que torna indispensável a implementação de políticas adaptativas e preventivas. Knutson et al. (2010) também ressaltam que a combinação do aumento do nível do mar com tempestades mais intensas eleva os riscos em áreas costeiras densamente povoadas.

A intensificação dos eventos extremos reforça a necessidade de monitorar e compreender a probabilidade desses perigos para melhorar a gestão de riscos. Jongman, Ward e Aerts (2012) argumentam que a análise detalhada da probabilidade de ocorrência de eventos extremos, combinada com informações sobre os impactos esperados, é essencial para a formulação de estratégias eficazes de mitigação. Trabalhos como o de Silva Dias e Marengo (2019) destacam a relevância de metodologias regionais no contexto brasileiro, onde características locais exigem soluções adaptadas às particularidades de cada região.

3.3.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade das cidades diante das mudanças climáticas e dos impactos hidrológicos é amplamente condicionada por fatores sociais, econômicos, físicos e ambientais. Populações que residem em áreas suscetíveis, como margens de rios e regiões baixas, são particularmente vulneráveis devido à sua proximidade com os focos de alagamento e pela falta de infraestrutura adequada para lidar com eventos climáticos extremos. Marengo et al. (2013b) destacam que a urbanização acelerada e desordenada amplifica a vulnerabilidade das populações urbanas, dificultando a implementação de soluções eficazes para a drenagem e manejo das águas pluviais.

A vulnerabilidade física é um dos aspectos mais críticos, especialmente em cidades onde a infraestrutura é insuficiente para lidar com o volume crescente de chuvas intensas. A impermeabilização do solo, a perda de áreas verdes e o crescimento desordenado reduzem a capacidade das áreas urbanas de absorver água, aumentando o escoamento superficial e a incidência de alagamentos e inundações. Miguez et al. (2015) ressaltam que, em muitas cidades brasileiras, a ausência de um planejamento adequado para a gestão das águas pluviais exacerba a vulnerabilidade das comunidades, aumentando o número de desabrigados e o número de óbitos causados por eventos hidrológicos extremos.

A vulnerabilidade social está fortemente vinculada à pobreza e à desigualdade socioeconômica. Comunidades que vivem em áreas informais, frequentemente localizadas em regiões de alto risco, têm menos acesso a recursos, menor qualidade de infraestrutura e sistemas de proteção, e enfrentam maior dificuldade de recuperação após desastres (Cutter et al., 2003). Essas comunidades são desproporcionalmente afetadas por eventos extremos, não apenas pela exposição física, mas também pela falta de serviços básicos e políticas públicas eficazes que possam reduzir os impactos. A combinação de fatores como baixa renda, educação limitada e deficiência física resulta em uma vulnerabilidade social ampliada, como demonstrado pelo índice de vulnerabilidade social, desenvolvido por Cutter et al. (2008).

A vulnerabilidade econômica está relacionada à capacidade das comunidades e dos sistemas urbanos de se recuperar após desastres hidrológicos. Regiões economicamente mais frágeis tendem a sofrer perdas mais duradouras devido à falta de infraestrutura de recuperação e à dificuldade de atrair investimentos para reconstrução (Rufat et al., 2015). A economia local também é afetada pela depreciação de imóveis em áreas de risco e pela interrupção de

serviços essenciais, como eletricidade e transporte, que podem demorar semanas ou até meses para serem totalmente restabelecidos.

Birkmann (2006) enfatiza que a vulnerabilidade é um conceito multidimensional e deve ser abordado sob várias perspectivas, incluindo a institucional. A vulnerabilidade institucional refere-se à capacidade (ou incapacidade) das instituições locais e nacionais de coordenar ações preventivas e de resposta rápida a eventos climáticos extremos. Em muitos casos, a falta de governança eficaz, combinada com políticas públicas inadequadas, agrava a situação das comunidades vulneráveis. A ausência de mapeamento de áreas de risco e de políticas de manejo sustentável das águas pluviais impede a identificação precoce de áreas mais suscetíveis, aumentando a vulnerabilidade das cidades a desastres hidrológicos (Hallegatte et al., 2020).

Por outro lado, a vulnerabilidade ambiental refere-se à degradação dos ecossistemas urbanos e à perda de serviços ambientais essenciais, como a capacidade de infiltração da água e a regulação natural de enchentes por meio de áreas verdes e corpos d'água naturais. A destruição de ecossistemas florestais e manguezais para dar lugar à expansão urbana remove barreiras naturais contra inundações, deixando as áreas urbanas mais expostas (Adger, 2006). A vulnerabilidade ambiental, portanto, não está apenas relacionada à infraestrutura urbana, mas também à degradação dos sistemas ecológicos que atuam como buffers naturais contra desastres hidrológicos.

A vulnerabilidade de infraestrutura é outra dimensão relevante, especialmente em áreas onde os sistemas de drenagem e de gestão de águas pluviais são inadequados para suportar o volume crescente de água durante chuvas intensas. Em muitas cidades brasileiras, as redes de escoamento pluvial são antigas e insuficientes, o que leva a frequentes alagamentos e inundações (Miguez et al., 2015). O envelhecimento da infraestrutura também dificulta a manutenção e a capacidade de adaptação das cidades às novas condições climáticas impostas pelas mudanças globais.

A vulnerabilidade tecnológica também pode ser um fator crítico, principalmente em áreas que dependem de infraestruturas tecnológicas para prever e monitorar eventos climáticos extremos. A ausência ou falha de sistemas de alerta precoce, como radares meteorológicos e sensores de monitoramento, aumenta o risco de que as populações sejam pegas de surpresa por desastres hidrológicos, como enchentes repentinas e tempestades (Birkmann, 2006).

Essa vulnerabilidade se agrava em regiões com menos acesso à tecnologia e menor capacidade de implementar sistemas eficazes de monitoramento.

3.3.4 Risco

O conceito de risco está intrinsecamente ligado à interação entre os componentes de exposição, perigos (hazards) e vulnerabilidade, sendo amplamente representado na literatura por meio de abordagens como o Triângulo de Crichton (Crichton, 1999). Essa representação pode ser formalizada pela Equação 3.1:

$$Risco = f(Perigo, Vulnerabilidade, Exposição) \quad (\text{Equação 3.1})$$

Essa representação descreve o risco como uma função da sobreposição entre esses elementos, oferecendo uma base para a análise de criticidade no contexto dos eventos hidrológicos extremos. Como detalhado nas seções anteriores, cada um desses componentes apresenta características específicas que, combinadas, formam a base para a compreensão do risco (Cutter et al., 2003; Kundzewicz et al., 2014; Birkmann, 2006).

No contexto dos desastres hidrológicos extremos, o risco é frequentemente abordado como a probabilidade de impactos, perdas ou danos resultantes da interação entre perigos, exposição e vulnerabilidade. Hallegatte et al. (2020) argumentam que compreender o risco exige uma análise integrada desses fatores, destacando que os impactos observados são manifestações diretas do risco previamente identificado. Essa perspectiva é alinhada à abordagem do Relatório Especial do IPCC sobre Riscos Climáticos e Adaptação (Field et al., 2012), que enfatiza a necessidade de avaliar os riscos de forma multidimensional, considerando tanto os fatores físicos quanto os socioeconômicos.

Estudos recentes destacam a relevância do risco como um conceito dinâmico, influenciado por mudanças nos padrões de urbanização, clima e capacidade adaptativa das comunidades (Jongman, Ward e Aerts, 2012). No Brasil, por exemplo, a combinação de urbanização desordenada, intensificação dos eventos climáticos e desigualdades sociais tem resultado em uma crescente vulnerabilidade ao risco de desastres hidrológicos (Adger, 2006; Hallegatte et al., 2020). Nesse cenário, ferramentas conceituais como o Triângulo de Crichton são particularmente úteis para visualizar e interpretar as interações entre os componentes do risco (Crichton, 1999).

Embora exposição, perigos e vulnerabilidade sejam discutidos como componentes fundamentais do risco, a literatura também aponta para a importância de considerar fatores

contextuais, como governança e sistemas de alerta precoce, na avaliação do risco em cenários urbanos (Birkmann, 2013; Rufat et al., 2015). Essas variáveis adicionais podem alterar significativamente a percepção e a materialização do risco, especialmente em regiões onde os sistemas de mitigação são limitados.

Como destacado anteriormente, o risco deve ser compreendido não apenas como uma interação estática entre exposição, perigos e vulnerabilidade, mas como um processo dinâmico e contextual que reflete as condições específicas de cada localidade. Essa visão é reforçada por Cutter et al. (2008), que argumentam que as desigualdades sociais amplificam o risco em comunidades mais vulneráveis, particularmente na ausência de políticas públicas eficazes.

3.3.5 Impactos

No contexto das mudanças climáticas e da gestão de águas urbanas, os impactos de eventos hidrológicos extremos representam a materialização do risco, refletindo a interação de fatores como exposição, vulnerabilidade e perigos. Segundo Birkmann et al. (2013), o risco é frequentemente medido e compreendido por suas manifestações tangíveis, ou seja, pelos impactos observáveis em termos de danos materiais, humanos e econômicos. Assim, os impactos não apenas evidenciam os riscos preexistentes, mas também revelam falhas na mitigação, na preparação e na adaptação aos desastres hidrológicos.

Os sistemas de drenagem urbanos, em sua maioria, foram projetados para condições climáticas que já não correspondem à realidade atual. A ausência de infraestrutura eficiente para lidar com chuvas intensas aumenta significativamente os impactos, traduzindo-se em alagamentos frequentes e inundações que afetam milhares de imóveis (Alves e Vettorazzi, 2020). Essa incapacidade estrutural de mitigar os impactos demonstra a materialização do risco em áreas urbanas desordenadas, onde a vulnerabilidade social e a exposição são mais acentuadas. Miguez e Mascarenhas (2019) ressaltam que, no contexto brasileiro, a rápida urbanização e a falta de investimentos em sistemas atualizados amplificam a criticidade desses eventos, tornando os impactos mais evidentes e recorrentes.

Os danos materiais, como a destruição de edificações, interrupção de serviços essenciais e degradação da infraestrutura urbana, configuram manifestações diretas do risco hidrológico. Hallegatte et al. (2020) destacam que os impactos materiais revelam as fragilidades acumuladas pela combinação de vulnerabilidade social, planejamento inadequado e

exposição crescente aos perigos. Nessas condições, os impactos se tornam indicadores concretos da intensidade e severidade do risco enfrentado pelos municípios.

Da mesma forma, os impactos humanos e sociais, como perdas de vidas, deslocamentos forçados e traumas psicológicos, tornam evidente a interação entre os fatores de risco. Hallegatte et al. (2013) afirmam que os efeitos sociais dos desastres hidrológicos devem ser vistos como manifestações da incapacidade de mitigar ou responder adequadamente aos riscos.

Os impactos econômicos também configuram uma materialização evidente do risco, com prejuízos que vão além dos danos imediatos. Jongman, Ward e Aerts (2012) argumentam que os impactos econômicos, como a depreciação de propriedades, a interrupção de cadeias produtivas e os altos custos de reconstrução, são consequências diretas da exposição inadequada e da vulnerabilidade acumulada. Além disso, os custos econômicos de longo prazo refletem a persistência dos riscos, evidenciando como os impactos tangibilizam essas condições.

De acordo com Ashley et al. (2021), a mensuração dos impactos de eventos hidrológicos é indispensável para compreender a materialização dos riscos em diferentes escalas temporais. Os autores destacam que os impactos imediatos, como danos físicos, devem ser avaliados em conjunto com os efeitos de longo prazo, como deterioração da saúde pública, perda de empregos e migração forçada. Essa análise integrada reforça a ideia de que os impactos não são apenas consequências isoladas, mas representam a manifestação contínua do risco nas comunidades afetadas.

Além disso, é necessário considerar os impactos indiretos e cumulativos desses eventos, que afetam não apenas as áreas atingidas diretamente, mas também regiões adjacentes. Tucci (2007) observa que a interdependência das infraestruturas urbanas torna os impactos uma evidência prática das condições de risco existentes. Uma inundação que afeta um setor da cidade pode interromper o fornecimento de serviços essenciais, como transporte e eletricidade, em outros, estendendo os impactos para além das áreas diretamente atingidas. Essa interconexão evidencia como os impactos traduzem os riscos em consequências observáveis, reforçando a necessidade de análises detalhadas e integradas para compreender as dinâmicas de vulnerabilidade e criticidade nos municípios.

3.3.6 Interconexão com Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

O manejo de águas pluviais urbanas destaca-se como um conceito abrangente que integra aspectos tradicionais de drenagem urbana a práticas mais amplas de planejamento e gestão ambiental, incluindo a consideração de elementos como infraestrutura cinza e soluções baseadas na natureza, como discutido por Tucci (2007) e Zevenbergen et al. (2018). Enquanto a drenagem é amplamente associada à infraestrutura técnica destinada ao escoamento das águas pluviais – como tubulações, canais e galerias –, o manejo busca incorporar estratégias sustentáveis, incluindo soluções baseadas na natureza, gestão integrada do território e sistemas de alerta precoce. Essa evolução conceitual responde aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e ao aumento da intensidade e irregularidade dos regimes de precipitação (Tucci, 2007; Field et al., 2012).

Como detalhado nos capítulos anteriores, os componentes de exposição, riscos, perigos (hazards) e vulnerabilidade estão intrinsecamente ligados à forma como a água da chuva é manejada em áreas urbanas. Em cenários de mudanças climáticas, a interação entre esses fatores intensifica a criticidade de eventos hidrológicos, como inundações e enxurradas. Infraestruturas projetadas para condições climáticas passadas frequentemente se mostram insuficientes frente às novas demandas, ampliando os impactos em áreas vulneráveis e expondo populações a riscos cada vez maiores (Hallegatte et al., 2020).

Em Copenhague, por exemplo, a implementação de parques lineares e sistemas de drenagem natural resultou na redução do escoamento superficial e na promoção de uma adaptação mais eficaz às chuvas intensas (Zevenbergen et al., 2018). Essas abordagens combinam infraestrutura técnica e práticas inovadoras, servindo como referência para a integração de soluções baseadas na natureza no contexto brasileiro (Adger, 2006; Pelling, 2011).

No Brasil, a ausência de políticas nacionais coordenadas e a fragmentação na gestão urbana dificultam a adoção de práticas avançadas de manejo de águas pluviais. Problemas como a urbanização desordenada e a ocupação de áreas de risco agravam a exposição de populações vulneráveis e comprometem a eficácia das infraestruturas existentes (Maricato, 2000; Rufat et al., 2015). Soluções como pavimentos permeáveis e áreas de retenção temporária têm se mostrado promissoras, mas enfrentam barreiras técnicas, institucionais e financeiras para sua implementação em larga escala (Miguez et al., 2019).

Adaptação climática eficaz demanda uma visão estratégica que combine sistemas tradicionais de drenagem com inovações tecnológicas e soluções naturais. Tecnologias

emergentes, como big data e inteligência artificial, podem aprimorar a previsão de eventos extremos e apoiar o planejamento preventivo, enquanto ferramentas de monitoramento em tempo real fortalecem a resposta a desastres (Gaitan et al., 2019; UNDRR, 2020). Essas tecnologias, integradas a políticas públicas voltadas à redução de vulnerabilidades, podem transformar a maneira como cidades brasileiras lidam com eventos hidrológicos extremos (Santos & Ribeiro, 2015).

Outro aspecto essencial é a promoção da justiça social no planejamento e execução de políticas de manejo de águas pluviais. Populações de baixa renda, que frequentemente ocupam áreas mais expostas a riscos hidrológicos, enfrentam os maiores desafios em termos de adaptação e recuperação (Maricato, 2000). Estratégias inclusivas que considerem desigualdades socioeconômicas são cruciais para garantir intervenções mais equitativas e eficazes (Rufat et al., 2015).

A interconexão entre os elementos discutidos – exposição, perigos e vulnerabilidade, que integram o risco – reforça a necessidade de um manejo de águas pluviais urbanas que vá além da infraestrutura técnica. O alinhamento entre planejamento urbano, soluções sustentáveis e políticas de mitigação permite reduzir os impactos de eventos extremos e promover um desenvolvimento urbano resiliente, inclusivo e sustentável.

3.4 MUNICÍPIOS CRÍTICOS BRASILEIROS

Entre os anos de 2012 e 2015, foi desenvolvido o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais, como parte do Programa Temático 2040, voltado para a gestão de riscos e desastres. Esse plano foi integrado ao Plano Plurianual (PPA) e estruturado em três eixos centrais: prevenção, monitoramento e alerta; mapeamento das áreas de risco; e resposta e reconstrução (Brasil, 2014). O relatório anual de avaliação do PPA 2012-2015 identificou 821 municípios brasileiros como áreas de maior criticidade para desastres relacionados a inundações, enxurradas, deslizamentos e secas (Brasil, 2015). Esses municípios concentraram 94% dos óbitos e 88% da população desabrigada ou desalojada entre 1991 e 2010, evidenciando sua vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos.

A partir da listagem original, os municípios críticos foram mapeados e setorizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) como áreas de alto ou muito alto risco para movimentos de massa e enchentes. Esse mapeamento foi realizado com o objetivo de subsidiar o planejamento de atividades como emissão de alertas e ações de mitigação, visando identificar regiões suscetíveis a deslizamentos e enchentes e possibilitar a prevenção

de desastres (Sampaio et al., 2013). As áreas de risco elevado são aquelas onde, mantidas as condições atuais, a ocorrência de eventos destrutivos é possível durante períodos de chuvas intensas e prolongadas. Já as áreas de muito alto risco apresentam uma probabilidade significativamente maior de eventos destrutivos durante a estação chuvosa (Brasil, 2020).

Uma das iniciativas recentes do Governo Federal voltada ao apoio de sistemas de drenagem urbana sustentável e ao manejo de águas pluviais em municípios críticos sujeitos a eventos recorrentes de inundações, enxurradas e alagamentos estabelece critérios específicos para atendimento. Esses municípios devem possuir mapeamentos de setorização de risco realizados ou reconhecidos pela CPRM e apresentar eventos hidrológicos críticos como processos dominantes (Brasil, 2020). Em 2021, a CPRM, por demanda local dos municípios, identificou 1.279 municípios como críticos, os quais concentraram cerca de 57% das ocorrências de inundações e alagamentos em nível nacional, além de mais de 60% das ocorrências de enxurradas. Esses eventos tiveram impacto significativo na população, com aproximadamente 75% dos desabrigados e desalojados concentrados nesses municípios (Brasil, 2022b).

Paralelamente, o aumento da frequência e intensidade dos eventos extremos de chuva criou um cenário de vulnerabilidade crescente, especialmente em países de grande extensão territorial, como o Brasil. Populações que vivem em áreas de risco, muitas vezes com condições precárias de moradia e infraestrutura, são as mais impactadas por esses desastres (Brasil, 2022a). Entre 1991 e 2022, segundo o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), ocorreram 23.611 eventos relacionados a desastres hidrológicos, resultando em 3.890 mortes e mais de 8,2 milhões de desalojados e desabrigados.

A urbanização acelerada e desordenada, aliada à segregação socioespacial, faz com que populações de baixa renda ocupem áreas inadequadas e propensas a inundações e deslizamentos, aumentando sua vulnerabilidade (Brasil, 2022a). Essas comunidades, frequentemente sem recursos para adaptação ou recuperação, enfrentam desafios agravados pela precariedade de infraestrutura e pela falta de políticas eficazes de mitigação.

Avanços institucionais foram observados no Brasil, como a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) em 2012 e a ampliação do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), reestruturado no mesmo ano. Além disso, a Lei nº 12.608/2012 instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), estabelecendo uma base legal para a gestão de riscos e desastres

no país. Esses avanços fortaleceram o monitoramento, o alerta e o mapeamento de áreas de risco, com atuação da CPRM e da Agência Nacional de Águas (ANA).

Nos anos subsequentes, observou-se um aumento no número de municípios críticos atendidos pelas políticas públicas de gestão de riscos e desastres, reflexo tanto do agravamento dos impactos das mudanças climáticas quanto da ampliação dos critérios para a identificação de áreas vulneráveis. A partir de 2018, o Plano Nacional de Gestão de Riscos foi integrado ao Programa 2218, promovendo iniciativas estratégicas que priorizam o apoio a sistemas de drenagem urbana sustentável em municípios críticos. Em 2020, ações específicas reforçaram essa estratégia, destacando a importância do manejo de águas pluviais em municípios vulneráveis, em alinhamento com os mapeamentos realizados pela CPRM para identificar áreas de risco e subsidiar políticas públicas voltadas à mitigação de desastres.

O número de municípios críticos identificados aumentou significativamente, passando de 821 em 2012 para 1.290 em 2022, conforme ilustrado na Figura 3.5. Embora esse aumento represente um avanço nas políticas de gestão de riscos, a simples listagem de municípios críticos não é suficiente para priorizar a alocação de recursos ou identificar as áreas mais necessitadas de intervenção. A ausência de distinções claras entre os níveis de criticidade dificulta o planejamento e pode levar à negligência de municípios que enfrentam situações mais graves ou que estão prestes a se tornar vulneráveis devido à intensificação dos eventos hidrológicos.

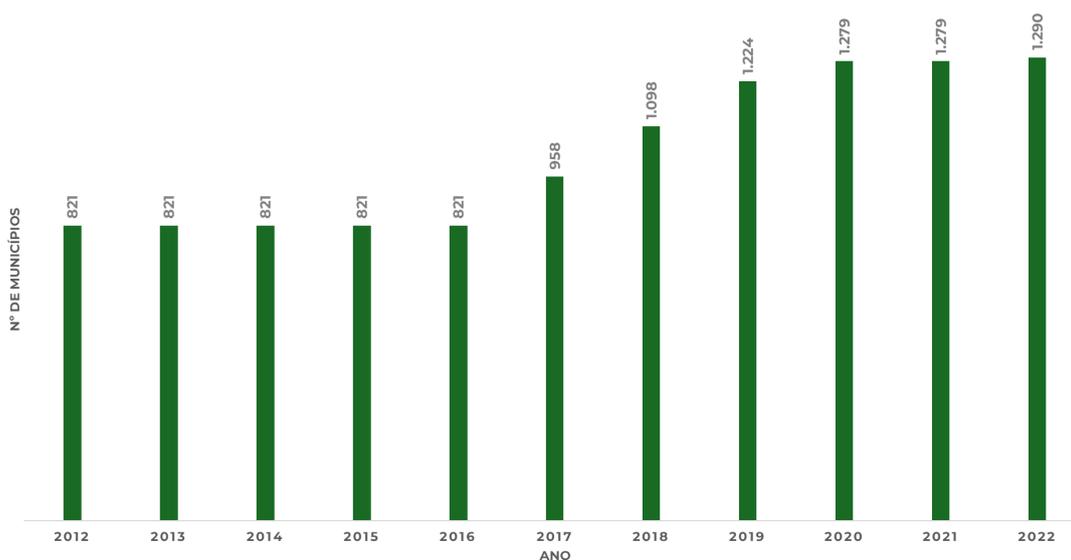


Figura 3.6 - Evolução dos municípios considerados críticos indicados como Processo Dominante 1, 2 ou 3 de origem Hidrológica

Esta dissertação busca contribuir para preencher a lacuna identificada ao propor um modelo que amplia a análise dos municípios críticos no Brasil. Diferentemente da abordagem tradicional, que se limita a listar municípios com base em critérios amplos, o modelo aqui desenvolvido adota indicadores específicos – como exposição, perigos e vulnerabilidade – para oferecer uma avaliação mais detalhada e contextualizada. Essa abordagem não apenas prioriza os municípios já classificados como críticos, mas também permite identificar aqueles que, devido à intensificação dos eventos climáticos extremos, apresentam potencial para se tornarem críticos no futuro.

Ao incorporar esses critérios em uma estrutura integrada, o modelo oferece uma visão mais aprofundada sobre as diferentes dimensões da criticidade, possibilitando a distinção entre níveis de vulnerabilidade e risco entre os municípios. Essa distinção é fundamental para otimizar o planejamento e a alocação de recursos, evitando que municípios em situações mais graves sejam negligenciados ou que outros, à beira da criticidade, não recebam a atenção necessária para prevenir agravamentos futuros.

Dessa forma, pretende-se não apenas complementar a listagem existente, mas também fornecer um instrumento que subsidie decisões mais estratégicas, contribuindo para a formulação de políticas públicas mais responsivas às necessidades reais dos municípios e às mudanças climáticas em curso.

3.5 O SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS)

Para atender à necessidade de aprimorar o planejamento, monitoramento e gestão dos serviços de saneamento básico no Brasil, especialmente diante do rápido crescimento urbano e da precariedade da infraestrutura em várias regiões, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) foi criado em 1994, como parte do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS). Inicialmente coordenado pela Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento (SEPURB/MPO), o SNIS foi desenvolvido com o objetivo de coletar, sistematizar e disponibilizar dados detalhados sobre os serviços de saneamento, fornecendo informações essenciais para a formulação de políticas públicas, a alocação eficiente de recursos e o aprimoramento da gestão municipal e estadual. Desde então, o SNIS tornou-se uma ferramenta indispensável para gestores, pesquisadores e a

sociedade em geral, permitindo uma análise contínua e abrangente dos serviços de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana, promovendo a transparência e a eficácia na implementação de políticas de saneamento no Brasil. (Borges *et al.*, 2022).

Inicialmente, o SNIS foi desenvolvido com foco na coleta de dados dos serviços de água e esgoto, formando o módulo de Água e Esgoto (SNIS-AE), cujo primeiro diagnóstico foi publicado em 1995. Com o tempo, o sistema expandiu sua cobertura para incluir outros aspectos do saneamento. Em 2002, foi criado o módulo de Resíduos Sólidos (SNIS-RS), voltado para o levantamento de dados sobre a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos. Em 2015, um marco importante foi a introdução do módulo Águas Pluviais (SNIS-AP), que trouxe à tona a coleta de dados referentes à drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU), um componente essencial para mitigar os efeitos dos eventos hidrológicos extremos nas áreas urbanas. (Borges *et al.*, 2022).

Atualmente, o SNIS está sob a responsabilidade da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), vinculada ao Ministério das Cidades. O sistema realiza uma coleta anual de informações, conforme mostrado na Figura 3.5, que abrangem diferentes setores do saneamento básico, oferecendo uma visão detalhada sobre o desempenho e as condições desses serviços em todo o território brasileiro. O objetivo central do SNIS é fornecer dados abrangentes e acessíveis para subsidiar a formulação de políticas públicas, orientar a alocação de recursos financeiros, melhorar a gestão dos serviços de saneamento e facilitar a regulação e fiscalização desses serviços.



Figura 3.7 - Ciclo de coleta anual do SNIS

As informações geradas pelo SNIS são amplamente utilizadas por gestores públicos, prestadores de serviços, acadêmicos e a sociedade em geral. Além de servir como base para o planejamento e execução de políticas públicas, o SNIS também oferece dados valiosos para a avaliação de desempenho dos prestadores de serviços de saneamento e para a identificação de áreas prioritárias para investimento. Entre suas funcionalidades mais conhecidas, destacam-se o Painel de Informações sobre Saneamento, que disponibiliza os dados de forma interativa e didática, e a Série Histórica do SNIS, uma aplicação web que apresenta todos os dados coletados desde o início do sistema.

3.5.1 SNIS – Águas Pluviais (SNIS-AP)

O módulo Águas Pluviais (AP), criado em 2015, foi desenvolvido para preencher uma lacuna importante na gestão dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas no Brasil. Esse módulo tem como foco a coleta de informações sobre a infraestrutura e a operação dos sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, além de dados sobre o planejamento e a gestão dos riscos associados aos eventos hidrológicos impactantes, como inundações e alagamentos. O SNIS-AP representa um avanço significativo para a gestão integrada das águas pluviais urbanas, proporcionando um instrumento valioso para o planejamento municipal, estadual e federal.

Neste contexto, a evolução na quantidade de municípios participantes das coletas de dados do SNIS-AP tem sido expressiva desde a criação do módulo em 2015. Como ilustra a Figura 3.7, a adesão dos municípios ao SNIS-AP passou de 2.541 em 2015 (45,6% de participação) para 4.833 em 2022, representando 86,8% dos municípios brasileiros. Este aumento progressivo na participação reflete o reconhecimento da importância do sistema como uma ferramenta de apoio à gestão municipal e ao planejamento de infraestrutura de drenagem e manejo de águas pluviais. A maior adesão também fortalece a base de dados, permitindo análises mais detalhadas e precisas sobre os municípios brasileiros e a eficácia das políticas públicas voltadas para a mitigação de riscos hidrológicos. Essa evolução, visível na quantidade de municípios participantes, contribui diretamente para a consolidação do SNIS-AP como um instrumento essencial na formulação de políticas de resiliência urbana frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

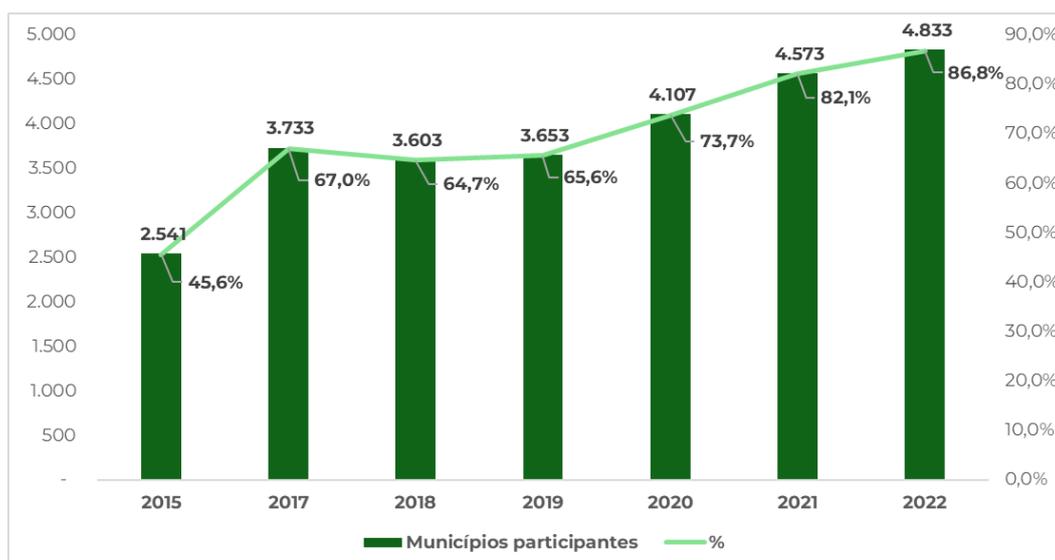


Figura 3.8 - Evolução da participação dos municípios no SNIS-AP ao longo dos anos de referência.

Para trabalhar com os elementos fornecidos pelo SNIS-AP, é essencial distinguir entre dados, informações e indicadores. Os dados são os registros brutos, qualitativos ou quantitativos, coletados diretamente dos prestadores de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, como resultados de medições ou contagens específicas.

As informações, por outro lado, são os campos organizados que estruturam esses dados no contexto do sistema. No SNIS-AP 2022, há 127 campos de informações que abrangem aspectos relacionados à infraestrutura e à gestão dos serviços de drenagem urbana. Esses campos incluem, por exemplo, a extensão das redes de drenagem, o número de dispositivos de captação instalados e outras características específicas reportadas pelos municípios. Já os indicadores correspondem a métricas derivadas do cruzamento ou processamento de duas ou mais dessas informações primárias. No SNIS-AP, são calculados 25 indicadores que fornecem uma visão mais estruturada e comparativa sobre o desempenho das infraestruturas de drenagem e a gestão dos serviços (Brasil, 2023).

Entre as informações coletadas pelo SNIS-AP estão dados sobre a infraestrutura existente, como a extensão e o estado operação e manutenção dos sistemas de drenagem, a capacidade de retenção das águas pluviais e a existência de sistemas de alerta de riscos para inundações. Essas informações servem de base para o cálculo dos indicadores, que oferecem uma visão mais detalhada e comparativa sobre o desempenho dos serviços de drenagem. Além disso, o SNIS-AP coleta informações sobre as estratégias adotadas pelos municípios para a mitigação

de riscos e a existência de planos diretores e políticas públicas voltadas para a gestão eficiente das águas pluviais.

O SNIS-AP oferece uma plataforma para que municípios e estados brasileiros avaliem e comparem suas condições de gestão de águas pluviais, permitindo a identificação de áreas impactadas, da parcela da população exposta a riscos, dos perigos associados a eventos hidrológicos extremos e das áreas mais vulneráveis. Além de fornecer dados detalhados sobre infraestruturas de drenagem urbana, o sistema apoia diretamente a formulação de políticas públicas mais eficazes, promovendo a alocação estratégica de recursos para projetos de saneamento e infraestrutura urbana. Em resumo, o SNIS-AP é uma ferramenta essencial para a construção de cidades mais resilientes frente às mudanças climáticas e aos crescentes desafios impostos por eventos hidrológicos impactantes.

3.6 ÍNDICES DE CRITICIDADE CORRELATOS

A avaliação da criticidade de municípios frente a eventos hidrológicos extremos, como inundações, enxurradas e alagamentos, é amplamente abordada na literatura, destacando a importância de ferramentas que combinem variáveis como impacto, exposição, perigos e vulnerabilidade para mensurar riscos e orientar políticas públicas (Balica et al., 2009; FEMA, 2021; Borges, 2023; Miguez & Mascarenhas, 2018). O aumento da frequência e intensidade desses eventos, impulsionado pelas mudanças climáticas, intensifica a necessidade de identificar áreas vulneráveis e alocar recursos de forma eficiente para mitigação e adaptação.

Um marco inicial na criação de índices desse tipo é o Flood Vulnerability Index (FVI), proposto por Balica et al. (2009). Este índice avalia a vulnerabilidade a inundações em diferentes escalas, utilizando variáveis como exposição física, vulnerabilidade socioeconômica e capacidade de resiliência. Aplicado em países como Vietnã, Bangladesh e Reino Unido, o FVI demonstra a flexibilidade de um modelo capaz de capturar realidades distintas e de apoiar decisões em cenários de alta vulnerabilidade. Essa abordagem multidimensional é referência na concepção de ferramentas que sintetizam fatores complexos em indicadores de fácil aplicação.

Nos Estados Unidos, o National Risk Index (NRI), desenvolvido pela FEMA, combina perdas esperadas, vulnerabilidade social e resiliência comunitária para mapear criticidades em nível municipal. A inclusão de dimensões socioeconômicas no NRI enfatiza que a criticidade não é apenas um reflexo da exposição aos eventos, mas também da capacidade

de resposta e recuperação das comunidades. Esse modelo ressalta a importância de uma análise integrada para priorizar recursos em áreas de maior risco, uma lógica essencial para contextos brasileiros.

O Banco Mundial, por sua vez, apresenta o Urban Risk Assessment (URA), voltado para a avaliação de riscos em áreas urbanas, especialmente em países em desenvolvimento. O URA analisa vulnerabilidades físicas, sociais e econômicas, respondendo à complexidade das grandes cidades e à necessidade de infraestrutura robusta. No Brasil, onde o crescimento urbano acelerado muitas vezes supera a capacidade de planejamento, o URA oferece diretrizes úteis para avaliar criticidade e inspirar índices como o IMCH.

Entre os estudos nacionais, destaca-se o índice proposto por Rasch (2015), que avaliou a vulnerabilidade de 1.276 municípios urbanos a inundações. Combinando fatores socioeconômicos, de infraestrutura e ambientais, o índice revelou como a pobreza, a precariedade da infraestrutura e a localização geográfica aumentam os riscos, especialmente em regiões onde falhas na governança agravam as desigualdades. Essa perspectiva reforça a necessidade de ferramentas que integrem múltiplos fatores, como o IMCH.

Mais recentemente, Borges (2023) desenvolveu o Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP). A análise utilizou a Análise de Componentes Principais (ACP) para identificar variáveis-chave relacionadas à infraestrutura, gestão de risco e planejamento urbano. O estudo revelou 406 municípios brasileiros com alta ou muito alta vulnerabilidade, demonstrando a utilidade de metodologias que correlacionem dados operacionais com impactos registrados.

Outro exemplo relevante é o Sistema de Alerta de Inundações de Curitiba, descrito por Miguez e Mascarenhas (2018), que combina dados geoespaciais, socioeconômicos e monitoramento em tempo real para emitir alertas precoces em áreas críticas. Essa iniciativa ilustra a integração de tecnologia e indicadores físicos para mitigar impactos em áreas urbanas vulneráveis, reforçando o papel dos sistemas de alerta na gestão de desastres.

Além disso, índices como o proposto por De Risi et al. (2013) combinam simulações hidrológicas e variáveis socioeconômicas para avaliar criticidade em áreas urbanas e periurbanas. Estudos em cidades europeias, como Veneza, mostram como a integração de fatores como altura das inundações, densidade populacional e valor das propriedades pode gerar ferramentas aplicáveis a contextos brasileiros.

Vários trabalhos utilizam o método AHP (Analytic Hierarchy Process) para avaliar criticidades em diferentes contextos. Por exemplo, Ghorpade et al. (2021) combinaram o AHP com o método TOPSIS para mapear suscetibilidades a inundações em bacias hidrográficas. Alimi et al. (2020) aplicaram o AHP na bacia do Rio Osun, na Nigéria, para identificar áreas críticas com base em fatores físicos e socioeconômicos. Já Hammami et al. (2019) e Chandra et al. (2023) usaram o AHP em análises que integraram dados físicos, sociais e geoespaciais, demonstrando a versatilidade do método em diferentes escalas.

Essas abordagens evidenciam que o método AHP é particularmente adequado para o desenvolvimento do IMCH devido à sua capacidade de tratar dados heterogêneos e, ao mesmo tempo, estruturar análises baseadas em critérios qualitativos e quantitativos. Considerando que os dados do SNIS-AP incluem variáveis de diferentes naturezas – como indicadores binários (sim/não), proporções e valores absolutos – o AHP é ideal por permitir a normalização e a ponderação de fatores que apresentam escalas distintas. Além disso, a técnica oferece uma forma estruturada de determinar pesos relativos com base na literatura, que foi a principal referência para a definição dos valores utilizados no IMCH. Essa característica o torna especialmente adequado para integrar as diversas dimensões do SNIS-AP em um índice coeso e funcional.

3.7 A ANÁLISE HIERARQUICA DE PROCESSOS (AHP)

O processo de tomada de decisão tem ganhado uma importância crescente, especialmente em cenários complexos que exigem uma abordagem racional, capaz de minimizar subjetividades e fundamentar-se em critérios quantitativos. No contexto de planejamento urbano e gestão de desastres naturais, essa necessidade se torna ainda mais crítica. Com o aumento da frequência e intensidade de eventos hidrológicos extremos, como inundações e enxurradas, a identificação de municípios mais vulneráveis ou críticos exige uma metodologia que permita organizar e priorizar fatores diversos. Nesse cenário, as ferramentas da Pesquisa Operacional oferecem soluções robustas para apoiar decisões que envolvem múltiplos critérios e cenários, especialmente quando o tempo disponível para ação é limitado (Saaty, 1980; Vaidya & Kumar, 2006).

Uma das metodologias mais amplamente utilizadas para esse tipo de análise é a Análise Hierárquica de Processos (AHP), desenvolvida por Saaty (1980). O AHP destaca-se por organizar o problema decisório em uma hierarquia de múltiplos níveis, facilitando a análise dos critérios envolvidos e suas inter-relações. Essa característica é fundamental no

desenvolvimento do Índice Municipal de Criticidade Hidrológica (IMCH), cujo objetivo é classificar e priorizar municípios de acordo com critérios como impacto, exposição, perigos (hazards) e vulnerabilidade. Conforme Saaty (1980), o método pode ser melhor representado pela Figura 3.9.

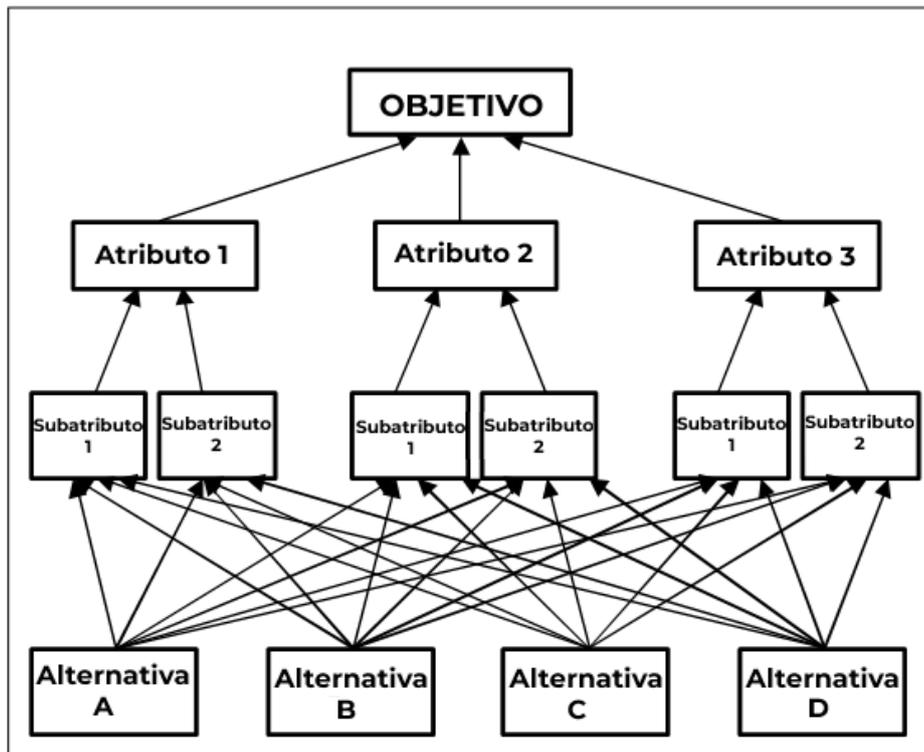


Figura 3.9 - Estrutura AHP.

Fonte: Adaptado de Saaty, 1980.

Este diagrama exemplifica como os diferentes níveis da hierarquia são organizados para a tomada de decisão. O objetivo principal é situado no topo, seguido por atributos que representam os critérios avaliados. Cada atributo pode ser detalhado em subatributos que especificam os aspectos analisados, e, por fim, as alternativas refletem as opções disponíveis que serão comparadas. No contexto do IMCH, os atributos incluem critérios como exposição, perigos e vulnerabilidade, enquanto os subatributos representam as informações extraídas do SNIS, e as alternativas são representadas pelos municípios analisados.

A estrutura hierárquica do AHP permite decompor um problema complexo em subcomponentes gerenciáveis. No caso do IMCH, o primeiro passo é a definição do objetivo principal: a classificação dos municípios críticos frente a eventos hidrológicos extremos. Os critérios escolhidos são, então, comparados par a par, facilitando a atribuição de pesos relativos.

Além de sua flexibilidade, o AHP oferece a vantagem de transformar julgamentos subjetivos em dados quantitativos por meio da Escala Fundamental de Saaty, que atribui valores numéricos a comparações paritárias entre critérios. Essa transformação permite integrar dados quantitativos, como indicadores de infraestrutura de drenagem, e qualitativos, como percepções de gestores locais sobre vulnerabilidade. Dessa forma, o método possibilita uma análise mais estruturada e fundamentada das decisões multicritério (Saaty, 1980; Saaty, 2008).

Outras ferramentas de análise multicritério também tem sido empregadas na literatura para problemas semelhantes. O Método de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) é frequentemente citado como uma abordagem complementar, especialmente em estudos de gestão de desastres e planejamento urbano (Kiker et al., 2005). A Técnica para Ordem de Preferência por Similaridade com a Solução Ideal (TOPSIS), por exemplo, é utilizada para classificar alternativas com base em sua proximidade com uma solução ideal e pode ser integrada ao AHP para análise combinada (Hwang & Yoon, 1981). Já o ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité), como demonstrado por Roy (1991), é particularmente útil em cenários que exigem a eliminação de opções com desempenho significativamente inferior.

Além disso, Saaty (2008) destaca a capacidade do AHP de ser integrado com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitindo a visualização geográfica das áreas de maior criticidade. Estudos como os de Malczewski (2006) mostram como a combinação do AHP com SIG tem sido amplamente utilizada na análise espacial de vulnerabilidade e riscos, oferecendo suporte decisório baseado em critérios geoespaciais.

A metodologia do AHP também inclui um mecanismo para avaliar a consistência dos julgamentos, o que contribui para a precisão dos resultados. Essa verificação é crucial para o desenvolvimento de um índice como o IMCH, que necessita de resultados consistentes para orientar políticas públicas e alocação de recursos. Estudos como os de Koks et al. (2015) evidenciam a eficácia do AHP na avaliação da vulnerabilidade em regiões sujeitas a desastres naturais, mostrando como essa metodologia pode ser aplicada em diferentes contextos e escalas.

Outro diferencial do AHP é a utilização da Escala Fundamental de Saaty, que varia de 1 a 9, para a atribuição de pesos relativos aos critérios. A definição da escala de prioridades deve ser alicerçada em um embasamento teórico bem fundamentado que justifique os valores

escolhidos para a escala apresentada na Tabela 3.1. Essa escala converte julgamentos qualitativos em valores numéricos, eliminando a subjetividade excessiva e permitindo que o desenvolvimento do IMCH seja baseado em critérios sólidos e consistentes (Saaty, 1980; Vaidya & Kumar, 2006).

| Valores | Definição | Explicação |
|------------|---|---|
| 1 | Igual importância | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Importância pequena de uma para a outra | A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra |
| 5 | Importância grande ou essencial | A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra |
| 7 | Importância muito grande ou demonstrada | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra |
| 9 | Importância absoluta | 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 as duas definições |

Tabela 3.1 - Escala Fundamental de Saaty. Fonte: Adaptado de Saaty (1980)

3.7.1 Verificação da Consistência das Matrizes

Uma das principais vantagens da metodologia AHP é a inclusão de um mecanismo para avaliar a consistência dos julgamentos, permitindo verificar a coerência dos resultados obtidos. A verificação da consistência é essencial para assegurar que as comparações feitas entre os critérios sejam coerentes e fundamentadas em julgamentos consistentes.

No contexto do AHP, a matriz de comparação pareada é construída com base em julgamentos relativos entre os critérios, onde cada elemento da matriz representa a importância de um critério em relação a outro. Esses julgamentos são expressos em uma escala numérica, como a Escala Fundamental de Saaty, e a matriz resultante é quadrada e recíproca, com valores simétricos em relação à diagonal principal. Essa matriz serve como base para calcular os pesos relativos dos critérios e, em seguida, para avaliar a consistência dos julgamentos realizados.

A verificação da consistência é realizada através do cálculo de λ_{max} , o Índice de Consistência (IC) e a Razão de Consistência (RC). O λ_{max} representa o maior valor próprio

da matriz de comparação pareada, e deve ser próximo ao número de critérios. O IC é calculado a partir de λ_{max} pela Equação 3.2:

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n-1} \quad (\text{Equação 3.2})$$

O Índice Aleatório (IR), tabelado para diferentes dimensões de matrizes, é utilizado para calcular a Razão de Consistência (RC), que se obtém da relação representada na Equação 3.3:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (\text{Equação 3.3})$$

Para garantir que a matriz seja considerada consistente, o valor de RC deve ser inferior a 0,1. Valores de RC abaixo de 0,1 sugerem que os julgamentos foram coerentes, o que contribui para considerar a matriz de comparações como uma base coerente para a tomada de decisão. Essa verificação de consistência é crucial para garantir que os resultados sejam confiáveis e possam ser utilizados como referência na implementação de políticas públicas ou alocação de recursos.

Estudos como os de Koks et al. (2015) exploram a aplicação do AHP na avaliação da vulnerabilidade em regiões sujeitas a desastres naturais, destacando a relevância do método em contextos específicos. Contudo, é importante ressaltar que a aplicabilidade do AHP em outros cenários deve ser avaliada com cautela, considerando as particularidades das bases de dados e dos contextos analisados.

Portanto, ao adotar o AHP para o desenvolvimento do IMCH, busca-se implementar uma abordagem estruturada que auxilie na classificação e priorização dos municípios mais críticos em termos de eventos hidrológicos extremos, fornecendo subsídios para a gestão pública e a mitigação de desastres. A combinação de dados qualitativos e quantitativos, aliada à consistência dos julgamentos, reforça a aplicabilidade do AHP em problemas complexos que envolvem múltiplos critérios e cenários.

4 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo está estruturada de forma sequencial e em etapas interdependentes, garantindo que cada fase do desenvolvimento do IMCH seja claramente articulada e sustentada por fundamentos teóricos robustos. A criação do IMCH é orientada por três atributos principais — exposição, perigos (hazards) e vulnerabilidade — cada um deles abordando aspectos distintos da dinâmica de riscos hidrológicos nos municípios.

Em primeiro lugar, será realizada a escolha de informações que compõem cada um dos atributos. Essas informações foram selecionadas com base em sua capacidade de refletir as condições dos municípios, considerando também a disponibilidade e consistência dos dados no SNIS. O atributo de exposição será representado pela parcela de domicílios em áreas de risco de inundação, enquanto o atributo de perigos (hazards) será composto por indicadores relacionados à ocorrência de inundações, enxurradas e alagamentos. O atributo de vulnerabilidade será subdividido em dimensões como gestão de riscos, infraestrutura e aspectos socioeconômicos, abordando, por exemplo, a existência de sistemas de drenagem, o índice de desenvolvimento humano (IDH) e a densidade de pontos de captação de águas pluviais.

Uma vez definidas as informações, o próximo passo será a normalização dos dados. Essa etapa é fundamental para garantir que as informações, apesar de suas diferentes escalas e unidades, possam ser comparadas de forma equitativa. Para isso, será utilizada a técnica de normalização min-max, que ajusta os valores para uma escala de 0 a 1. A normalização permitirá que o IMCH integre diferentes tipos de dados de forma coerente, assegurando que nenhuma informação tenha influência desproporcional no resultado.

Com os dados normalizados, a metodologia segue para a fase de comparação paritária, realizada por meio da AHP. Nessa etapa, as informações de cada atributo serão comparadas entre si, utilizando uma escala de importância relativa baseada na metodologia de Saaty. A AHP será aplicada tanto nas informações de cada atributo quanto nos próprios atributos, determinando os pesos que refletem a relevância de cada fator no contexto da criticidade hidrológica dos municípios. Essa ponderação é fundamental para garantir que o índice leve em consideração as particularidades de cada município, enfatizando os aspectos que mais contribuem para sua criticidade frente a eventos hidrológicos.

A última fase consiste no cálculo do IMCH, onde os pesos resultantes do cálculo das matrizes dos atributos e informações serão integrados, resultando em um índice final que classifica os municípios de acordo com seu nível de criticidade hidrológica.

Finalmente, o IMCH permitirá a classificação dos municípios em diferentes níveis de criticidade, categorizados em faixas que vão de Muito Baixa a Muito Alta Criticidade. Esse modelo de classificação facilita a visualização e interpretação dos resultados, permitindo que tomadores de decisão identifiquem rapidamente os municípios mais vulneráveis e possam agir de maneira proativa para reduzir os riscos e melhorar a resiliência local frente às mudanças climáticas.

Os resultados obtidos serão validados por meio de três critérios complementares. O primeiro critério é a comparação com a lista de municípios críticos publicada pelo governo federal em 2023, fornecendo um parâmetro oficial para avaliação das classificações geradas. O segundo critério é a análise de uma matriz de impactos que compreende indicadores de óbitos, desabrigados e imóveis atingidos nos últimos cinco anos. Por fim, o terceiro critério envolve a validação empírica, utilizando dados adicionais de eventos hidrológicos reportados, como evidências práticas da situação dos municípios. Esses critérios combinados visam avaliar a coerência das classificações, fornecendo diferentes perspectivas para interpretação dos resultados.

Nas seções seguintes, serão detalhadas cada uma das etapas mencionadas, incluindo a justificativa para a escolha dos indicadores, as técnicas de normalização adotadas, o processo de comparação paritária e a formulação do índice final.

4.1 ETAPA 1 – APRESENTAÇÃO DO IMCH E DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE ESTUDO

O Índice Municipal de Criticidade Hidrológica (IMCH) utilizou a metodologia da Análise Hierárquica de Processos (AHP) para combinar e ponderar indicadores provenientes de diferentes dimensões, visando auxiliar na identificação e priorização dos municípios que apresentam maiores necessidades de intervenções estratégicas em resposta às mudanças climáticas.

A construção do IMCH foi fundamentada em dados provenientes do SNIS-AP, com ano de referência 2022. A amostra utilizada neste estudo abrangeu 4.833 municípios, dos 5.570 existentes no Brasil, contemplando uma ampla gama de indicadores relacionados ao manejo

de águas pluviais urbanas e à infraestrutura de drenagem. O SNIS-AP foi escolhido por sua abrangência e detalhamento nas variáveis associadas à drenagem urbana, manejo de águas pluviais e exposição a eventos hidrológicos extremos, oferecendo uma base de dados ampla e detalhada para a análise.

Os dados do SNIS-AP foram fundamentais para a construção dos três atributos principais do IMCH: exposição, perigos (hazards) e vulnerabilidade. A amostra de 2022 refletiu as condições reportadas pelos municípios naquele ano, oferecendo uma base para análise no contexto de eventos hidrológicos extremos. Ainda que os dados referentes ao ano de 2023 estivessem em processo de coleta durante o desenvolvimento deste estudo e não pudessem ser incorporados, o IMCH foi concebido como uma ferramenta que pode ser atualizada com informações futuras, bem como aplicada a séries históricas já disponíveis.

Adicionalmente, na aplicação do IMCH, municípios que apresentarem valores nulos nos atributos de exposição e perigos serão considerados como não tendo criticidade identificada no índice. Essa classificação reflete a ausência de fatores que possam estar associados à manifestação de riscos hidrológicos dentro do escopo definido para o estudo.

4.1.1 Amostra de estudo

A amostra deste estudo é composta por 4.833 municípios, o que representa aproximadamente 87% do total de municípios brasileiros. Essa cobertura permite analisar municípios de diferentes portes e regiões, fornecendo subsídios para uma visão nacional sobre a criticidade hidrológica. A seleção foi baseada na disponibilidade de dados fornecidos pelos municípios no SNIS-AP, abrangendo informações relacionadas à infraestrutura de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, além de aspectos ligados à exposição e aos impactos de eventos hidrológicos extremos.

A diversidade dos municípios incluídos na amostra, com diferentes perfis socioeconômicos, níveis de urbanização e padrões de vulnerabilidade, possibilitou análises comparativas detalhadas. Essas análises englobam tanto a exposição aos riscos hidrológicos quanto as capacidades locais de resposta, proporcionando uma visão mais detalhada das condições de criticidade hidrológica.

Como dito, os dados de 2022 foram escolhidos por representarem a última coleta completa disponível no SNIS-AP no momento do estudo. Embora os dados de 2023 estivessem em

processo de coleta, a utilização da base de 2022 permitiu trabalhar com uma base consolidada e refletir as condições mais recentes disponíveis sobre os municípios.

A metodologia desenvolvida para o IMCH possibilita sua atualização contínua, permitindo a incorporação de novos dados conforme estejam disponíveis. Além disso, a estrutura do índice permite a realização de análises retrospectivas, facilitando a avaliação de mudanças nos padrões de criticidade hidrológica ao longo do tempo. Essas características viabilizam o uso do IMCH como uma ferramenta para subsidiar o planejamento e a definição de estratégias de mitigação e adaptação a partir de diferentes cenários.

4.2 ETAPA 2 – ESCOLHA DAS INFORMAÇÕES

A escolha das informações utilizadas no modelo baseou-se na associação direta com o respectivo atributo, na obrigatoriedade de preenchimento dessas variáveis pelos municípios no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e na continuidade desses dados na transição para o novo Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA). Esse critério foi adotado para assegurar a consistência dos dados em levantamentos futuros e sua utilidade em diferentes períodos de análise.

Os indicadores utilizados foram categorizados de acordo com sua origem, conforme descrito abaixo:

- **Códigos com início IN:** Indicadores extraídos diretamente do SNIS, baseados em variáveis declaradas pelos municípios.
- **Códigos com início RI:** Informações provenientes do formulário de Gestão de Riscos, relacionadas à capacidade de preparação e resposta a eventos hidrológicos.
- **Códigos com início IE:** Indicadores derivados do formulário de Infraestrutura, que abordam aspectos físicos e estruturais ligados à drenagem e ao manejo das águas pluviais urbanas.
- **Códigos com início IND:** Indicadores desenvolvidos especificamente para este estudo, combinando duas ou mais variáveis do SNIS para fornecer uma visão mais adequada.

Os indicadores selecionados e suas respectivas justificativas de inclusão serão apresentados a seguir, considerando sua relevância em relação aos atributos **exposição, perigos (hazards) e vulnerabilidade** nos municípios analisados.

4.2.1 Categoria de Exposição

A exposição refere-se à presença de pessoas, habitações, infraestrutura e bens em áreas sujeitas a impactos negativos decorrentes de desastres naturais, como inundações e enxurradas (Cutter et al., 2003). No contexto da gestão de desastres hidrológicos, a exposição está diretamente ligada à distribuição espacial da população e à ocupação do solo em áreas vulneráveis. O indicador selecionado para avaliar a exposição no presente estudo é a parcela de domicílios em situação de risco de inundação, conforme previsto no SNIS-AP.

Conforme destacado por Freitas e Oliveira (2017), municípios com uma maior parcela de domicílios em zonas de risco apresentam uma exposição significativamente mais alta a desastres, o que agrava as consequências de enchentes, tanto em termos de perdas materiais quanto em danos à vida humana. A presença de moradias em áreas inundáveis, especialmente em regiões sem planejamento adequado, intensifica a vulnerabilidade, tornando esse indicador crucial para o desenvolvimento de políticas de prevenção e reassentamento (Silva & Costa, 2020). Portanto, monitorar e reduzir a parcela de domicílios em situação de risco é essencial para mitigar os impactos futuros de desastres hidrológicos.

Deve-se observar que o SNIS-AP apresentou uma limitação no que se refere à disponibilidade de informações que caracterizassem a exposição diretamente. Por essa razão, apenas um indicador foi selecionado para representar o tópico neste estudo. A parcela de domicílios em situação de risco de inundação foi escolhida como o melhor disponível no sistema para capturar a exposição dos municípios às consequências de eventos hidrológicos extremos.

1. IN040 - Parcela de Domicílios em Situação de Risco de Inundação (%)

A ocupação de áreas suscetíveis a inundações é um fenômeno comum em muitos municípios brasileiros, especialmente nas regiões urbanas periféricas. De acordo com Silva e Costa (2020), a falta de acesso a moradias seguras leva muitas famílias a ocuparem áreas impróprias, muitas vezes localizadas em zonas de inundação. O indicador IN040 avalia diretamente essa questão, oferecendo uma medida clara do grau de exposição da população a eventos hidrológicos. Municípios com uma elevada parcela de domicílios em áreas de risco são mais vulneráveis a perdas materiais significativas e podem enfrentar maiores desafios na implementação de políticas de reassentamento ou adaptação.

4.2.2 Categoria de Perigos (*Hazards*)

A probabilidade de recorrência de eventos hidrológicos extremos, como inundações, enxurradas e alagamentos, é um elemento relevante para a avaliação de perigos (*hazards*). Embora os dados extraídos do SNIS-AP e do S2ID se refiram a impactos registrados, a análise da frequência desses eventos permite interpretá-los como uma representação indireta do perigo, com base na probabilidade de ocorrência observada em registros históricos. Essa abordagem reflete a ausência de mapeamentos de suscetibilidade ou dados físicos detalhados na base de dados utilizada, mas se justifica pela confiabilidade das informações sobre eventos passados e sua recorrência nos municípios avaliados.

Os dados analisados abrangem os últimos cinco anos, correspondendo ao período disponível no SNIS-AP. Essa delimitação temporal, apesar de limitada, oferece uma visão consistente e atualizada das condições recentes. Embora séries históricas mais longas possam ampliar a análise, a consideração de eventos recentes fornece subsídios importantes para identificar padrões e tendências que apoiam o planejamento e a mitigação de riscos (Tucci, 2007; ANA, 2020).

As informações utilizadas foram obtidas a partir do SNIS-AP, com o S2ID como fonte primária. Apesar de essas bases de dados registrarem essencialmente desastres e impactos associados, a análise de sua recorrência permite inferir padrões que podem ser utilizados para caracterizar perigos hidrológicos de maneira indireta. Esse enfoque, embora limitado em relação a métodos mais robustos que empregam dados físicos e mapeamentos de suscetibilidade, fornece subsídios valiosos para a avaliação das condições de risco nos municípios.

1. **RI026 - Inundações (Registradas no S2ID, últimos cinco anos)**

As inundações são caracterizadas pelo transbordamento de corpos d'água em áreas adjacentes devido às chuvas intensas. Esses eventos, frequentemente associados a escalas de bacias hidrográficas, afetam severamente a população e a infraestrutura, causando danos materiais significativos e riscos à saúde pública (Pinho et al., 2013). A inclusão das inundações na matriz de avaliação de perigos é feita considerando sua relevância como um dos eventos mais impactantes registrados no S2ID.

2. **RI022 - Enxurradas (Registradas no S2ID, últimos cinco anos)**

As enxurradas, caracterizadas pelo rápido escoamento de grandes volumes de água, ocorrem com maior frequência em áreas de topografia acidentada e baixa cobertura

vegetal (Miguez & Veról, 2014). A análise de registros do S2ID indica uma elevada recorrência em municípios com infraestrutura inadequada, evidenciando vulnerabilidades que aumentam o nível de perigo. Apesar da limitação em tratar os dados como representativos de perigos físicos, sua inclusão destaca áreas onde as condições estruturais contribuem para o agravamento dos riscos (Silva Dias et al., 2019).

3. **RI024 - Alagamentos (Registrados no S2ID, últimos cinco anos)**

Os alagamentos, causados pela incapacidade dos sistemas de drenagem em escoar grandes volumes de água, são eventos predominantemente urbanos. Embora não sejam tão destrutivos quanto inundações ou enxurradas, sua frequência elevada, identificada nos registros do S2ID, sugere problemas estruturais crônicos que elevam o nível de perigo em determinadas localidades (Miguez & Veról, 2014).

4.2.3 **Categoria de Vulnerabilidade**

A vulnerabilidade de um município frente aos desastres hidrológicos é um conceito multifacetado, conforme abordado no item 3.2.3 da fundamentação teórica e revisão bibliográfica, abrangendo diferentes aspectos que influenciam diretamente a capacidade de resposta e recuperação da população e da infraestrutura local. Essa vulnerabilidade pode ser determinada por uma ampla gama de fatores, incluindo questões institucionais, infraestrutura e características socioeconômicas, que juntos moldam a resiliência de um município em situações de risco extremo. Devido à vasta quantidade de informações e variáveis que podem caracterizar a vulnerabilidade de um município, optou-se por segmentar a avaliação de vulnerabilidade em três matrizes distintas: **Gestão de Riscos**, **Infraestrutura** e **Vulnerabilidade Socioeconômica**.

Essa abordagem por matrizes permite uma análise mais detalhada e segmentada dos fatores que contribuem para a vulnerabilidade. A matriz de **Gestão de Riscos** avalia a existência de mecanismos e instituições que permitem uma melhor antecipação e resposta a desastres hidrológicos, como sistemas de alerta e planos diretores. A matriz de **Infraestrutura** investiga a qualidade e cobertura dos sistemas físicos de drenagem e manejo de águas pluviais, fatores diretamente ligados à capacidade de reduzir o impacto dos eventos climáticos extremos. Já a matriz de **Vulnerabilidade Socioeconômica** avalia as condições socioeconômicas da população, que influenciam a capacidade de recuperação e adaptação dos municípios. Juntas, essas três matrizes formam uma visão holística da vulnerabilidade

dos municípios, garantindo que diferentes dimensões da capacidade de adaptação sejam consideradas.

A seguir, são detalhados os indicadores selecionados para cada uma dessas matrizes, com base em estudos que comprovam sua importância para a redução da vulnerabilidade e o aumento da resiliência.

❖ **Gestão de Riscos**

A matriz de Gestão de Riscos foi composta por quatro indicadores que refletem a capacidade institucional e organizacional dos municípios em antecipar e responder a desastres hidrológicos. Esses indicadores são fundamentais para avaliar o nível de preparação de um município frente a situações de emergência.

1. RI005 - Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações)? (sim / não)

- A existência de sistemas de alerta para riscos hidrológicos é uma ferramenta crucial para a redução de vulnerabilidade. Sistemas de alerta permitem a antecipação de desastres, proporcionando tempo suficiente para evacuação e adoção de medidas emergenciais. Municípios sem esses sistemas são significativamente mais vulneráveis, conforme evidenciado por Silva et al. (2019).

2. RI001 – Número de instituições de gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a DMAPU?

- Instituições de gestão de riscos desempenham um papel central na coordenação de respostas a desastres, permitindo uma abordagem mais eficaz e integrada. A ausência dessas instituições aumenta a vulnerabilidade, deixando o município sem estrutura formal para coordenar ações preventivas e de resposta em situações de emergência (Almeida e Castro, 2020).

3. IE001 - Existe Plano Diretor de Drenagem (PDD) e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) no município? (sim / não)

- A ausência de um plano diretor de DMAPU compromete o planejamento adequado das infraestruturas de drenagem, expondo o município a maiores riscos de inundações e alagamentos. Freitas e Oliveira (2017) destacam que

a vulnerabilidade aumenta em municípios sem esse tipo de planejamento, tornando-os mais suscetíveis aos impactos de desastres hidrológicos.

4. **RI009 - Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?** (sim / não)

- Embora o mapeamento de áreas de risco seja essencial para a prevenção, sua existência também pode indicar maior vulnerabilidade, pois revela que o município possui áreas já identificadas como propensas a inundações. Santos e Lima (2018) afirmam que esses municípios requerem maior atenção e investimentos contínuos para mitigar os impactos dos desastres nessas áreas.

❖ **Infraestrutura**

A matriz de Infraestrutura foi incorporada como uma dimensão essencial da vulnerabilidade, pois a presença e a extensão dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais desempenham um papel fundamental na capacidade dos municípios de mitigar os impactos de eventos hidrológicos extremos, como inundações, enxurradas e alagamentos. No entanto, como o SNIS-AP fornece apenas dados quantitativos — como o número de pontos de captação ou extensão de redes de drenagem — sem considerar a qualidade ou robustez desses sistemas, sua relevância no modelo foi classificada de forma secundária. Isso ocorre porque a simples existência de infraestrutura de drenagem não garante que o município esteja adequadamente protegido. Um município pode dispor de redes de drenagem, mas, se essas forem insuficientes ou mal dimensionadas, o risco e a criticidade frente a eventos climáticos extremos podem ser elevados da mesma forma. Portanto, a inclusão da matriz de Infraestrutura é crucial, mas sua interpretação requer cautela, uma vez que a presença de infraestrutura não elimina, por si só, a vulnerabilidade.

- **IE016 - Município possui sistema de drenagem? (Sim/Não):** Este indicador avalia a existência de um sistema de drenagem urbana no município. A ausência de um sistema de drenagem adequado torna os municípios mais vulneráveis, já que a falta dessa infraestrutura básica aumenta o risco de alagamentos e inundações, especialmente durante eventos de precipitação intensa. Municípios que não possuem sistema de drenagem receberam uma pontuação mais alta de vulnerabilidade, enquanto aqueles que possuem receberam uma pontuação menor, indicando menor vulnerabilidade.

- **IN021 - Parcela de vias públicas com rede de DMAPU (% de cobertura):** Este indicador mede a proporção das vias públicas do município que são cobertas por redes de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU). Quanto maior a parcela de vias públicas cobertas por essa infraestrutura, menor a vulnerabilidade do município, pois uma rede de drenagem eficiente permite o escoamento adequado das águas pluviais, evitando acúmulos que podem causar alagamentos e inundações. Essa cobertura amplia a capacidade de controle sobre o escoamento superficial, reduzindo os impactos diretos de chuvas intensas e diminuindo os riscos de danos à infraestrutura urbana, interrupção de serviços e prejuízos econômicos. Municípios com maior cobertura estão melhor preparados para mitigar os efeitos de eventos hidrológicos, aumentando sua resiliência.
- **IND004 - Densidade de captações de águas pluviais em vias públicas urbanas (pontos de captação/km de rede):** Este indicador mede a densidade dos pontos de captação de águas pluviais nas vias urbanas, calculando o número de captações por quilômetro de rede. Uma maior densidade de captações indica que o município está melhor preparado para lidar com o escoamento de águas pluviais durante eventos extremos, reduzindo o risco de inundações locais, ou seja, os municípios com maior densidade de captações receberam menor pontuação de vulnerabilidade, enquanto os municípios com menor densidade apresentaram maior vulnerabilidade.

❖ Vulnerabilidade Socioeconômica

A matriz de Vulnerabilidade Socioeconômica foi incorporada para captar a capacidade de recuperação dos municípios após a ocorrência de desastres hidrológicos, com base em fatores socioeconômicos. Indicadores como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM), PIB e índices de renda e educação são determinantes na resiliência das comunidades. Municípios com melhores condições socioeconômicas tendem a ter maior capacidade de adaptação e recuperação.

1. **IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano):** O IDHM reflete uma medida ampla da qualidade de vida e bem-estar humano, incorporando aspectos de renda, longevidade e educação. Municípios com maior IDHM tendem a ser menos vulneráveis a desastres, pois possuem melhor infraestrutura e acesso a serviços de saúde, saneamento e educação, elementos cruciais para a resiliência e resposta a desastres. Estudos mostram que comunidades com alto IDH têm maior capacidade

- de organizar respostas eficazes a crises e investir em medidas preventivas (Adger, 2006).
2. **IDHM Renda:** A renda influencia diretamente a capacidade dos municípios de suportar impactos econômicos causados por desastres naturais. Municípios com maior IDHM Renda são mais capazes de financiar infraestruturas robustas e implementar medidas preventivas contra desastres. Além disso, a renda está correlacionada com a capacidade das famílias de se recuperarem rapidamente após um evento hidrológico, seja por meio de recursos próprios ou de acesso a seguros e redes de apoio financeiro (Pelling, 2011).
 3. **IDHM Educação:** A educação desempenha um papel crucial na disseminação de informações sobre prevenção e mitigação de desastres, além de aumentar a conscientização sobre os riscos hidrológicos. Comunidades mais educadas tendem a adotar medidas de adaptação com maior eficácia, como evacuação prévia e construção de habitações mais resilientes, além de compreenderem melhor os sinais de alerta precoce. A educação é, portanto, uma alavanca fundamental para fortalecer a capacidade de resposta e recuperação em cenários de desastres (Muttarak & Lutz, 2014).
 4. **PIB (Produto Interno Bruto):** O PIB de um município é uma proxy importante de sua capacidade econômica global, refletindo a habilidade de alocar recursos para a construção de infraestrutura resiliente e financiar iniciativas de recuperação pós-desastre. Municípios com PIB elevado podem investir em tecnologias de prevenção, como sistemas de drenagem eficientes e programas de alerta precoce, além de implementar rapidamente medidas de reconstrução. A capacidade financeira é essencial para reduzir o tempo de resposta e minimizar os impactos de desastres sobre a população (Hallegatte et al., 2020).

Essas três matrizes refletem a complexidade da vulnerabilidade dos municípios frente aos desastres hidrológicos, integrando variáveis sobre gestão de riscos, de infraestrutura e socioeconômicas para fornecer uma visão abrangente do grau de vulnerabilidade de cada localidade, independente ou não da presença de eventos hidrológicos no ano de referência.

4.3 ETAPA 3 – NORMALIZAÇÃO DOS ÍNDICES E CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS

Para garantir a comparabilidade entre os diferentes indicadores utilizados no cálculo do IMCH, foi necessário aplicar técnicas de normalização que ajustassem os valores em escalas comuns e padronizadas. Isso é especialmente importante, pois os indicadores utilizados no estudo apresentam diferentes escalas, magnitudes e naturezas, incluindo variáveis contínuas, proporcionais e categóricas (sim/não).

A normalização permite que todos os dados sejam processados de maneira uniforme, eliminando distorções provocadas por diferenças nas unidades de medida ou nas magnitudes dos valores observados. As técnicas aplicadas neste estudo são: a normalização min-max para ajustar os valores contínuos e proporcionais, e a padronização com base na média e no desvio padrão de cada indicador, que facilita a classificação dos municípios de acordo com a sua criticidade.

4.3.1 Técnica de normalização MIN-MAX

A normalização min-max ajusta os valores dos indicadores contínuos em uma escala de **0 a 1**, onde o valor mínimo de um indicador corresponde a 0 e o valor máximo corresponde a 1. Essa técnica é particularmente útil para comparar indicadores com diferentes magnitudes. A fórmula de normalização min-max utilizada foi:

$$\text{Valor normalizado} = \frac{X - X_{min}}{(X_{max} - X_{min})} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

- X é o valor observado do indicador para um determinado município,
- X_{min} e X_{max} são os valores mínimo e máximo observados no conjunto de municípios.

Essa técnica foi aplicada para os indicadores proporcionais e contínuos, como os relacionados a impactos (óbitos, desabrigados, imóveis atingidos), exposição (parcelas de domicílios em áreas de risco), e vulnerabilidade socioeconômica (IDHM, PIB, renda, educação).

❖ Técnica de Normalização Binária (Sim/Não)

Para os indicadores binários, onde a resposta é **sim ou não** (por exemplo, a existência de sistemas de alerta ou de planos diretores de DMAPU), a normalização foi feita de forma binária. Indicadores como **RI005** (existência de sistemas de alerta) e **IE001** (plano diretor de DMAPU) foram atribuídos os seguintes valores:

- **Sim** = 0 (menos vulnerável),
- **Não** = 1 (mais vulnerável).

Esse método permite que os municípios sem sistemas ou planos, e, conseqüentemente, mais vulneráveis, sejam representados no índice final. Essa abordagem binária foi aplicada a todos os indicadores qualitativos de gestão de riscos e infraestrutura.

Exemplo de Aplicação (Vulnerabilidade - Gestão de Riscos):

- O indicador **RI005** avalia a existência de **sistemas de alerta de riscos hidrológicos**. Municípios que possuem esses sistemas foram atribuídos o valor 0, indicando menor vulnerabilidade. Aqueles que não possuem receberam o valor 1, o que eleva sua criticidade no IMCH.

4.3.2 Padronização dos Dados

Após a normalização dos dados utilizando as técnicas mencionadas, os resultados foram padronizados com base na média e no desvio padrão de cada indicador:

$$Z = \frac{\kappa - \mu}{\sigma} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde z é o valor padronizado (média 0 e desvio padrão = 1) e:

- κ é o valor observado do indicador para o município;
- μ é a média dos valores do indicador para todos os municípios;
- σ é o desvio padrão dos valores do indicador.

A padronização permite que os municípios sejam classificados de acordo com seu desvio em relação à média, fornecendo uma medida relativa de criticidade. Assim, municípios com valores positivos foram classificados como mais críticos em relação à média, enquanto aqueles com valores negativos foram considerados menos críticos.

Com base nos valores, os municípios foram classificados em cinco categorias de criticidade:

- **Muito Baixo:** $z < -2$

- Baixo: $-2 \leq z < -1$
- Moderado: $-1 \leq z < 1$
- Alto: $1 \leq z < 2$
- Muito Alto: $z \geq 2$

Esse processo de categorização facilita a análise comparativa entre municípios, permitindo o acompanhamento da evolução de cada um ao longo do tempo e possibilitando uma melhor adaptação às mudanças climáticas e aos desafios impostos pelos eventos hidrológicos extremos. Além disso, essas classificações são essenciais para fornecer uma base sólida para futuros estudos e monitoramentos contínuos, possibilitando a avaliação do impacto das políticas públicas e das ações implementadas ao longo dos anos.

4.4 ETAPA 3 - DESENVOLVIMENTO DAS MATRIZES

Nesta etapa, será detalhado o processo de construção das matrizes de comparação pareada para os atributos selecionados, como exposição, perigos (*hazards*) e vulnerabilidade. A definição dessas matrizes, baseadas no método AHP, possibilita a estruturação e hierarquização dos critérios utilizados no estudo, permitindo a atribuição de pesos relativos a cada atributo. Cada matriz foi desenvolvida a partir de dados anteriormente descritos, coletados e validados pelo SNIS-AP. A seguir, serão apresentadas as matrizes correspondentes a cada um dos grupos de atributos, juntamente com suas justificativas.

4.4.1 A matriz de Exposição

A construção de uma matriz de comparação pareada geralmente envolve a análise de vários indicadores para determinar a importância relativa de cada um no contexto da avaliação. No entanto, no caso da categoria Exposição, o único indicador disponível e selecionado foi o IN040 - Parcela de Domicílios em Situação de Risco de Inundação, que foi adotado para representar a exposição dos municípios ao risco de inundação.

Como o IN040 é o único indicador utilizado, não há necessidade de realizar comparações com outros indicadores. Nesse sentido, a matriz foi simplificada, e o IN040 assume 100% da relevância no cálculo da exposição dos municípios. O peso atribuído ao IN040 reflete a sua importância integral na representação dessa variável dentro da metodologia de análise.

Essa escolha foi feita com base nas informações disponíveis no SNIS-AP, que não fornece outros indicadores que possam caracterizar adequadamente a exposição. Embora outros

dados, como a localização de infraestruturas críticas ou a densidade populacional em áreas de risco, pudessem complementar a análise, a disponibilidade limitada de dados restringiu o uso de múltiplos indicadores. Por isso, o IN040 foi considerado o melhor e mais adequado indicador para estimar a exposição dos municípios a eventos hidrológicos severos.

Assim, o IN040 foi atribuído com 100% de peso na análise de exposição, não por ser uma medida absoluta, mas por ser o indicador mais representativo e disponível para essa categoria no conjunto de dados utilizado.

4.4.2 A matriz de Perigos (*Hazards*)

A matriz de perigos foi desenvolvida para avaliar a exposição dos municípios a eventos hidrológicos extremos, como inundações, enxurradas e alagamentos, ocorridos nos últimos cinco anos. Esses eventos foram selecionados com base na sua frequência e no potencial de impacto, conforme registrado no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) e importados pelo SNIS–Águas Pluviais. A escolha desses indicadores reflete a capacidade de capturar o nível de exposição dos municípios a eventos que geram danos significativos, tanto materiais quanto sociais.

Entre os eventos analisados, as inundações se destacam por seu alto potencial de destruição, dada sua abrangência e duração prolongada. As enxurradas, embora mais rápidas, são igualmente destrutivas, enquanto os alagamentos, apesar de mais frequentes, tendem a provocar danos menos severos.

Os pesos dos indicadores foram estabelecidos com base na gravidade e no impacto potencial de cada evento hidrológico. A matriz de comparação (Tabela 4.2) pareada a seguir foi utilizada para representar a importância relativa dos eventos, levando em consideração a maior gravidade das inundações em relação às enxurradas e alagamentos:

| Indicadores | RI026 | RI022 | RI024 |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| RI026 - Inundações | 1 | 3 | 5 |
| RI022 - Enxurradas | 1/3 | 1 | 3 |
| RI024 - Alagamentos | 1/5 | 1/3 | 1 |

Tabela 4.1 - Matriz de Comparação Pareada de Perigos

Com base nesta matriz, os pesos relativos dos indicadores foram calculados como segue:

- RI026 (Inundações): 63,33%

- RI022 (Enxurradas): 26,05%
- RI024 (Alagamentos): 10,62%

Esses pesos refletem a maior gravidade e o impacto das inundações, seguidas pelas enxurradas e, por fim, pelos alagamentos, que, apesar de mais frequentes, causam danos menos significativos, conforme corroborado pela literatura consultada e abordado pelos autores referenciados (Saaty, 1980; Borges, 2023; Tucci, 2007).

Além disso, a consistência da matriz de impactos foi verificada por meio do cálculo de λ_{max} , IC e RC. Os valores calculados foram:

- $\lambda_{max} = 3,039$
- IC = 0,019
- RC = 0,033

Esses resultados indicam que as comparações feitas são consistentes ($RC < 0,1$), o que reforça a confiabilidade dos pesos atribuídos aos indicadores. A verificação da consistência é essencial para garantir que os resultados possam ser utilizados com segurança no processo de tomada de decisão.

4.4.2.1 Cálculo do índice de Perigos

O score final de perigos foi calculado combinando os valores normalizados de cada indicador com os respectivos pesos, resultando na seguinte fórmula:

$$\text{Score de Perigos} = (\text{RI026 Num} \times \text{Peso RI026}) + (\text{RI022 Num} \times \text{Peso RI022}) + (\text{RI024 Num} \times \text{Peso RI024}) \quad (\text{Equação 3})$$

Com base nos scores de riscos calculados, os municípios foram classificados de acordo com o nível de exposição a eventos hidrológicos extremos. Os municípios com maiores scores de riscos foram identificados como os mais expostos, enquanto aqueles com scores menores apresentaram uma menor exposição a esses eventos. Esse ranqueamento serve como um guia para priorizar intervenções e medidas de mitigação em áreas de maior risco.

4.4.3 A matriz de Vulnerabilidade

A construção da matriz de vulnerabilidade foi realizada com o objetivo de avaliar a suscetibilidade dos municípios a impactos causados por eventos hidrológicos extremos. A metodologia considerou tanto a gestão de riscos hidrológicos quanto os aspectos socioeconômicos e de infraestrutura, entendendo que a vulnerabilidade de um município não

está limitada apenas a questões de mapeamento de risco, mas também envolve a capacidade de sua população lidar com os impactos, considerando a vulnerabilidade social e econômica. Diversos estudos destacam a importância de integrar fatores socioeconômicos na análise de vulnerabilidade a desastres, como forma de captar a real capacidade de resposta e adaptação das comunidades afetadas (UNISDR, 2015; Cutter et al., 2003).

Optou-se, então, pela utilização de três matrizes de comparação pareada: uma voltada para gestão de riscos hidrológicos, uma voltada para caracterização da infraestrutura do município e outra para a vulnerabilidade socioeconômica, de modo a complementar a análise e proporcionar uma visão mais holística sobre a vulnerabilidade dos municípios. Esse modelo permitiu capturar não apenas a vulnerabilidade física e estrutural dos municípios, mas também as diferenças no nível de resiliência de suas populações e infraestruturas econômicas.

4.4.3.1 Vulnerabilidade de Gestão de Riscos

Na matriz de Gestão de Riscos, foram incluídos indicadores diretamente relacionados à capacidade do município de lidar com eventos hidrológicos, como a existência de sistemas de alerta, planos diretores, mapeamento de áreas de risco e instituições de gestão de riscos e resposta a desastres. Esses indicadores foram priorizados com base na sua relação direta com a prevenção e mitigação dos impactos causados por inundações, alagamentos e enxurradas.

Os pesos dos indicadores de Gestão de Riscos foram definidos de acordo com sua importância relativa, utilizando o método de comparação pareada. A matriz foi definida da seguinte forma:

| Indicadores | RI005 (Sistemas de Alerta) | RI001 (Instituições de apoio) | RI009 (Mapeamento de Risco) | IE001 (Plano Diretor) |
|-------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| RI005 | 1 | 3 | 5 | 5 |
| RI001 | 1/3 | 1 | 3 | 3 |
| RI009 | 1/5 | 1/3 | 1 | 2 |
| IE001 | 1/5 | 1/3 | 1/2 | 1 |

Tabela 4.2 - Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade de Gestão de Riscos

Com base nesta matriz, os pesos atribuídos foram:

- RI005 - Sistemas de Alerta: 55,02%

- RI001 - Instituições de Gestão: 24,88%
- RI009 - Mapeamento de Risco: 11,85%
- IE001 - Plano Diretor: 8,26%

Esses pesos foram atribuídos com base na importância de cada indicador em refletir a capacidade de gestão e resposta a eventos hidrológicos.

Além disso, a consistência da matriz foi verificada por meio do cálculo de λ_{max} , IC e RC. Os valores calculados foram:

- $\lambda_{max} = 4,106$
- IC = 0,035
- RC = 0,039

Esses resultados indicam que as comparações são consistentes ($RC < 0,1$), o que reforça a confiabilidade dos pesos atribuídos aos indicadores. A consistência da matriz é fundamental para assegurar que os resultados possam ser utilizados com confiança no processo de tomada de decisão.

4.4.3.2 Vulnerabilidade de Infraestrutura

A Vulnerabilidade de Infraestrutura foi incluída no estudo como uma dimensão essencial para avaliar a capacidade dos municípios de mitigar e lidar com os impactos dos eventos hidrológicos extremos. Infraestruturas adequadas, como sistemas de drenagem e redes de manejo de águas pluviais, desempenham um papel central na redução da exposição aos riscos de inundações, enxurradas e alagamentos, assim como no aumento da resiliência das áreas urbanas (UNISDR, 2015; IPCC, 2014). Municípios que dispõem de sistemas robustos de drenagem e alta densidade de captações de águas pluviais tendem a ser menos vulneráveis, uma vez que estão melhor equipados para prevenir ou minimizar os efeitos dos eventos hidrológicos adversos.

A matriz de Vulnerabilidade de Infraestrutura (Tabela 4.4) foi composta por três indicadores principais, que refletem a presença e a qualidade da infraestrutura urbana voltada para o manejo de águas pluviais:

| Indicadores | IE016 (Sistema de drenagem) | IN021 (Parcela de vias públicas com rede) | IND004 (Densidade de captações de águas pluviais) |
|-------------|--------------------------------|--|--|
|-------------|--------------------------------|--|--|

| | | | |
|--------|-----|-----|---|
| IE016 | 1 | 3 | 5 |
| IN021 | 1/3 | 1 | 3 |
| IND004 | 1/5 | 1/3 | 1 |

Tabela 4.3- Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade de Infraestrutura

Através do cálculo da matriz AHP, foi possível calcular os pesos relativos de cada um dos indicadores da Vulnerabilidade de Infraestrutura. Esses pesos refletem a importância de cada indicador na composição final da vulnerabilidade de infraestrutura dos municípios:

- IE016 - Município possui sistema de drenagem: 63,34%
- IN021 - Parcela de vias públicas com rede de DMAPU: 26,05%
- IND004 - Densidade de captações de águas pluviais em vias públicas urbanas: 10,60%

Além disso, a consistência da matriz foi verificada por meio do cálculo de λ_{max} , do IC e de RC. Os valores calculados foram:

- $\lambda_{max} = 3,039$
- IC = 0,019
- RC = 0,033

Esses resultados indicam que as comparações são consistentes ($RC < 0,1$), o que reforça a confiabilidade dos pesos atribuídos aos indicadores. A verificação da consistência é crucial para garantir que os resultados possam ser utilizados com segurança no processo decisório.

4.4.3.3 Vulnerabilidade Socioeconômica

A Vulnerabilidade Socioeconômica foi incorporada como um complemento essencial para captar a capacidade de adaptação dos municípios aos impactos hidrológicos. Estudos apontam que fatores como educação, renda e condições econômicas desempenham um papel crucial na resiliência das comunidades frente a desastres naturais (Adger, 2006; Cutter et al., 2003). Municípios com maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) tendem a ser menos vulneráveis, pois possuem maior acesso a infraestrutura e serviços essenciais que facilitam a recuperação após eventos críticos.

A matriz de Vulnerabilidade Socioeconômica (Tabela 4.5) foi composta pelos seguintes indicadores:

| Indicadores | IDHM | IDHM Renda | IDHM Educação | PIB |
|---------------|------|------------|---------------|-----|
| IDHM | 1 | 3 | 3 | 5 |
| IDHM Renda | 1/3 | 1 | 1 | 3 |
| IDHM Educação | 1/3 | 1 | 1 | 3 |
| PIB | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 |

Tabela 4.4 - Matriz de Comparação Pareada de Vulnerabilidade Socioeconômica

Os pesos calculados para os indicadores foram:

- IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano): 51,93%
- IDHM Renda: 20,09%
- IDHM Educação: 20,09%
- PIB: 7,89%

Além disso, a consistência da matriz foi verificada por meio do cálculo de λ_{max} , do IC e RC. Os valores calculados foram:

- $\lambda_{max} = 4,044$
- IC = 0,015
- RC = 0,016

Esses resultados indicam que as comparações são consistentes ($RC < 0,1$), o que reforça a confiabilidade dos pesos atribuídos aos indicadores.

4.4.3.4 Cálculo do índice de Vulnerabilidade

Após a normalização dos indicadores, o **índice de vulnerabilidade** foi calculado integrando as três dimensões principais: **Gestão de Riscos**, **Infraestrutura** e **Vulnerabilidade Socioeconômica**. Cada dimensão foi ponderada conforme os pesos definidos nas matrizes AHP, de modo que os fatores mais relevantes para a vulnerabilidade dos municípios tivessem maior influência no cálculo final.

O cálculo do índice final foi realizado utilizando a seguinte fórmula:

Índice de Vulnerabilidade

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Índice Gestão de Riscos} \times \text{Peso Gestão de Riscos}) \\
 &+ (\text{Índice Infraestrutura} \times \text{Peso Infraestrutura}) \\
 &+ (\text{Índice Socioeconômico} \times \text{Peso Socioeconômico})
 \end{aligned}$$

Cada uma das três dimensões é composta por seus respectivos indicadores normalizados, ponderados com os pesos atribuídos:

1. Gestão de Riscos:

Índice Gestão de Riscos

$$\begin{aligned}
 &= (RI005 \text{ norm} \times \text{Peso RI005}) + (RI001 \text{ norm} \times \text{Peso RI001}) \\
 &+ (RI009 \text{ norm} \times \text{Peso RI009}) + (IE001 \text{ norm} \times \text{Peso IE001})
 \end{aligned}$$

2. Infraestrutura:

Índice Infraestrutura

$$\begin{aligned}
 &= (IE016 \text{ norm} \times \text{Peso IE016}) + (IN021 \text{ norm} \times \text{Peso IN021}) \\
 &+ (IND004 \text{ norm} \times \text{Peso IND004})
 \end{aligned}$$

3. Vulnerabilidade Socioeconômica:

Índice Socioeconômico

$$\begin{aligned}
 &= (IDHM \text{ norm} \times \text{Peso IDHM}) + (IDHM \text{ Renda norm} \times \text{Peso IDHM Renda}) \\
 &+ (IDHM \text{ Educação norm} \times \text{Peso IDHM Educação}) + (PIB \text{ norm} \times \text{Peso PIB})
 \end{aligned}$$

Esses índices representam as três dimensões desenvolvidas para representar vulnerabilidade dos municípios com base no SNIS-AP. A ponderação considera a importância de cada dimensão, permitindo que a capacidade de gestão de riscos, a infraestrutura urbana e os fatores socioeconômicos sejam devidamente representados.

4.5 ETAPA 4 – ÍNDICE MUNICIPAL DE CRITICIDADE HIDROLÓGICA (IMCH)

A matriz de comparação paritária foi construída com base nas comparações entre os critérios selecionados. A escala de Saaty, que varia de 1 a 9, foi utilizada para realizar essas comparações. Nesta escala, o valor 1 indica igual importância entre dois critérios, enquanto o valor 9 indica a importância extrema de um critério sobre o outro.

A matriz A é composta da seguinte forma:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & 1 & a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & 1 \end{bmatrix}$$

Aplicando à situação em questão, a matriz de comparação paritária A foi estruturada da seguinte forma:

$$A = [Exposição \quad Perigos \quad Vulnerabilidade]$$

Cada elemento da matriz a_{ij} representa a importância do critério i em relação ao critério j . As comparações foram realizadas com base na importância relativa dos critérios conforme estabelecido na revisão bibliográfica e de literatura.

Com base na escala de Saaty, os critérios foram comparados par a par em ordem crescente, respeitando a hierarquia dos atributos: **exposição, perigos e vulnerabilidade**.

- Comparação entre Exposição e Perigos: A exposição foi considerada mais importante que os perigos, pois ela define diretamente os elementos em risco (população, infraestrutura e ativos), independentemente da frequência ou probabilidade do evento. Um local com alta exposição, mesmo sujeito a eventos raros, pode apresentar impactos severos. Portanto, foi atribuído $a_{12} = 3$, indicando que a exposição é moderadamente mais importante que os perigos.
- Comparação entre Exposição e Vulnerabilidade: A exposição também foi avaliada como mais importante que a vulnerabilidade. A exposição determina a quantidade de elementos em risco, enquanto a vulnerabilidade influencia a capacidade de resposta ou resistência frente aos eventos hidrológicos. Mesmo em áreas menos vulneráveis, uma alta exposição pode gerar consequências significativas. Dessa forma, foi atribuído $a_{13} = 5$, refletindo que a exposição tem forte importância em relação à vulnerabilidade.
- Comparação entre Perigos e Vulnerabilidade: Os perigos foram considerados mais importantes que a vulnerabilidade, uma vez que a simples ocorrência de um evento hidrológico extremo, como inundações ou enxurradas, já representa uma ameaça significativa. A vulnerabilidade pode amplificar os danos, mas a presença de um perigo é um fator determinante no contexto da análise de riscos. Assim, foi atribuído $a_{23} = 3$, indicando que os perigos são moderadamente mais importantes que a vulnerabilidade.

Com base nas comparações estabelecidas, a matriz A é definida como:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

Para calcular os pesos relativos, a matriz **A** foi normalizada. A normalização foi realizada dividindo cada elemento da matriz pela soma dos elementos de sua respectiva coluna. Isso resulta na matriz normalizada **A'**:

$$A' = \begin{bmatrix} 0,652 & 0,692 & 0,556 \\ 0,217 & 0,231 & 0,333 \\ 0,130 & 0,077 & 0,111 \end{bmatrix}$$

Os pesos relativos de cada critério foram obtidos calculando a média dos valores normalizados de cada linha da matriz **A'**. O resultado é o vetor de prioridade:

$$Pesos\ relativos = \begin{bmatrix} Peso(Exposição) \\ Peso(Perigos) \\ Peso(Vulnerabilidade) \end{bmatrix}$$

Os pesos relativos calculados para os critérios são os seguintes:

- Exposição: 0,633 (ou 63,3%)
- Perigo (*hazard*): 0,260 (ou 26,0%)
- Vulnerabilidade: 0,106 (ou 10,6%)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta as análises dos resultados do IMCH de forma estruturada e alinhada à metodologia descrita. A primeira seção aborda a distribuição geral dos níveis de criticidade, destacando os estados com maior número de municípios classificados em níveis elevados e oferecendo uma visão ampla das condições críticas.

Na sequência, os perfis dos municípios serão caracterizados por classificação, com atenção especial aos municípios de Alta e Muito Alta Criticidade. Essa abordagem permitirá identificar fatores distintivos que ajudam a compreender as condições particulares desses municípios.

Adicionalmente, será realizada uma comparação entre municípios críticos e não críticos segundo a classificação governamental de 2022, considerando os atributos de exposição, perigos e vulnerabilidade. Essa análise busca avaliar a consistência das classificações do IMCH em relação aos critérios governamentais, além de identificar possíveis complementações ou divergências.

Por fim, os três atributos principais do IMCH — Exposição, Perigos e Vulnerabilidade — serão analisados detalhadamente. Essa etapa mostrará como cada dimensão contribui para a classificação final dos municípios e para a formulação do índice, evidenciando a relevância de cada componente no entendimento das condições críticas observadas.

5.1 RESULTADOS GERAIS DO IMCH

Como dito, o desenvolvimento do IMCH foi embasado em diversas informações e indicadores que abrangem a infraestrutura de drenagem, a exposição a riscos hidrológicos e a vulnerabilidade socioeconômica dos municípios brasileiros. A partir desses dados, o IMCH classificou os municípios em cinco níveis de criticidade: Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo.

A aplicação do IMCH revelou uma ampla distribuição dos níveis de criticidade dos municípios, organizados da maior para a menor criticidade. Entre os municípios analisados, 3,99% (193 municípios) foram classificados como de Criticidade Muito Alta, exigindo uma atenção prioritária em termos de planejamento e ações preventivas. Outros 7,74% (374 municípios) apresentaram Criticidade Alta, indicando uma situação que também requer cuidados significativos.

A Criticidade Média foi identificada em 22,68% dos municípios (1.096 no total), sugerindo a necessidade de monitoramento constante para evitar que esses municípios avancem para níveis mais críticos. Na faixa de menor criticidade, 13,84% dos municípios (669 no total) foram classificados como de Criticidade Baixa, enquanto 10,08% (487 municípios) foram classificados como de Criticidade Muito Baixa, demonstrando uma menor vulnerabilidade a eventos hidrológicos severos.

Por fim, 41,67% (2.014 municípios) foram classificados como Sem Criticidade. Essa classificação reflete a inexistência de valores para os atributos de exposição e perigos, indicando que esses municípios não apresentaram ocorrências que pudessem contribuir para uma situação de criticidade.

Esses resultados destacam a necessidade de políticas públicas direcionadas para os municípios em condições mais críticas, como os classificados com Criticidade Alta, que demandam intervenções prioritárias devido à elevada exposição a riscos hidrológicos. Além disso, é importante reconhecer que a classificação Sem Criticidade está diretamente relacionada à ausência de atributos mensuráveis de exposição e perigos, e não necessariamente a uma infraestrutura adequada ou a resiliência garantida. Assim, é essencial não apenas investir nos municípios mais vulneráveis, mas também monitorar continuamente os níveis de criticidade em todas as regiões.

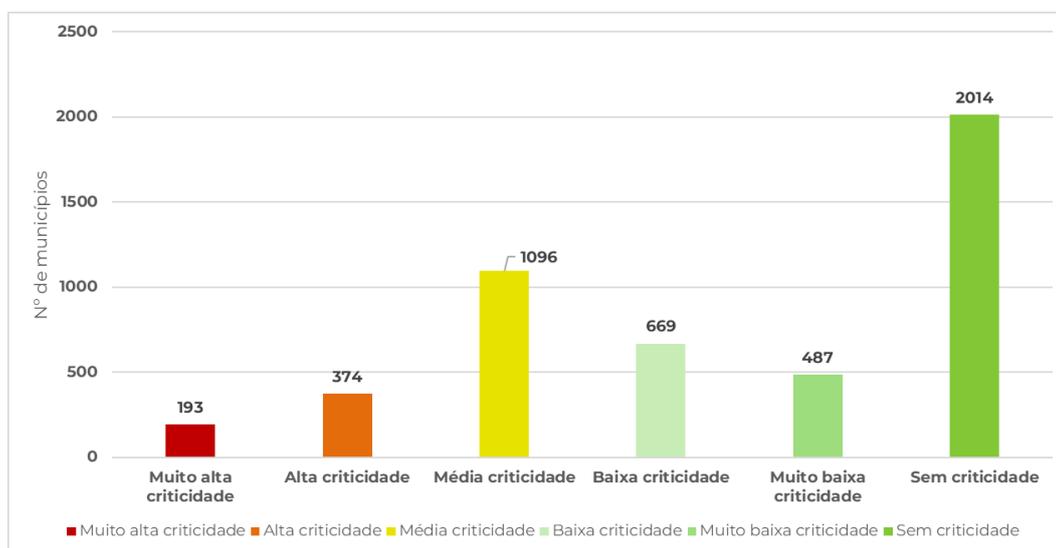


Figura 5.1 - Distribuição geral dos municípios por Níveis de Criticidade

5.1.1 Caracterização do perfil dos municípios por classificação

Os municípios classificados como de **Criticidade Muito Alta** representam os contextos mais desafiadores, especialmente devido à elevada exposição e aos perigos associados, que possuem maior peso no modelo AHP. Essas localidades apresentam uma significativa parcela de domicílios situados em áreas de risco de inundação, somada à alta recorrência de eventos extremos, como inundações, enxurradas e alagamentos. Embora a vulnerabilidade tenha menor peso no modelo, aspectos como infraestrutura insuficiente — incluindo baixa densidade de captações de águas pluviais e limitada cobertura de redes de drenagem —, além da ausência de sistemas institucionais, como alertas de risco e planos diretores, podem agravar o cenário em alguns municípios. Contudo, tais características não são universais, pois diferentes combinações de fatores podem levar à mesma classificação.

Por outro lado, municípios classificados com **Criticidade Alta** apresentam características similares, mas em menor magnitude. Nesses casos, a exposição a riscos hidrológicos e a frequência de eventos extremos continuam desempenhando papéis predominantes, enquanto limitações infraestruturais e institucionais ainda são observadas, mas de forma menos severa. A vulnerabilidade, embora menos influente nessa classificação, pode acentuar os riscos em determinadas localidades, principalmente quando há ausência de planejamento adequado ou insuficiência de infraestrutura. É importante destacar que, assim como na Criticidade Muito Alta, os fatores aqui descritos refletem tendências gerais e não regras fixas.

À medida que se avança para a **Criticidade Média**, observa-se um equilíbrio maior entre exposição moderada, menor frequência de eventos extremos e capacidades institucionais e infraestruturais intermediárias. A parcela de domicílios em áreas de risco é reduzida, e a infraestrutura existente, embora funcional em condições normais, pode ser insuficiente para lidar com eventos mais intensos. Em muitos casos, a presença de sistemas de alerta e redes de drenagem aponta para alguma organização, mas com limitações em alcance e eficiência. Essa categoria reúne municípios com capacidades de resposta variadas, mas que ainda enfrentam desafios relacionados à resiliência.

Na **Criticidade Baixa**, a exposição e a frequência de eventos hidrológicos extremos são consideravelmente menores. Contudo, a baixa criticidade está frequentemente associada à ausência de situações críticas nos últimos anos, mais do que à adequação plena da infraestrutura. Municípios nessa categoria podem apresentar redes de drenagem com boa cobertura ou densidade de captações relativamente elevada, mas isso não implica que

estejam completamente preparados para eventos severos. A ausência de risco pode ser tanto reflexo de condições favoráveis quanto de uma infraestrutura que ainda não foi testada em condições extremas.

Os municípios classificados como de **Criticidade Muito Baixa** destacam-se pela reduzida exposição e pela ausência quase total de registros recentes de eventos hidrológicos extremos. Nessas localidades, os fatores institucionais e socioeconômicos ganham maior relevância, contribuindo para a maior resiliência observada. No entanto, mesmo que os dados indiquem estabilidade, isso não assegura que a infraestrutura existente seja plenamente adequada, especialmente considerando a falta de exposição a situações críticas. A Criticidade Muito Baixa, portanto, não é sinônimo de ausência de riscos, mas reflete uma menor probabilidade de enfrentá-los no contexto atual, reforçando a importância de monitoramento contínuo e ações preventivas.

Por fim, a classificação **Sem Criticidade** abrange municípios que não apresentam evidências de exposição ou registros de eventos extremos nos últimos 5 anos, no S2ID. Esse cenário pode ser interpretado como indicativo de estabilidade em relação aos desastres hidrológicos, mas também pode refletir limitações nos dados disponíveis, sobretudo em municípios menores ou com menor capacidade de registro. Embora a ausência de problemas aparentes seja positiva, não deve ser motivo para complacência, pois condições latentes podem surgir com mudanças nas dinâmicas ambientais ou urbanas. Assim, mesmo nesses municípios, o monitoramento e a avaliação preventiva permanecem fundamentais para garantir a manutenção da resiliência.

5.1.2 Análise dos Municípios com Criticidade Alta e Muito Alta

Os municípios brasileiros classificados como de Criticidade Muito Alta e Criticidade Alta estão amplamente distribuídos, com concentrações expressivas em Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Bahia e São Paulo. Essa distribuição reflete a influência de múltiplos fatores regionais e estruturais, incluindo características geomorfológicas, climáticas, socioeconômicas e institucionais.

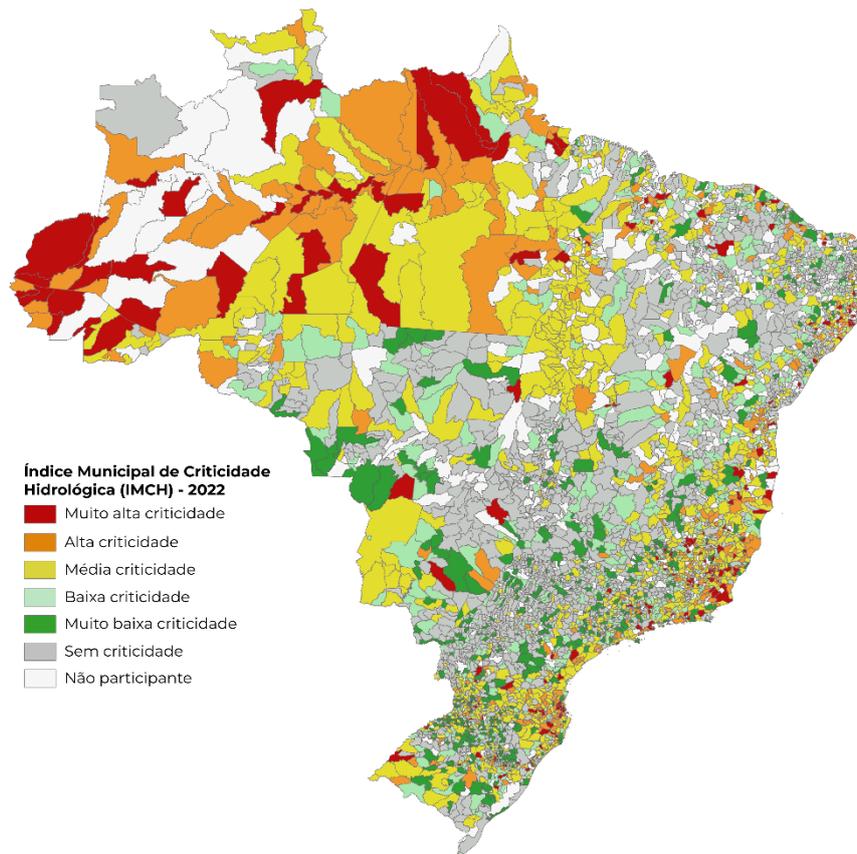


Figura 5.2 – Distribuição espacial da classificação dos municípios no IMCH

Como observado na Figura 5.2, Minas Gerais se destaca como o estado com maior número de municípios críticos, com 37 classificados como de Criticidade Muito Alta e 71 como de Criticidade Alta. A extensa rede hidrográfica, associada a uma topografia marcada por declividades acentuadas, cria condições propícias a enchentes e deslizamentos, conforme apontado por Tucci (2007). A urbanização desordenada em cidades como Belo Horizonte e áreas da região metropolitana intensifica os problemas, levando à ocupação de áreas suscetíveis a inundações e erosão, como observado por Marengo et al. (2020). Além disso, municípios de menor porte enfrentam desafios estruturais ainda mais acentuados, como a ausência de sistemas de drenagem e a precariedade no planejamento territorial, muitas vezes limitada por restrições orçamentárias. Brondizio et al. (2016) ressaltam que a interação entre fatores naturais e a insuficiência de políticas públicas sustentáveis contribui para agravar a vulnerabilidade hidrológica no estado.

O Rio Grande do Sul, com 18 municípios em Criticidade Muito Alta e 30 em Criticidade Alta, apresenta um perfil distinto. A região é frequentemente impactada por chuvas torrenciais associadas a frentes frias e sistemas de baixa pressão, que são exacerbadas por mudanças no regime de precipitação, conforme discutido por Nobre et al. (2019). Municípios

como Santa Maria e Passo Fundo, embora equipados com algum grau de infraestrutura de drenagem, enfrentam limitações significativas quando expostos a eventos de maior magnitude. Assad e Pinto (2021) destacam que a dependência de atividades agrícolas, como a produção de soja e milho, torna a região particularmente vulnerável às variações climáticas, afetando não apenas as áreas urbanas, mas também as zonas rurais, que carecem de suporte estrutural adequado.

Na Bahia, os 11 municípios em Criticidade Muito Alta e os 26 classificados como de Criticidade Alta ilustram os desafios enfrentados pelas regiões Nordeste e Semiárido. A ocupação de áreas ribeirinhas, especialmente em municípios localizados ao longo do Rio São Francisco, expõe comunidades a inundações cíclicas, conforme observado por Souza et al. (2022). Além disso, a ausência de sistemas de drenagem adequados em cidades de médio porte, como Juazeiro, contribui para a perpetuação dos riscos hidrológicos. Brondizio et al. (2016) reforçam que as condições socioeconômicas adversas, como baixos índices de desenvolvimento humano e acesso limitado a infraestrutura básica, intensificam a vulnerabilidade em áreas críticas.

São Paulo, com 7 municípios de Criticidade Muito Alta e 17 de Criticidade Alta, apresenta uma dinâmica marcada pela complexidade de seu crescimento urbano. O Vale do Paraíba, frequentemente afetado por enchentes durante o período de chuvas, exemplifica os desafios enfrentados em regiões densamente povoadas. Lima et al. (2020) observam que, apesar de avanços tecnológicos, como sistemas de alerta precoce, a urbanização desordenada e o aumento da impermeabilização do solo agravam os riscos de inundação. Brondizio et al. (2016) destacam que a pressão sobre os recursos hídricos e a proximidade de áreas vulneráveis, como encostas e margens de rios, reforçam a exposição dos municípios a eventos climáticos extremos.

Essas diferenças regionais revelam um panorama diverso em relação às condições enfrentadas pelos municípios classificados como de Criticidade Alta e Muito Alta. Enquanto Minas Gerais e Rio Grande do Sul lidam com fatores relacionados à geografia e ao clima, na Bahia e em São Paulo os desafios são acentuados por dinâmicas socioeconômicas e urbanas. Apesar de características comuns, como a alta exposição e insuficiências em infraestrutura, cada contexto exige estratégias específicas para redução de riscos, considerando suas particularidades ambientais, econômicas e sociais.

5.1.3 Análise da Distribuição da Criticidade por Estado

A análise da criticidade hidrológica proporcional, observada na Tabela 5.1, entre os estados brasileiros revela disparidades significativas, com alguns estados apresentando alta concentração de municípios em situações críticas em relação ao total de suas localidades. Essa perspectiva proporciona um entendimento mais claro das vulnerabilidades específicas de cada estado, considerando suas características geográficas, climáticas e estruturais.

| Estado | UF | Muito alta criticidade | % | Alta criticidade | % | Média criticidade | % | Baixa criticidade | % | Muito baixa criticidade | % | Sem criticidade | % | Nº de municípios |
|---------------------|----|------------------------|--------|------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------------|---------|-----------------|--------|------------------|
| Acre | AC | 6 | 30,00% | 5 | 25,00% | 6 | 30,00% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 3 | 15,00% | 20 |
| Alagoas | AL | 10 | 13,16% | 17 | 22,37% | 17 | 22,37% | 7 | 9,21% | 2 | 2,63% | 23 | 30,26% | 76 |
| Amapá | AP | 2 | 15,38% | 1 | 7,69% | 6 | 46,15% | 2 | 15,38% | 0 | 0,00% | 2 | 15,38% | 13 |
| Amazonas | AM | 17 | 36,96% | 19 | 41,30% | 9 | 19,57% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 2,17% | 46 |
| Bahia | BA | 11 | 3,44% | 26 | 8,13% | 76 | 23,75% | 59 | 18,44% | 10 | 3,13% | 138 | 43,13% | 320 |
| Ceará | CE | 5 | 3,18% | 7 | 4,46% | 23 | 14,65% | 31 | 19,75% | 11 | 7,01% | 80 | 50,96% | 157 |
| Distrito Federal | DF | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 100,00% | 0 | 0,00% | 1 |
| Espírito Santo | ES | 10 | 13,16% | 18 | 23,68% | 30 | 39,47% | 5 | 6,58% | 7 | 9,21% | 6 | 7,89% | 76 |
| Goiás | GO | 2 | 0,98% | 0 | 0,00% | 15 | 7,35% | 16 | 7,84% | 11 | 5,39% | 160 | 78,43% | 204 |
| Maranhão | MA | 5 | 3,14% | 15 | 9,43% | 41 | 25,79% | 24 | 15,09% | 8 | 5,03% | 66 | 41,51% | 159 |
| Mato Grosso | MT | 2 | 1,65% | 1 | 0,83% | 15 | 12,40% | 20 | 16,53% | 18 | 14,88% | 65 | 53,72% | 121 |
| Mato Grosso do Sul | MS | 1 | 1,27% | 3 | 3,80% | 16 | 20,25% | 10 | 12,66% | 15 | 18,99% | 34 | 43,04% | 79 |
| Minas Gerais | MG | 37 | 4,87% | 71 | 9,34% | 199 | 26,18% | 139 | 18,29% | 64 | 8,42% | 250 | 32,89% | 760 |
| Pará | PA | 9 | 7,83% | 25 | 21,74% | 40 | 34,78% | 15 | 13,04% | 3 | 2,61% | 23 | 20,00% | 115 |
| Paraíba | PB | 0 | 0,00% | 5 | 2,98% | 14 | 8,33% | 30 | 17,86% | 11 | 6,55% | 108 | 64,29% | 168 |
| Paraná | PR | 5 | 1,31% | 8 | 2,10% | 56 | 14,70% | 48 | 12,60% | 43 | 11,29% | 221 | 58,01% | 381 |
| Pernambuco | PE | 6 | 4,05% | 16 | 10,81% | 43 | 29,05% | 18 | 12,16% | 15 | 10,14% | 50 | 33,78% | 148 |
| Piauí | PI | 2 | 1,20% | 6 | 3,59% | 20 | 11,98% | 23 | 13,77% | 5 | 2,99% | 111 | 66,47% | 167 |
| Rio de Janeiro | RJ | 11 | 12,79% | 17 | 19,77% | 33 | 38,37% | 9 | 10,47% | 9 | 10,47% | 7 | 8,14% | 86 |
| Rio Grande do Norte | RN | 3 | 2,29% | 5 | 3,82% | 10 | 7,63% | 19 | 14,50% | 13 | 9,92% | 81 | 61,83% | 131 |
| Rio Grande do Sul | RS | 18 | 3,81% | 30 | 6,36% | 92 | 19,49% | 80 | 16,95% | 108 | 22,88% | 144 | 30,51% | 472 |
| Rondônia | RO | 0 | 0,00% | 3 | 6,52% | 14 | 30,43% | 4 | 8,70% | 1 | 2,17% | 24 | 52,17% | 46 |
| Roraima | RR | 1 | 9,09% | 1 | 9,09% | 5 | 45,45% | 2 | 18,18% | 0 | 0,00% | 2 | 18,18% | 11 |
| Santa Catarina | SC | 20 | 6,99% | 51 | 17,83% | 126 | 44,06% | 22 | 7,69% | 39 | 13,64% | 28 | 9,79% | 286 |
| São Paulo | SP | 7 | 1,14% | 17 | 2,76% | 83 | 13,47% | 70 | 11,36% | 89 | 14,45% | 350 | 56,82% | 616 |
| Sergipe | SE | 1 | 1,45% | 2 | 2,90% | 10 | 14,49% | 15 | 21,74% | 4 | 5,80% | 37 | 53,62% | 69 |
| Tocantins | TO | 2 | 1,90% | 5 | 4,76% | 97 | 92,38% | 1 | 0,95% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 105 |

5.1 - Distribuição da Criticidade por Estado

No Amazonas, 36,96% dos municípios estão classificados como de Criticidade Muito Alta e 41,3% como de Criticidade Alta, somando quase 80% das localidades nas categorias mais críticas. Essa elevada concentração reflete a exposição constante às cheias sazonais, fenômeno típico da bacia amazônica, que afeta tanto áreas ribeirinhas quanto urbanas. A infraestrutura precária, especialmente em comunidades mais isoladas, agrava os impactos desses eventos, enquanto a ocupação irregular das margens dos rios intensifica a vulnerabilidade (Brondizio et al., 2016). Municípios como Parintins e Itacoatiara são exemplos de localidades que enfrentam desafios estruturais e institucionais profundos, como a ausência de sistemas de alerta de risco e a limitação no planejamento de redes de drenagem (Souza et al., 2022).

No Acre, 30% dos municípios estão em Criticidade Muito Alta e outros 30% em Criticidade Alta, evidenciando que o estado enfrenta dificuldades semelhantes às do Amazonas, mas em uma escala ligeiramente distinta. A dependência das redes hidrográficas para transporte e abastecimento, apontada por Marengo et al. (2013a), é um fator central que amplia os riscos

hidrológicos, especialmente em localidades menores, como Tarauacá. A infraestrutura insuficiente, combinada com a falta de políticas públicas robustas para a gestão de drenagem e reassentamento, resulta em uma vulnerabilidade estrutural que reflete o padrão crítico do estado.

O Amapá, com 46,15% dos municípios em Criticidade Média e 15,38% em Criticidade Muito Alta, apresenta uma concentração marcante de desafios moderados, com alguns focos de criticidade severa. A exposição elevada a inundações e a expansão urbana desordenada tornam municípios como Macapá particularmente vulneráveis. Souza et al. (2022) destacam que a ausência de redes de drenagem urbanas adequadas e a pressão demográfica em áreas de risco dificultam a mitigação de impactos, enquanto as capacidades institucionais limitadas agravam as respostas em momentos críticos.

No Rio de Janeiro, 38,37% dos municípios estão em Criticidade Média, enquanto 19,77% aparecem na categoria de Criticidade Alta e 12,79% na Criticidade Muito Alta. A maior parte das localidades encontra-se em criticidade intermediária, mas regiões como a Serra Fluminense, frequentemente impactadas por chuvas intensas e deslizamentos, exemplificam o risco elevado associado à ocupação desordenada de áreas de encosta (Lima et al., 2020). Municípios como Petrópolis, apesar de avanços pontuais, ainda enfrentam limitações na capacidade de gestão, como sistemas de drenagem inadequados e planejamento urbano fragmentado.

Em Santa Catarina, 44,06% dos municípios estão em Criticidade Média e 45,4% em Criticidade Baixa, evidenciando um equilíbrio regional. O estado apresenta sistemas de mitigação relativamente avançados, como os sistemas de alerta precoce descritos por Nobre et al. (2019). No entanto, em municípios menores e com menos recursos, como Itajaí, desafios estruturais ainda persistem, especialmente diante da frequência de chuvas intensas que sobrecarregam as redes de drenagem.

Na categoria Sem Criticidade, São Paulo e Minas Gerais se destacam, com 43,42% e 50,92% de seus municípios, respectivamente, sem registros recentes de eventos extremos. Silva et al. (2017) observam que o planejamento urbano e os investimentos em sistemas de drenagem contribuíram para a estabilidade em grande parte dos municípios paulistas, embora localidades periféricas ainda apresentem lacunas em sua infraestrutura. Em Minas Gerais, Tucci (2007) alerta que, apesar da predominância de municípios em criticidade baixa ou sem criticidade, as características geográficas do estado — como a topografia acidentada — e as

limitações em regiões rurais podem mascarar vulnerabilidades latentes, especialmente em áreas com infraestrutura subdimensionada.

Os padrões internos revelam uma diversidade de situações em todo o território nacional. Estados como Amazonas e Acre enfrentam desafios estruturais e institucionais que contribuem para altas concentrações de municípios em categorias críticas. Por outro lado, São Paulo e Minas Gerais refletem avanços institucionais que, embora relevantes, não eliminam completamente as vulnerabilidades em localidades específicas. Essa análise destaca a importância de compreender as realidades locais para promover ações que atendam às necessidades particulares de cada estado.

5.1.4 Municípios críticos e não críticos

A análise dos níveis de criticidade do IMCH considera a separação inicial feita pelo Programa 2218 do Governo Federal, que classificou os municípios brasileiros em críticos e não críticos com base em critérios históricos de vulnerabilidade e impactos hidrológicos. O IMCH, ao reavaliar esses mesmos municípios, oferece uma perspectiva complementar, destacando padrões e tendências nos diferentes níveis de criticidade. Essa abordagem permite verificar a coerência entre os dois métodos e identificar como as condições hidrológicas atuais influenciaram a nova classificação.

Entre os municípios classificados como críticos pelo Programa 2218, o IMCH posicionou 51,30% (99 municípios) na categoria de Criticidade Muito Alta. Esse dado reforça a identificação de localidades que apresentam características consistentes com os critérios de alta exposição, vulnerabilidades e frequente ocorrência de eventos extremos. A concentração significativa de municípios nessa categoria indica coerência com o propósito de identificar os contextos mais severos.

Na categoria de Criticidade Alta, encontram-se 57,75% (216 municípios). Esse grupo inclui municípios que, embora enfrentem desafios, apresentam algum nível de mitigação ou menor intensidade de eventos extremos em relação à categoria Muito Alta. A continuidade entre essas duas categorias sugere uma transição clara entre municípios com desafios estruturais mais intensos e aqueles com problemas menos críticos, mas ainda relevantes. Esses resultados estão alinhados com estudos que destacam a importância de diferenças regionais e locais nas capacidades de mitigação de impactos hidrológicos (Brondizio et al., 2016).

A Criticidade Média, que abrange 44,25% (485 municípios) entre os críticos, demonstra como o IMCH reflete situações intermediárias, onde há vulnerabilidades que podem ser manejáveis em condições normais, mas que podem se agravar em eventos extremos. A presença desse número significativo na categoria Média reflete uma coerência entre as capacidades institucionais e estruturais moderadas e a menor exposição a eventos hidrológicos extremos declarados no ano de referência.

Já na Criticidade Baixa, aparecem 14,80% (99 municípios) dos críticos. Esses municípios, embora classificados como críticos pelo Programa 2218, apresentaram características que, segundo o IMCH, indicam maior estabilidade ou menor vulnerabilidade estrutural e exposição. A presença de municípios nessa categoria sugere que o modelo também capta condições transitórias ou sazonais que reduzem a criticidade no ano de referência.

Por fim, na categoria Sem Criticidade, estão 7,94% (160 municípios) entre os críticos. Esse número pode ser explicado pela diferença de abordagens entre os dois critérios: enquanto o Programa 2218 utilizou dados históricos de impacto, o IMCH adota uma visão prospectiva que considera condições recentes e latentes. Essa classificação reforça a necessidade de acompanhamento contínuo, especialmente para avaliar se essas localidades mantêm ou não sua condição estável ao longo do tempo (Tucci, 2007).

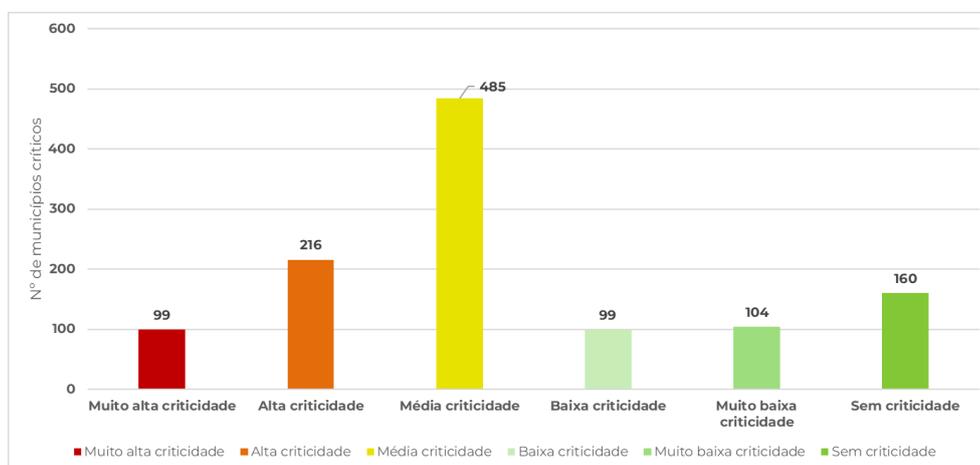


Figura 5.3 - Distribuição dos municípios críticos por Níveis de Criticidade

Por outro lado, entre os municípios considerados não críticos pelo Programa 2218, o IMCH classificou 48,70% (94 municípios) como de Criticidade Muito Alta. Essa proporção, embora reduzida em termos absolutos, sugere que o modelo foi capaz de captar vulnerabilidades que podem ter passado despercebidas nos critérios históricos. Esses

municípios apresentam características que os colocam em condições de risco elevado, destacando a relevância de integrar indicadores recentes e prospectivos.

Na categoria Criticidade Alta, encontram-se 42,25% (158 municípios) dos não críticos. Esses dados reforçam a importância de uma avaliação detalhada para identificar potenciais vulnerabilidades em municípios que, aparentemente, não enfrentaram problemas significativos no passado recente. A presença desses municípios em categorias mais severas evidencia que o modelo é sensível a fatores estruturais, como ausência de planejamento integrado e insuficiência de redes de drenagem (Silva et al., 2017).

A Criticidade Média abrange 55,75% (611 municípios), sugerindo que uma parte considerável dos não críticos possui condições intermediárias, onde as vulnerabilidades, embora latentes, não apresentam alta criticidade no ano de referência. Esse padrão reflete uma coerência com a realidade de municípios que possuem capacidades institucionais e estruturais moderadas.

Na Criticidade Baixa, estão 21,36% (104 municípios) dos não críticos. Essa categoria é consistente com municípios que, embora apresentem vulnerabilidades menores, ainda possuem desafios que podem emergir em condições extremas. Já na categoria Sem Criticidade, encontra-se a maior proporção, 92,06% (1.854 municípios). Esses resultados reforçam a coerência do modelo em identificar localidades onde a ausência de exposição e vulnerabilidades significativas no ano de referência é predominante. No entanto, como apontado por Tucci (2007), a ausência de eventos não garante resiliência plena, sendo essencial o monitoramento contínuo.

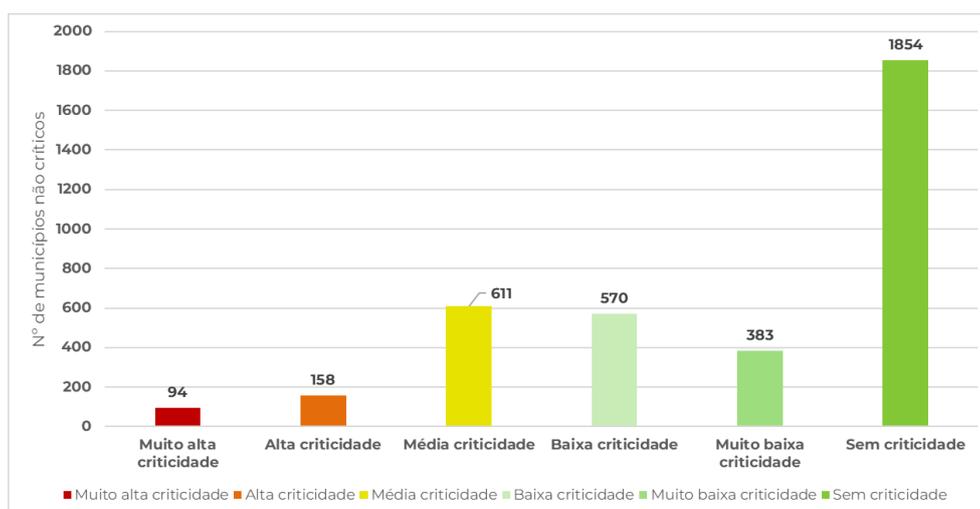


Figura 5.4 - Distribuição dos municípios não críticos por Níveis de Criticidade

A análise dos municípios críticos e não críticos pelo IMCH reflete uma coerência geral com os resultados do Programa 2218, especialmente nas categorias extremas. Enquanto os municípios críticos apresentam maior concentração nas categorias de alta e muito alta criticidade, os não críticos têm predominância em Sem Criticidade e Criticidade Média, o que condiz com a realidade esperada. As discrepâncias observadas, especialmente a presença de municípios não críticos em categorias altas, indicam que o modelo do IMCH tem potencial para captar vulnerabilidades que podem ser latentes ou emergentes, complementando os critérios do Programa 2218. Essa abordagem integrada destaca a importância de análises contínuas para uma gestão eficiente dos riscos hidrológicos.

5.2 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO POR ATRIBUTOS

Nesta seção, será realizada uma Análise da Distribuição por Atributos, abordando de forma detalhada os principais componentes que influenciam a criticidade hidrológica dos municípios brasileiros. A análise será dividida em três categorias centrais: Distribuição da Exposição, que avalia o grau de suscetibilidade dos municípios com base em fatores como localização geográfica e densidade de domicílios em áreas de risco; Distribuição dos Perigos, que reflete a frequência e recorrência dos eventos hidrológicos registrados; e, por fim, a Distribuição da Vulnerabilidade, que explora as fragilidades estruturais, de gestão e socioeconômicas que potencializam os riscos hidrológicos. A partir dessa abordagem, será possível obter uma visão abrangente e integrada das diversas camadas que compõem o IMCH e como elas se distribuem entre os municípios analisados.

5.2.1 Análise da Distribuição de Exposição do IMCH

A classificação dos municípios segundo o indicador IN040 - Parcela de Domicílios em Situação de Risco de Inundação (%) traz uma visão abrangente da exposição da população ao risco de inundações em todo o território brasileiro. Esse indicador foi o segundo mais importante na construção do IMCH, pois a exposição a áreas de risco de inundação é um dos principais fatores de criticidade em eventos hidrológicos extremos.

A distribuição dos municípios nas diversas classificações de criticidade em relação à exposição apresenta um panorama preocupante para algumas localidades, conforme observado na Figura 5.8, enquanto outros municípios têm conseguido, até o momento, mitigar ou evitar os riscos relacionados à ocupação de áreas vulneráveis.

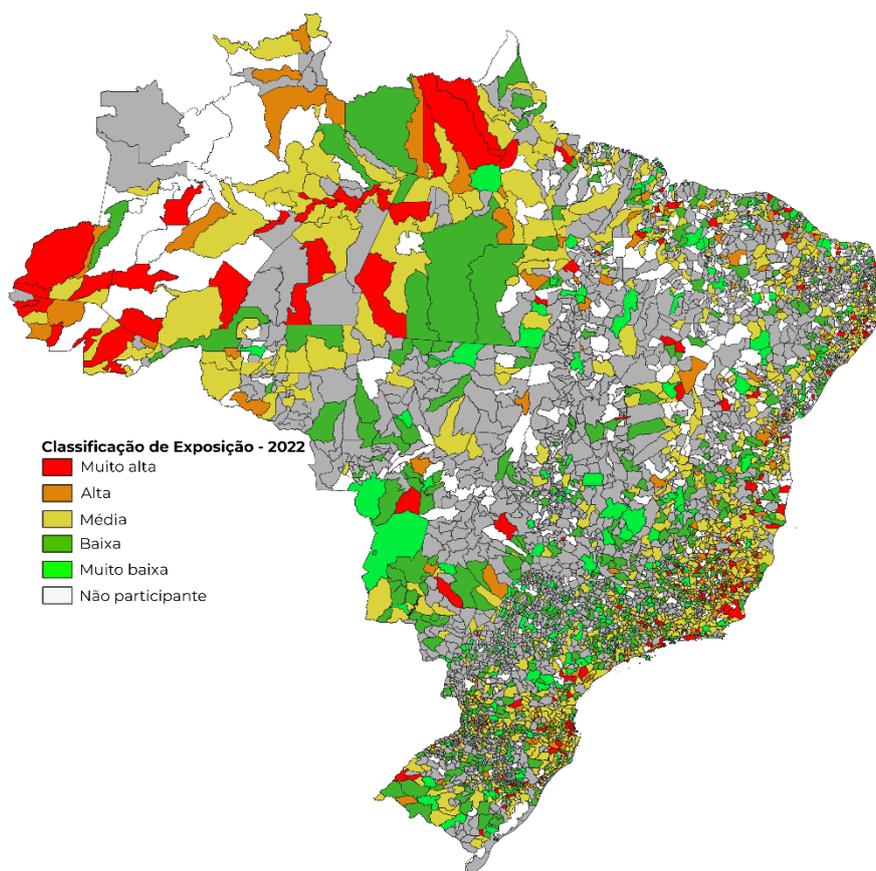


Figura 5.5 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Exposição no IMCH - 2022

5.2.1.1 Distribuição Geral

Os municípios foram divididos em seis classificações distintas, que variam desde Sem Exposição Registrada até Muito Alta Exposição. A distribuição dos municípios é a seguinte:

- Muito Alta Exposição: 199 municípios
- Alta Exposição: 207 municípios
- Média Exposição: 1159 municípios
- Baixa Exposição: 640 municípios
- Muito Baixa Exposição: 243 municípios
- Sem Exposição Registrada: 2385 municípios

Essa divisão revela que a maior parte dos municípios brasileiros não reportou domicílios em áreas de risco de inundação, enquanto um número significativo ainda enfrenta níveis críticos de exposição.

5.2.1.2 Municípios com Muito Alta Exposição

Os 199 municípios classificados como de muito alta exposição são os que enfrentam as condições mais alarmantes no que diz respeito à ocupação de áreas de risco. Esses locais apresentam um percentual extremamente elevado de domicílios situados em áreas vulneráveis, o que implica uma alta probabilidade de impactos severos em eventos hidrológicos extremos.

Ipanguaçu (RN), com 100% de seus domicílios localizados em áreas de risco de inundação, é um exemplo claro de município em situação crítica. Nesse caso, não há margem de segurança, pois toda a população está exposta a riscos significativos. A infraestrutura precária, somada à ocupação descontrolada de áreas vulneráveis, coloca o município em uma posição extremamente delicada, e qualquer evento de grande magnitude pode ter consequências desastrosas. O município de Palmares (PE) também se encontra em uma situação semelhante, com 94,1% de domicílios expostos, reforçando a necessidade de políticas públicas urgentes voltadas para a relocação de populações e o desenvolvimento de sistemas de drenagem mais eficientes.

São Miguel do Tocantins (TO) é um município que se encaixa nessa categoria, com uma parcela significativa de domicílios expostos a áreas de risco. Com um IN040 de 85,5%, a classificação do município como de muito alta exposição revela a gravidade da situação. Aqui, há uma necessidade urgente de intervenções estruturais, como a realocação das populações em áreas mais seguras e o fortalecimento da infraestrutura de drenagem, a fim de evitar desastres futuros.

Nos municípios de muito alta exposição, as medidas necessárias vão além da simples melhoria da infraestrutura. É fundamental implementar planos de gestão de risco, mapear as áreas vulneráveis com precisão e garantir que as populações tenham acesso a sistemas de alerta e, em muitos casos, considerar a relocação dessas comunidades para áreas mais seguras.

5.2.1.3 Municípios com Alta Exposição

Municípios classificados como de alta exposição somam 207. Nesses casos, a exposição a áreas de risco é muito elevada, refletindo um alto grau de vulnerabilidade da população a eventos hidrológicos. O percentual de domicílios em áreas de risco nesses municípios é significativo, o que exige atenção redobrada e a implementação de políticas públicas de mitigação dos riscos.

Municípios como Vargem Alegre (MG), por exemplo, apresentam uma situação crítica, com 17,30% dos domicílios localizados em áreas de risco e uma exposição classificada como alta. Esse cenário destaca a precariedade das infraestruturas urbanas em regiões onde as chuvas intensas se tornam cada vez mais comuns, sobrecarregando sistemas de drenagem e resultando em frequentes alagamentos e enxurradas.

5.2.1.4 Municípios com Média Exposição

A categoria de média exposição conta com 1159 municípios, que estão em uma situação intermediária, onde o risco é relevante, mas não atinge níveis críticos. O percentual de domicílios expostos nesses municípios reflete uma realidade onde o crescimento urbano, em algumas áreas, aconteceu sem a devida consideração dos riscos naturais, especialmente em regiões próximas a rios e áreas de planície aluvial.

5.2.1.5 Municípios com Baixa e Muito Baixa Exposição

Os municípios classificados como de baixa exposição somam 640, enquanto 243 municípios estão classificados como de muito baixa exposição. Nesses locais, a parcela de domicílios em áreas de risco é limitada, o que pode ser um reflexo de políticas urbanas mais adequadas ou características geográficas favoráveis.

Um exemplo é o município de Lins (SP), que apresenta uma exposição muito baixa, com apenas 1,39% dos domicílios localizados em áreas de risco de inundação. A situação em Lins reflete um bom planejamento urbano, em que o crescimento da cidade foi orientado de forma a evitar as áreas mais suscetíveis a inundações. Ainda que exista alguma exposição, ela é relativamente baixa, e a infraestrutura parece ser suficiente para proteger a população na maioria dos cenários de chuvas intensas.

Municípios com exposição mais moderada, como Três Barras (SC), apresentam cerca de 14,32% dos domicílios em áreas de risco, o que classifica o município como de média exposição. Isso demonstra que, embora a cidade não enfrente uma situação alarmante, ainda há uma parcela significativa da população vulnerável, e é essencial que sejam adotadas políticas preventivas para reduzir essa exposição, especialmente com o aumento da intensidade dos eventos hidrológicos devido às mudanças climáticas.

5.2.1.6 Municípios Sem Exposição

Com 2385 municípios, essa é a maior categoria. Nessas localidades, não houve registro de domicílios em áreas de risco de inundação no SNIS-AP. Tabapuã (SP) e outros municípios similares não reportaram qualquer parcela de domicílios em áreas vulneráveis, o que pode

ser uma indicação de que estão situados em regiões geograficamente seguras, longe de corpos d'água ou áreas sujeitas a inundações. A ausência de exposição pode também ser resultado de boas práticas de planejamento urbano e de infraestrutura de drenagem eficaz, prevenindo a ocupação de áreas de risco.

Entretanto, essa ausência de exposição pode, em alguns casos, refletir uma subnotificação ou uma falta de monitoramento adequado. Pequenos municípios ou localidades com recursos limitados podem não ter os dados completos para identificar todas as áreas vulneráveis, o que pode mascarar riscos reais. A ausência de dados, portanto, deve ser interpretada com cautela, e esses municípios precisam ser constantemente monitorados para garantir que não haja uma exposição oculta.

5.2.1.7 Comparação com a Classificação de Críticos em 2022 pelo Programa 2218 do Governo Federal

O programa 2218 do Governo Federal classificou 1290 municípios críticos em 2022, com base em diversos critérios relacionados à gestão de riscos e desastres, e desses 1163 municípios participaram da coleta SNIS-AP 2022. A seguir, será feita uma análise comparativa entre os municípios considerados críticos em 2022 e os resultados da classificação de exposição do IMCH, para avaliar possíveis convergências e divergências entre os critérios utilizados pelo governo e o indicador IN040.

5.2.1.8 Municípios Críticos em 2022

Dentre os 1163 municípios críticos, muitos também aparecem nas categorias de alta ou muito alta exposição no IMCH, como observado na Figura 5.8, o que demonstra uma convergência entre os dois critérios de classificação. Municípios como Ipanguaçu (RN), Palmares (PE) e Laranjal do Jari (AP), por exemplo, que estão entre os mais expostos a áreas de risco de inundação, foram corretamente identificados pelo governo federal como críticos, o que reflete a necessidade de ações imediatas nesses locais.

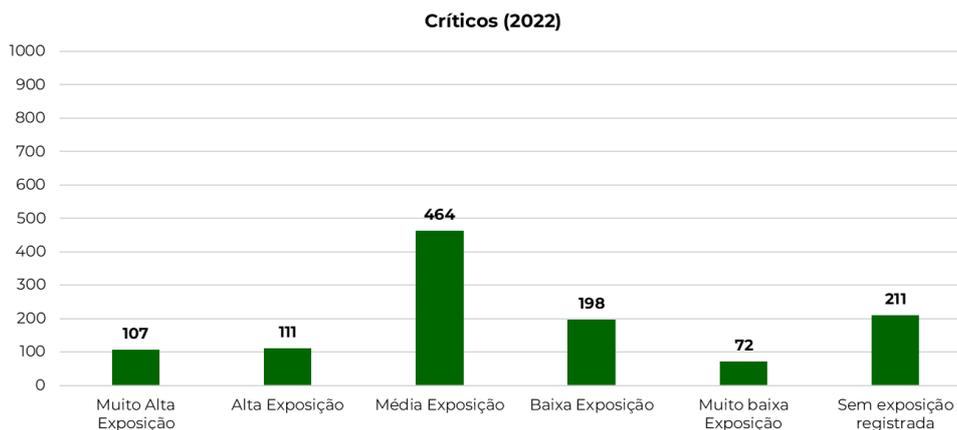


Figura 5.6 - Distribuição geral dos municípios críticos por níveis de Exposição

No entanto, há alguns municípios classificados como críticos pelo programa 2218 que não aparecem com alta exposição no IMCH. Isso pode ser explicado por outros fatores considerados na classificação federal, como a vulnerabilidade socioeconômica, a capacidade de gestão de riscos, e o histórico de desastres. Esses municípios podem não ter uma exposição elevada a inundações, mas ainda assim podem enfrentar sérios desafios relacionados à vulnerabilidade da população e à resposta a desastres.

5.2.1.9 Municípios Não Críticos em 2022

Apesar de não serem classificados como críticos pelo governo federal em 2022, muitos municípios apresentam níveis significativos de exposição, conforme ilustrado na Figura 5.9. Dos 3.670 municípios classificados como não críticos, 92 registraram muito alta exposição e 96 apresentaram alta exposição. Além disso, 695 municípios foram classificados com média exposição, o que ainda representa um nível considerável de suscetibilidade a possíveis eventos hidrológicos impactantes.

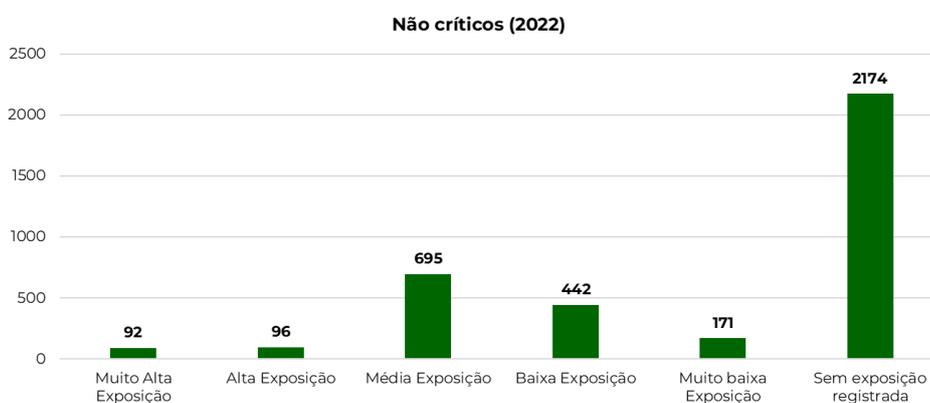


Figura 5.7 - Distribuição geral dos municípios não críticos por níveis de Exposição

Um exemplo disso é São Miguel do Tocantins (TO), classificado como de muito alta exposição no IMCH, com 85,5% dos domicílios em áreas de risco, mas que não foi considerado crítico pelo programa federal. Esse tipo de divergência pode apontar para lacunas nos critérios de classificação do programa 2218, que talvez não tenha dado a devida importância ao fator de exposição em algumas regiões.

5.2.2 Análise da Distribuição de Perigos do IMCH

O componente Perigos (*Hazards*) é o terceiro mais relevante no desenvolvimento do IMCH, refletindo a frequência e gravidade de eventos hidrológicos severos nos últimos cinco anos, conforme os registros do **S2ID**. Os três indicadores considerados para essa análise são:

1. **RI026** – Ocorrência de Inundações
2. **RI022** – Ocorrência de Enxurradas
3. **RI024** – Ocorrência de Alagamentos

A criticidade de cada município é determinada pela combinação da frequência desses eventos, com maior peso atribuído às inundações, seguidas pelas enxurradas e, finalmente, pelos alagamentos. A seguir, serão apresentados os detalhes da classificação dos municípios, com exemplos concretos de como cada uma das categorias reflete a realidade local.

5.2.2.1 Distribuição Geral dos Municípios por Perigos

Os municípios brasileiros foram classificados em diferentes níveis de criticidade, observados na Figura 5.9, com base nos três indicadores de perigos. A distribuição é a seguinte:

- Muito Alto: 110 municípios
- Alto: 86 municípios
- Médio: 576 municípios
- Baixo: 420 municípios
- Muito Baixo: 221 municípios
- Sem perigos registrados: 3420 municípios

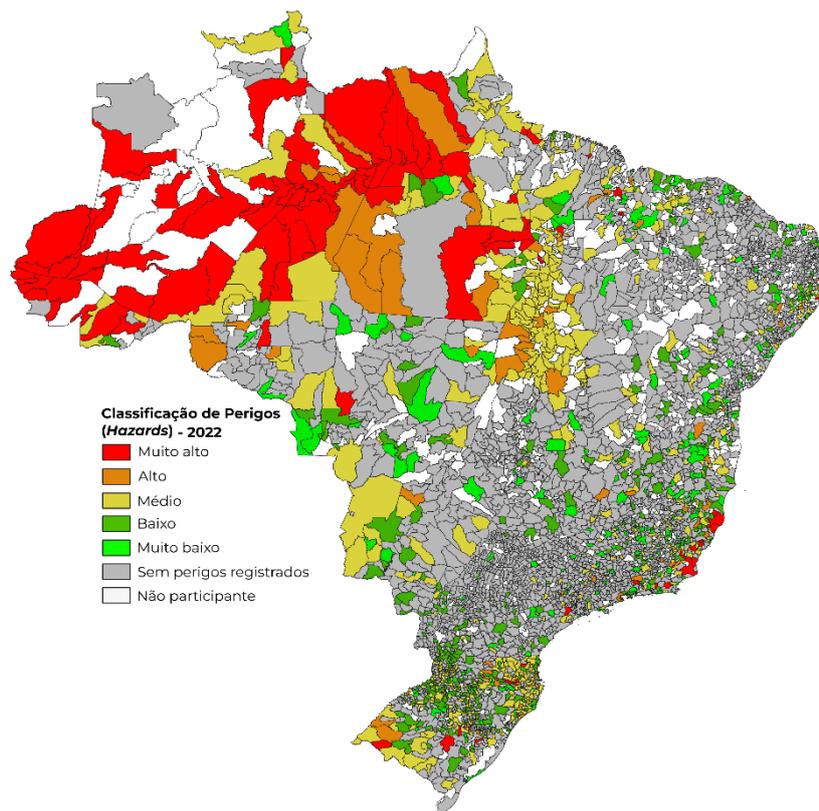


Figura 5.8 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Perigos (*hazard*) no IMCH - 2022

Essa distribuição revela que, embora a maioria dos municípios tenha baixa ou muito baixa criticidade em relação aos perigos hidrológicos, uma quantidade significativa ainda enfrenta situações severas, com alta ou muito alta exposição a eventos como inundações, enxurradas e alagamentos.

5.2.2.2 Municípios com Muito Alta Criticidade de Perigos

Os 149 municípios classificados como de muito alta criticidade são aqueles que enfrentaram múltiplos eventos severos nos últimos cinco anos, incluindo enxurradas, inundações e alagamentos em alta frequência.

Parauapebas (PA), por exemplo, é um dos municípios mais críticos, registrando 13 eventos de inundações (RI026), 1 evento de enxurrada (RI022) e 10 eventos de alagamento (RI024). A recorrência de enxurradas, que causam deslizamentos e danificam infraestruturas, é o principal fator que agrava a situação de Parauapebas. Além disso, a alta ocorrência de alagamentos reforça a necessidade urgente de melhorias nos sistemas de drenagem urbana.

Outro exemplo é Alenquer (PA), que apresentou 9 inundações, 10 enxurradas e 7 alagamentos. Embora o número de enxurradas seja menor em comparação a Parauapebas, a frequência combinada dos três tipos de eventos coloca Alenquer entre os municípios de maior criticidade. A normalização dos valores de RI026 e RI024 destaca a alta exposição da cidade a eventos que afetam profundamente a população e o funcionamento da cidade, como inundações urbanas que afetam a mobilidade e o fornecimento de serviços básicos.

Em Oriximiná (PA), o número expressivo de 22 enxurradas (RI022) reflete uma frequência elevada de eventos hidrológicos impactantes, destacando a dimensão dos perigos hidrológicos enfrentados pelo município. Esses dados indicam a necessidade de estratégias específicas de prevenção e mitigação para lidar com a recorrência de eventos e reduzir os impactos associados, especialmente considerando a interação com outras dimensões críticas, como infraestrutura e gestão de riscos.

5.2.2.3 Municípios com Alta Criticidade de Perigos

Os 493 municípios classificados como de alta criticidade enfrentaram uma combinação de eventos hidrológicos que, embora menos severos do que os municípios de muito alta criticidade, ainda representam uma ameaça significativa. Nesses casos, um dos indicadores, geralmente enxurradas, tende a dominar, enquanto os outros indicadores têm uma presença menos expressiva.

Por exemplo, Lauro Muller (SC) teve 5 eventos de enxurrada, 2 de inundações e 2 de alagamento nos últimos cinco anos. Essa combinação de eventos resulta em um escore final elevado, apesar de o número de inundações e alagamentos ser menor. Nesses municípios, a criticidade está concentrada em eventos de grande impacto local, como as enxurradas, que são particularmente destrutivas em áreas de declive e causam deslizamentos de terra.

Itabuna (BA) é outro exemplo de alta criticidade, com 4 eventos de enxurrada, 2 de inundações e 1 de alagamento registrados nos últimos cinco anos. Esse padrão reflete características típicas de municípios do interior da Bahia, onde a combinação de áreas urbanizadas próximas a rios e sistemas de drenagem insuficientes agrava a exposição a eventos hidrológicos extremos, como destacado por Tucci (2007). As enxurradas frequentes causam impactos significativos, incluindo erosão e desestabilização de encostas, enquanto as inundações e alagamentos, embora menos recorrentes, evidenciam a vulnerabilidade da cidade à intensificação das chuvas, conforme apontado por Nobre et al. (2019b). Esses

fatores, combinados com a falta de planejamento urbano adequado, reforçam a classificação de Itabuna como um município de alta criticidade.

5.2.2.4 Municípios com Média Criticidade de Perigos

Os 772 municípios classificados como de média criticidade enfrentaram um número moderado de eventos hidrológicos, mas que ainda apresentam riscos significativos. Esses municípios tiveram menos registros de eventos severos nos últimos cinco anos, mas a presença contínua de perigos hidrológicos exige atenção e medidas preventivas.

Palmitos (SC), por exemplo, teve 5 eventos de enxurrada e menor ocorrência de inundações e alagamentos. A classificação como de média criticidade reflete uma realidade em que, embora o número de eventos seja moderado, as enxurradas representam uma ameaça constante à infraestrutura urbana e rural. A presença contínua de enxurradas em locais onde a infraestrutura é insuficiente para conter grandes volumes de água pode agravar a vulnerabilidade da população, especialmente em áreas de menor desenvolvimento socioeconômico.

Nesses municípios, a criticidade moderada significa que políticas de mitigação e manutenção de sistemas de drenagem ainda são essenciais para prevenir o agravamento dos riscos, especialmente em face das mudanças climáticas, que têm aumentado a intensidade e frequência das chuvas.

5.2.2.5 Municípios com Baixa e Muito Baixa Criticidade de Perigos

Os 998 municípios classificados como de baixa criticidade e os 1075 municípios classificados como de muito baixa criticidade são aqueles que, nos últimos cinco anos, enfrentaram poucos eventos hidrológicos severos ou não registraram nenhuma ocorrência significativa. Essa ausência de eventos frequentes coloca esses municípios em uma posição relativamente segura em termos de criticidade de perigos.

Álvares Machado (SP) é um exemplo de município classificado como de baixa criticidade, com registros mínimos de eventos de enxurrada e sem alagamentos ou inundações nos últimos cinco anos. A ausência de grandes eventos hidrológicos reflete uma realidade geográfica mais favorável, com menor exposição a corpos d'água e sistemas de drenagem mais eficientes. No entanto, esses municípios ainda precisam manter sistemas de monitoramento adequados, pois uma baixa criticidade atual não garante que o risco de futuros eventos extremos seja inexistente.

5.2.2.6 Análise Comparativa entre Municípios

A distribuição das classificações revela uma clara disparidade entre os municípios mais vulneráveis e aqueles que enfrentam menos riscos. O fato de 149 municípios estarem na categoria de muito alta criticidade evidencia que uma fração significativa da população brasileira ainda está exposta a eventos hidrológicos severos, exigindo a atenção urgente das políticas públicas. Esses municípios, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, como Parauapebas, Alenquer e Oriximiná, enfrentam desafios constantes relacionados à sua geografia e à falta de infraestrutura adequada para prevenir ou mitigar os impactos das enxurradas, inundações e alagamentos.

Nos 493 municípios de alta criticidade, as ações devem ser focadas em intervenções locais para melhorar a infraestrutura de escoamento e realocação de populações vulneráveis. Nos 772 municípios de média criticidade, políticas preventivas e de adaptação são cruciais para evitar que esses locais entrem em categorias mais altas de risco, principalmente com a intensificação das mudanças climáticas.

Por outro lado, os municípios de baixa e muito baixa criticidade representam realidades onde a combinação de planejamento urbano adequado e condições geográficas favoráveis tem minimizado os impactos de eventos hidrológicos. Ainda assim, a baixa criticidade não deve ser interpretada como uma situação definitiva, pois eventos extremos podem ocorrer de forma inesperada, especialmente em cenários de mudanças climáticas.

5.2.2.7 Municípios Críticos em 2022

Os 1.163 municípios classificados como críticos pelo Programa 2218 representam aqueles que, segundo critérios do governo federal, enfrentam riscos significativos relacionados a eventos hidrológicos, como inundações, enxurradas e alagamentos. Conforme ilustrado na Figura 5.9, observa-se que 84 municípios apresentaram níveis de muito alta criticidade em relação aos perigos, enquanto 54 registraram alta criticidade. A maior parte dos municípios críticos (259) foi classificada com criticidade média, enquanto 119 e 83 municípios apresentaram baixa e muito baixa criticidade, respectivamente.

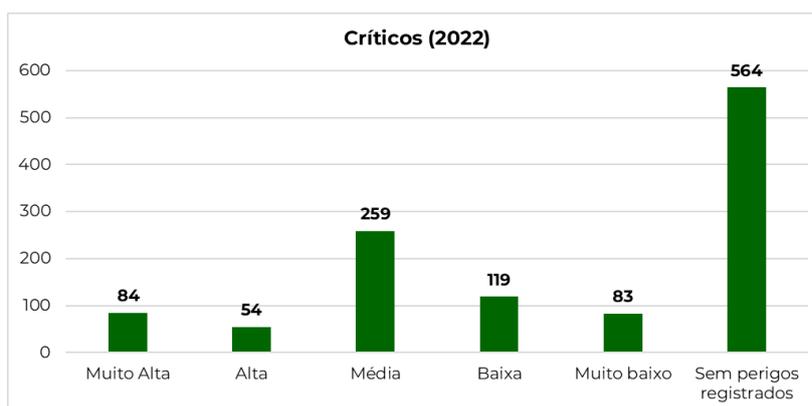


Figura 5.9 - Distribuição geral dos municípios críticos por níveis de Perigos (hazards)

Muitos desses municípios classificados como críticos coincidem com aqueles que, na análise de perigos, também apresentaram altos níveis de exposição a múltiplos tipos de eventos hidrológicos. Parauapebas (PA), Alenquer (PA) e Oriximiná (PA), por exemplo, estão entre os municípios com alta ou muito alta criticidade de perigos e também foram classificados como críticos em 2022. Esses municípios sofrem com a alta frequência de enxurradas, inundações e alagamentos, colocando a população em constante risco. A inclusão dessas localidades como críticas pelo programa federal reflete uma convergência importante entre as metodologias de classificação, que identificam corretamente as regiões mais vulneráveis a desastres hidrológicos.

5.2.2.8 Municípios Não Críticos em 2022

Entre os 3670 municípios que não foram classificados como críticos pelo Programa 2218, foram encontradas diversas situações distintas. Embora muitos desses municípios não apresentem uma frequência elevada de eventos hidrológicos severos, como observado na figura 5.12, um número considerável deles ainda apresenta algum nível de criticidade, especialmente em categorias de média criticidade no IMCH.

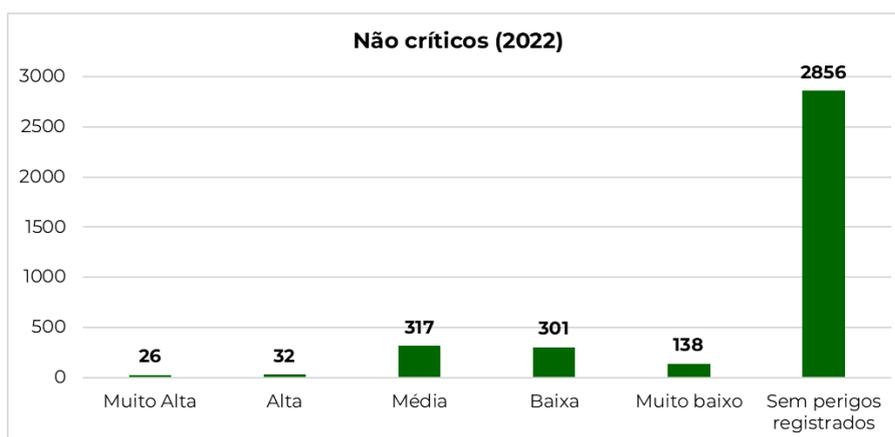


Figura 5.10- Distribuição geral dos municípios não críticos por níveis de Perigos (hazards)

Um exemplo disso é Balneário Camboriú (SC), que, apesar de estar classificado como de muito alta criticidade para perigos devido ao alto número de enxurradas, não foi considerado crítico pelo governo federal em 2022. Isso pode ocorrer porque, embora o município enfrente frequentemente enxurradas, outros fatores como vulnerabilidade socioeconômica ou capacidade de resposta local podem ter influenciado para que ele não fosse classificado como crítico pelo programa 2218. Esse caso aponta uma possível lacuna na metodologia do governo, que talvez não tenha dado o devido peso à criticidade de certos perigos em regiões que enfrentam desafios hidrológicos constantes.

Da mesma forma, outros municípios classificados como de média criticidade no IMCH, como Vargem Alegre (MG), não foram classificados como críticos em 2022. Isso sugere que, embora esses municípios enfrentem riscos hidrológicos moderados, eles podem não ter atingido os níveis de exposição ou vulnerabilidade socioeconômica considerados críticos pelo governo federal. No entanto, esses municípios ainda exigem atenção, pois, com o aumento da intensidade dos eventos climáticos extremos, o cenário de risco pode se agravar rapidamente.

A análise comparativa entre os municípios críticos e não críticos de 2022 com base na classificação de perigos revela algumas correspondências, mas também divergências importantes:

- Correspondências: Municípios como Parauapebas, Oriximiná e Alenquer, que foram classificados tanto como críticos pelo governo quanto com alta ou muito alta criticidade de perigos pelo IMCH, representam localidades onde a vulnerabilidade

aos desastres hidrológicos é evidente e exige intervenção imediata. A frequência elevada de eventos, especialmente enxurradas e inundações, confirma que esses municípios precisam de políticas robustas de mitigação e prevenção de desastres.

- **Divergências:** Municípios como Balneário Camboriú e Vargem Alegre, que aparecem com muito alta criticidade de perigos no IMCH, mas não foram classificados como críticos em 2022, sugerem que o critério utilizado pelo governo federal pode não estar capturando totalmente as nuances dos riscos hidrológicos enfrentados por essas localidades. Isso sugere a necessidade de ajustes nos critérios de classificação federal para incluir uma consideração mais ampla dos eventos hidrológicos e suas consequências.

Essas divergências reforçam que o IMCH, com sua abordagem baseada em múltiplos indicadores de perigos, pode oferecer uma visão mais detalhada sobre os riscos hidrológicos em certas localidades, complementando os critérios já utilizados pelo governo federal.

5.2.3 Análise de Distribuição de Vulnerabilidade no IMCH

O componente de Vulnerabilidade é um dos atributos no desenvolvimento do IMCH, refletindo as fragilidades estruturais, de gestão de riscos e socioeconômicas que aumentam a suscetibilidade dos municípios brasileiros a eventos hidrológicos extremos. Essa análise foi realizada com base em três subatributos principais:

1. **Gestão de Riscos:** Presença de sistemas de alerta, planos diretores de drenagem e instituições de resposta a desastres.
2. **Infraestrutura:** Existência de redes de drenagem urbana, densidade de captações de águas pluviais e extensão de cobertura.
3. **Condições Socioeconômicas:** Indicadores como o IDHM, a renda média da população e o PIB local.

A vulnerabilidade dos municípios foi classificada em cinco categorias: Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa, refletindo a combinação desses subatributos. Na seção seguinte será apresentada a distribuição geral dos municípios e exemplos de cada uma dessas categorias.

5.2.3.1 Distribuição Geral dos Municípios por Vulnerabilidade

A análise de vulnerabilidade dos municípios participantes do SNIS-AP 2022, observada na Figura 5.10, identificou a seguinte distribuição:

- Muito Alta Vulnerabilidade: 259 municípios

- Alta Vulnerabilidade: 852 municípios
- Média Vulnerabilidade: 2.717 municípios
- Baixa Vulnerabilidade: 639 municípios
- Muito Baixa Vulnerabilidade: 366 municípios

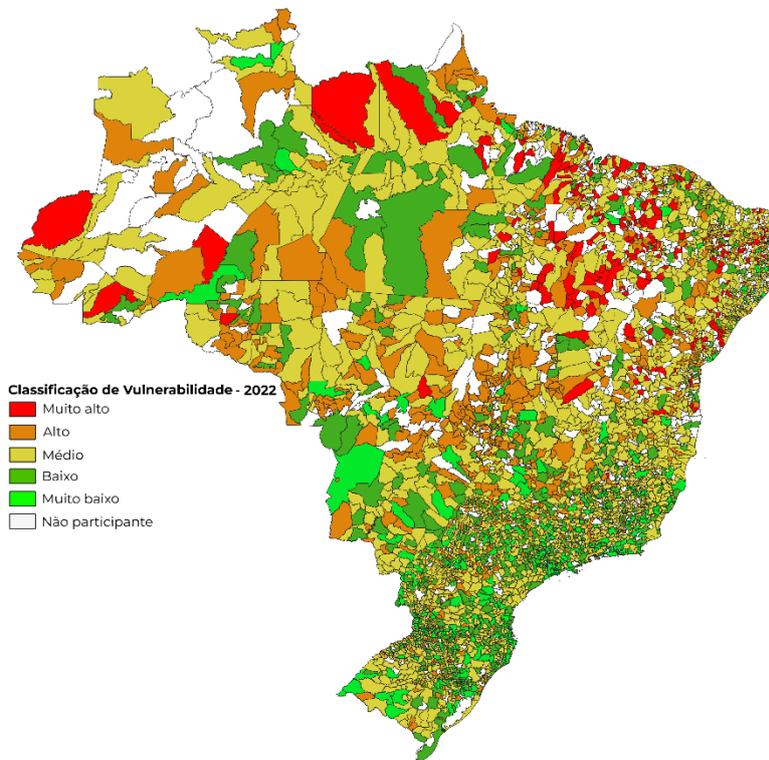


Figura 5.11 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Vulnerabilidade no IMCH - 2022

Essa distribuição mostra que a maioria dos municípios se concentra nas classificações de média criticidade, o que reflete um cenário moderado, com desafios pontuais em infraestrutura, gestão de riscos e desenvolvimento socioeconômico. No entanto, uma parcela considerável de municípios está classificada como de alta ou muito alta vulnerabilidade, exigindo ações urgentes de mitigação.

5.2.3.2 Municípios com Muito Alta Vulnerabilidade

Os 259 municípios classificados como de muito alta criticidade enfrentam graves deficiências em seus sistemas de gestão de riscos, infraestrutura e condições socioeconômicas. Um exemplo disso é o município de Bagre (PA), que não possui sistema de alerta de riscos hidrológicos (RI005), nem instituições de resposta a desastres (RI001). Bagre também carece de um plano diretor de drenagem urbana (IE001), o que agrava sua vulnerabilidade a enchentes e enxurradas. Além disso, a ausência total de infraestrutura de

drenagem (IE016) e a inexistência de captações de águas pluviais expõem a população a riscos constantes. O IDHM de 0.462 reflete o baixo desenvolvimento socioeconômico do município, limitando sua capacidade de implementar melhorias estruturais.

Outro exemplo de muito alta criticidade é Itapicuru (BA), que compartilha muitos dos desafios de Bagre. Com um IDHM de 0.536, o município enfrenta limitações socioeconômicas que restringem o desenvolvimento de uma infraestrutura adequada para gerenciar águas pluviais. Sem sistemas de alerta ou plano diretor de drenagem, Itapicuru é altamente vulnerável a desastres hidrológicos.

5.2.3.3 Municípios com Alta Vulnerabilidade

Os 852 municípios classificados como de alta criticidade apresentam uma combinação de fatores de vulnerabilidade que, embora não tão graves quanto os de muito alta criticidade, ainda representam riscos significativos. Cocal dos Alves (PI), por exemplo, não possui sistema de alerta de riscos hidrológicos, mas tem um plano de mapeamento de áreas de risco (RI009), o que reflete algum esforço para mitigar desastres. No entanto, sua infraestrutura de drenagem é limitada, com uma cobertura parcial de redes de drenagem (IN021) e baixa densidade de captações de águas pluviais (IND004). O IDHM de 0.534 também indica uma situação socioeconômica intermediária, mas ainda frágil.

Outro exemplo de alta criticidade é Satubinha (MA), que possui algumas iniciativas de gestão de riscos, como o mapeamento de áreas de risco, mas enfrenta grandes desafios de infraestrutura, especialmente no que se refere à cobertura de redes de drenagem e captações de águas pluviais.

5.2.3.4 Municípios com Média Criticidade de Vulnerabilidade

Os 2.717 municípios classificados como de média criticidade enfrentam vulnerabilidades menos severas, mas que ainda precisam de atenção. Betânia do Piauí (PI) é um exemplo de município com criticidade média. Apesar de não possuir um sistema de alerta ou plano diretor de drenagem, o município tem uma infraestrutura de drenagem básica, com algumas vias públicas cobertas por redes de DMAPU (IN021). No entanto, o IDHM de 0.490 indica um nível de desenvolvimento humano baixo, refletindo desafios socioeconômicos que impactam diretamente na capacidade de enfrentamento a eventos hidrológicos extremos.

Esses municípios estão em uma posição intermediária, onde melhorias pontuais na infraestrutura e na gestão de riscos podem evitar que a criticidade aumente com o tempo, principalmente frente ao agravamento das mudanças climáticas.

5.2.3.5 Municípios com Baixa e Muito Baixa Vulnerabilidade

Os 639 municípios classificados como de baixa criticidade e os 366 classificados como de muito baixa criticidade possuem infraestrutura e gestão de riscos significativamente mais robustas. Belo Horizonte (MG), por exemplo, é um município de baixa criticidade, com uma cobertura ampla de redes de drenagem e sistemas de alerta eficientes. O IDHM de 0.810 destaca a capacidade do município de investir em políticas públicas e infraestrutura de drenagem de qualidade. Da mesma forma, Santos (SP), classificado como de muito baixa criticidade, possui uma rede de drenagem eficiente e condições socioeconômicas favoráveis, o que contribui para sua resiliência frente a desastres hidrológicos.

Embora esses municípios estejam em uma posição mais segura, é importante que mantenham seus sistemas de monitoramento e prevenção, especialmente frente às incertezas trazidas pelas mudanças climáticas.

Por fim, ao confrontar a classificação dos municípios críticos em 2022 pelo programa 2218 do Governo Federal com os resultados da análise de vulnerabilidade, observa-se que muitos dos municípios considerados críticos pelo governo também são identificados como altamente vulneráveis nesta análise. Entretanto, há disparidades significativas, com alguns municípios não classificados como críticos, como Bagre (PA) e Itapicuru (BA), que apresentam níveis de vulnerabilidade semelhantes aos de municípios que foram incluídos na lista de críticos. Por outro lado, alguns municípios considerados críticos pelo programa, como Satubinha (MA) e Betânia do Piauí (PI), apresentam fragilidades estruturais e socioeconômicas que justificam sua inclusão na lista, destacando a importância de políticas públicas focadas em melhorar a capacidade de resposta desses municípios.

Essa análise sugere que, embora o programa 2218 tenha sido eficaz em identificar muitos municípios críticos, ele pode não capturar plenamente a realidade de todos os municípios vulneráveis. Uma revisão dos critérios utilizados pelo programa, incluindo a consideração de fatores como a infraestrutura de drenagem e os indicadores socioeconômicos de forma mais detalhada, poderia melhorar a precisão dessa classificação e garantir que todos os municípios com alta vulnerabilidade sejam incluídos nas iniciativas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

6 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1 Validação do IMCH com base nos Municípios Críticos de 2023

Em 2023, com o lançamento do Novo Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC), surgiu a necessidade de atualizar a base de dados dos municípios críticos, integrando novos critérios para caracterizar a suscetibilidade a desastres naturais. Sob a coordenação da Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento da Casa Civil da Presidência da República (SAM/CC/PR), um esforço coletivo de várias instituições federais foi iniciado, com o objetivo de fornecer uma caracterização precisa para os municípios que demandariam apoio prioritário do governo federal no período 2023-2027 (Brasil, 2022c).

O processo de identificação dos municípios críticos em 2023 envolveu uma metodologia abrangente, que utilizou dados históricos e atuais sobre desastres naturais. Entidades como o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), o Ministério das Cidades (MCID) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) participaram da construção dessa base de dados. A partir dessas informações, uma Planilha Base foi desenvolvida, consolidando dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), Atlas de Vulnerabilidade a Inundações, cartas de risco geológico, mapeamentos de áreas de risco e informações meteorológicas, entre outros.

Os critérios para a definição dos municípios críticos incluíram:

- **Dados do S2ID (1991-2022):** Histórico de desastres hidrológicos em cada município;
- **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações:** Áreas suscetíveis a enchentes e inundações.
- **Cartas de Risco Geológico:** Áreas de risco elevado para deslizamentos e inundações.
- **Dados de precipitação:** Dias com chuvas superiores a 50 mm entre 1981 e 2022.
- **Dados de adaptação às mudanças climáticas e planos municipais de risco e drenagem.**

Neste contexto, o tópico central da validação do IMCH foi realizado por meio de uma análise comparativa entre os municípios classificados como de "Criticidade Muito Alta" e "Alta" em 2022 e a lista dos municípios críticos de 2023. Esse processo buscou validar a capacidade preditiva do IMCH, avaliando sua eficácia na identificação de municípios que, embora não tenham sido classificados como críticos em 2022, vieram a ser considerados prioritários em

2023. As figuras 6.1 e 6.2 apresentam os resultados gerais dessa análise, evidenciando a capacidade do IMCH em prever criticidades.

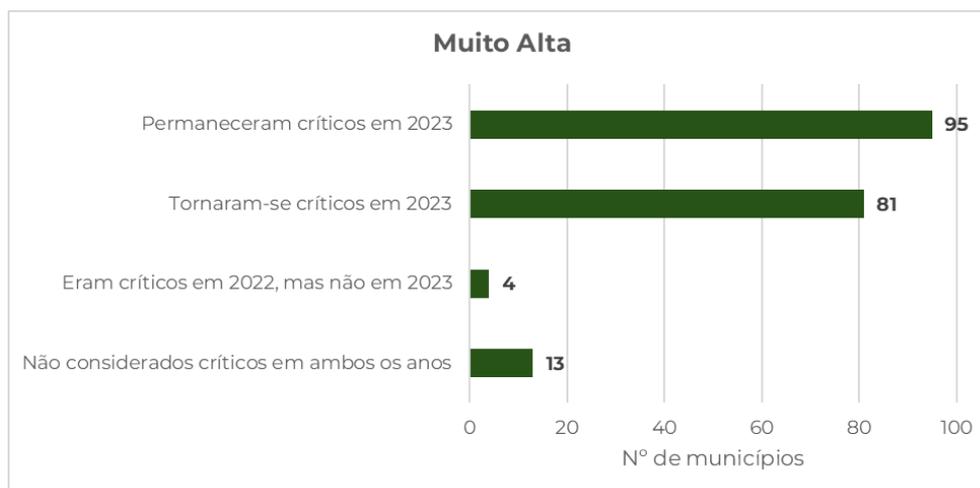


Figura 6.1 - Distribuição dos Municípios Classificados com Criticidade Muito Alta pelo IMCH (2022) e correspondência com a Lista dos Programas do Governo Federal (2023)

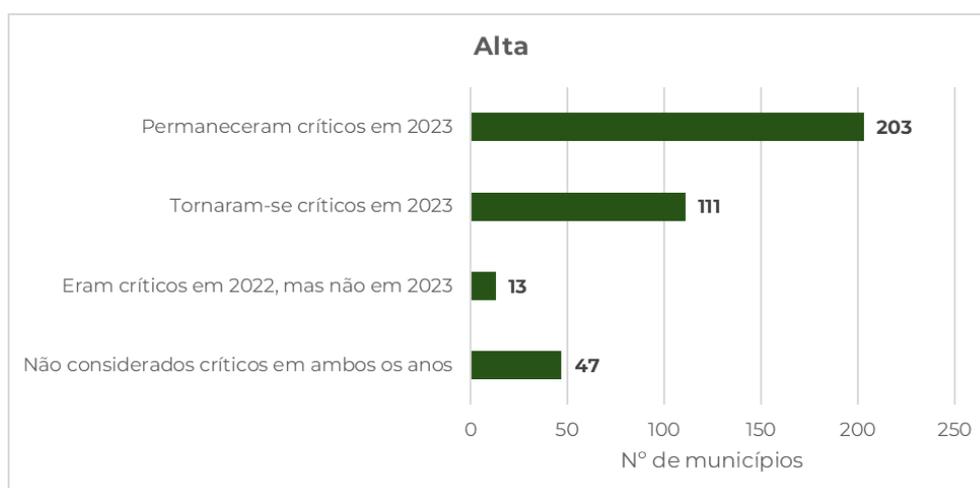


Figura 6.2 - Distribuição dos Municípios Classificados com Criticidade Alta pelo IMCH (2022) e Correspondência com a Lista dos Programas do Governo Federal (2023)

6.1.1 Municípios críticos em 2022 e permaneceram críticos em 2023

A análise dos totalizadores demonstra que o IMCH apresentou resultados consistentes na identificação e permanência de municípios em situação de criticidade muito alta ou alta. Dos 193 municípios classificados como de Criticidade Muito Alta em 2022, 94 mantiveram essa condição em 2023. Ipanguaçu (RN), por exemplo, localizado em uma região altamente suscetível a enchentes recorrentes, manteve sua classificação de criticidade muito alta devido à fragilidade da infraestrutura e à frequência de eventos extremos (Giovanni, 2023). Laranjal

do Jari (AP) permaneceu na mesma classificação, reflexo de sua infraestrutura insuficiente para lidar com grandes volumes de água e das enchentes frequentes que afetam mais de 18 mil pessoas anualmente (Amapá, 2022).

Cruzeiro do Sul (AC) também exemplifica essa continuidade, mantendo sua classificação mais crítica devido à vulnerabilidade estrutural e alta exposição às cheias do Rio Juruá, que historicamente ultrapassa a cota de transbordo em eventos extremos (G1, 2022a). Outros municípios, como Porto Seguro (BA) e Barra Mansa (RJ), enfrentam desafios semelhantes. Porto Seguro é frequentemente impactado por alagamentos e deslizamentos durante chuvas intensas, enquanto Barra Mansa sofre com inundações recorrentes devido à localização em áreas de alto risco hidrológico (CPRM, 2022). Altamira (PA), no coração da Amazônia, reflete a permanência de criticidade muito alta, agravada por enchentes sazonais associadas ao ciclo de cheias dos rios regionais, afetando tanto a população quanto a infraestrutura urbana (Rasch, 2015)

Entre os municípios classificados como de criticidade alta, 203 dos 374 mantiveram essa condição em 2023. Exemplos como Palmares (PE) e Ipojuca (PE), ambos situados em regiões marcadas por vulnerabilidade socioeconômica, destacam a continuidade de desafios relacionados a desastres hidrológicos (IBGE, 2021). Da mesma forma, Guaraciaba (MG) e Japeri (RJ) evidenciam a persistência de eventos recorrentes de alagamentos, corroborando a relevância do índice na análise de cenários de risco (World Bank, 2022).

6.1.2 Municípios não críticos em 2022, mas se tornaram críticos em 2023

Outro aspecto relevante da validação do IMCH é sua capacidade de identificar vulnerabilidades emergentes em municípios que não figuravam como críticos em 2022, mas que passaram a integrar a lista oficial de 2023. O índice mostrou que 81 municípios, classificados como de Criticidade Muito Alta, e 111, classificados como de Criticidade Alta em 2022, foram posteriormente reconhecidos pelo governo federal no ano seguinte, consolidando a eficácia do índice para antecipar dinâmicas de risco em evolução.

Um exemplo é o município de Queluz (SP), que foi classificado pelo IMCH como de criticidade muito alta em 2022. Apenas em 2023, após episódios de enchentes severas e deslizamentos, o município foi oficialmente incluído entre os mais críticos (S2ID, 2024). Caso semelhante foi registrado em São Miguel do Tocantins (TO), onde a recorrência de eventos hidrológicos mais intensos justificou sua inclusão em 2023, após classificação alta pelo índice no ano anterior (SNIS, 2023).

Santa Maria Madalena (RJ) e Antonina (PR) representam municípios que, apesar de não estarem na lista oficial em 2022, foram classificados pelo IMCH como de criticidade alta e posteriormente reconhecidos em 2023 devido a inundações e deslizamentos que comprometeram a infraestrutura e a segurança da população (World Bank, 2022; ANA, 2023). Muaná (PA), localizado em uma região de vulnerabilidade crescente no Norte, e Porto Lucena (RS), no Sul, destacam-se como outros exemplos de municípios que enfrentaram um agravamento significativo das condições hidrológicas entre 2022 e 2023 (CPRM, 2022).

6.1.3 Municípios críticos em 2022, mas não foram considerados críticos em 2023

A análise identificou que 4 municípios classificados como de Criticidade Muito Alta e 13 municípios de Criticidade Alta em 2022 deixaram de constar na lista de municípios críticos em 2023. Entre os municípios com essa mudança estão Ipanguaçu (RN) e São Miguel do Tocantins (TO), que apresentaram indicadores elevados de exposição em 2022, mas foram excluídos da lista em 2023.

A exclusão de municípios como esses aponta para possíveis lacunas nos critérios utilizados para a classificação governamental. Por exemplo, Ipanguaçu (RN) apresentou variações em indicadores que indicam a persistência de condições críticas em determinadas dimensões. Nesse contexto, o IMCH oferece um referencial adicional que pode auxiliar na identificação de municípios que demandam monitoramento mais aprofundado e intervenções específicas.

Portanto, é relevante considerar como o IMCH pode complementar as análises governamentais ao fornecer uma visão mais ampla sobre as condições de criticidade municipal.

6.1.4 Municípios não críticos em ambos os anos

Por outro lado, o IMCH identificou 14 municípios classificados como de Criticidade Muito Alta e 82 municípios de Criticidade Alta que, apesar de apresentarem alta vulnerabilidade em 2022 e 2023, não foram incluídos na lista de críticos em nenhum dos dois anos. Embora esses municípios não tenham atingido o nível de risco que justifique sua inclusão imediata na lista de críticos do governo, sua vulnerabilidade sugere a necessidade de um monitoramento contínuo para evitar o possível agravamento de sua situação.

6.2 Matriz de Validação - Impactos

A matriz de impactos foi desenvolvida com o objetivo de avaliar os efeitos diretos dos eventos hidrológicos sobre a população e a infraestrutura dos municípios afetados. Essa

análise se baseia em três indicadores principais, que representam diferentes aspectos de severidade: perdas humanas, deslocamento forçado de pessoas e danos à infraestrutura urbana. Além disso, a categoria de impactos será utilizada como um parâmetro complementar de validação para os resultados do IMCH, permitindo a comparação entre as classificações obtidas pelo índice e as condições observadas em cada município. Essa abordagem contribui para verificar a consistência das classificações em relação às evidências empíricas de eventos hidrológicos extremos no ano de referência.

Os indicadores utilizados são:

1. **IND001 - \sum Óbitos (nos últimos cinco anos) / População total – %**

O número de óbitos proporcional à população total é um indicador central para avaliar a gravidade dos desastres hidrológicos. Ele reflete tanto a magnitude do evento quanto as falhas em sistemas de alerta e resposta emergencial. Municípios com menor população, mesmo apresentando números absolutos reduzidos, podem ser proporcionalmente mais afetados, o que evidencia a vulnerabilidade à letalidade de eventos extremos (Silva et al., 2019). A análise proporcional oferece uma compreensão mais detalhada dos desafios enfrentados em cada localidade, considerando o impacto direto sobre a população e a necessidade de aprimorar estratégias de prevenção e mitigação.

2. **IND002 - \sum Desabrigados ou desalojados (nos últimos cinco anos) / População total – %**

Este indicador reflete o impacto social dos eventos hidrológicos, mostrando a proporção de pessoas afetadas em relação à população total, nos últimos cinco anos. A análise proporcional permite identificar localidades onde os efeitos dos desastres são mais profundos, independentemente do tamanho populacional. Municípios menores podem apresentar percentuais elevados de desabrigados, mesmo com números absolutos inferiores, indicando vulnerabilidades estruturais e sociais significativas (Carvalho e Pereira, 2019).

3. **IND003 - Número de imóveis urbanos atingidos por eventos hidrológicos impactantes (nos últimos cinco anos) / Número total de imóveis na área urbana – %**

O impacto estrutural dos eventos hidrológicos é mensurado pela proporção de imóveis atingidos em relação ao total de imóveis urbanos, nos últimos cinco anos. Esse indicador permite avaliar a extensão da vulnerabilidade estrutural do município, independentemente do porte. Pequenos municípios podem apresentar proporções elevadas de imóveis danificados, destacando situações de alta gravidade proporcional e necessidade de intervenção direcionada (Silva e Andrade, 2018).

Assim como nas matrizes do IMCH, esses indicadores foram organizados em uma matriz de comparação pareada, utilizando o método AHP, para determinar a importância relativa de cada um. A matriz de comparação entre pares permitiu comparar o impacto de cada indicador com os demais, levando em consideração a gravidade dos danos causados pelos eventos hidrológicos.

A matriz de comparação pareada (Tabela 6.3) foi estruturada da seguinte forma:

| Indicadores | IND001 | IND002 | IND003 |
|-------------|--------|--------|--------|
| IND001 | 1 | 3 | 5 |
| IND002 | 1/3 | 1 | 3 |
| IND003 | 1/5 | 1/3 | 1 |

Tabela 6.1 - Matriz de Comparação Pareada de Impactos

Com base nessas comparações, os pesos finais dos indicadores foram calculados e os seguintes valores foram obtidos:

- IND001 (Óbitos): 63,33%
- IND002 (Desabrigados ou Desalojados): 26,05%
- IND003 (Imóveis Atingidos): 10,62%

Esses pesos foram resultados do cálculo da matriz AHP, refletindo a gravidade proporcional de cada indicador. O maior peso foi atribuído ao número de óbitos, por ser o impacto mais grave, seguido pelo número de desabrigados ou desalojados, que representa um impacto social significativo. Já o número de imóveis atingidos, embora relevante para a recuperação urbana, foi considerado o menos severo em comparação aos danos humanos.

Além disso, a consistência da matriz foi verificada através do cálculo de λ_{max} , do Índice de Consistência (IC) e da Razão de Consistência (RC). Os valores obtidos foram:

- $\lambda_{max} = 3.039$
- $IC = 0.019$
- $RC = 0.033$

Esses resultados indicam que as comparações são consistentes ($RC < 0,1$), o que reforça a confiabilidade dos pesos atribuídos aos indicadores. Essa consistência é fundamental para garantir que os resultados possam ser utilizados com segurança no processo decisório.

6.2.1 Cálculo do índice de Impactos

O score final de impactos foi calculado combinando os valores normalizados de cada indicador com seus respectivos pesos, utilizando a fórmula a seguir:

$$\text{Score de Impactos} = (IN001 \text{ Num} \times \text{Peso IN001}) + (IN002 \text{ Num} \times \text{Peso IN002}) + (IN003 \text{ Num} \times \text{Peso IN003})$$

Com base nos scores calculados, os municípios foram classificados de acordo com o grau de impacto sofrido por eventos hidrológicos. Aqueles com maiores scores de impacto foram identificados como os mais afetados, enquanto os municípios com menores scores indicam uma menor severidade nos danos causados. O ranqueamento dos municípios fornece uma visão clara sobre as áreas mais impactadas, possibilitando a priorização de intervenções para mitigar os danos em eventos futuros.

6.2.2 Avaliação dos Impactos como Validação do IMCH

A classificação dos municípios com base nos impactos demonstrou uma diversidade de níveis de criticidade, conforme observado nas figuras 5.7 e 5.8. Ao comparar a classificação de impactos com a classificação pelo IMCH, emergem padrões que evidenciam a relação entre os impactos registrados e as condições de criticidade determinadas pelo modelo. O IMCH, ao incorporar os componentes de exposição, perigos e vulnerabilidade, forneceu uma visão abrangente que equaciona o risco como resultado da interação dessas dimensões.

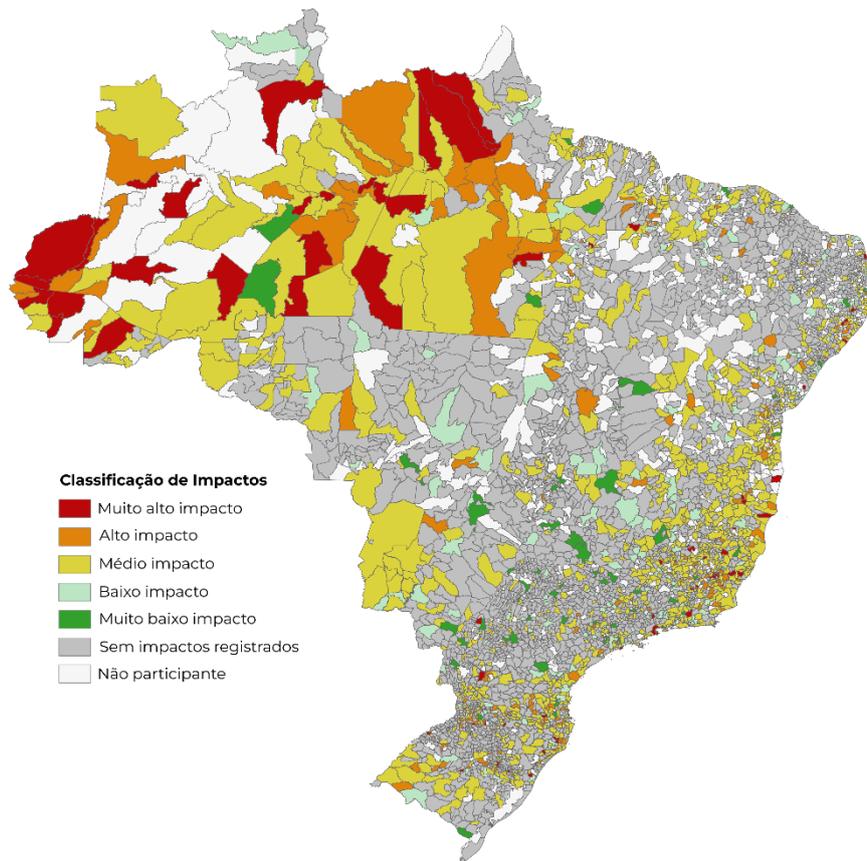


Figura 6.3 - Distribuição Espacial da Classificação dos Municípios por Impactos

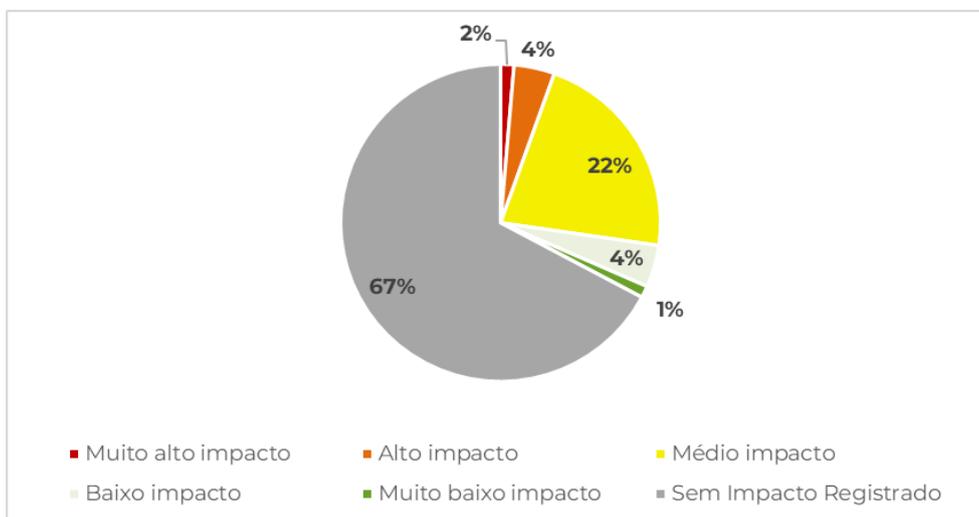


Figura 6.4- Distribuição percentual da Classificação dos Municípios por Impactos

Ao observar a distribuição geral, na Tabela, é possível notar padrões interessantes na relação entre os níveis de impacto e a classificação de criticidade. Por exemplo, dos 1.055 municípios classificados como de médio impacto, 57 (5,40%) foram categorizados como de muito alta criticidade, enquanto a maior parte, 612 (58,01%), foi classificada como de média

criticidade. Esses dados sugerem que o IMCH capta aspectos relacionados não apenas à magnitude dos impactos, mas também às condições de exposição, vulnerabilidade e perigos, que interagem de forma a influenciar a criticidade final.

| Classificação | Total de municípios | Muito alta criticidade | Alta criticidade | Média criticidade | Baixa criticidade | Muito baixa criticidade | Sem Criticidade |
|------------------------|---------------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| Muito alto impacto | 65 | 58 | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Alto impacto | 199 | 34 | 100 | 49 | 6 | 3 | 7 |
| Médio impacto | 1.055 | 57 | 164 | 612 | 50 | 75 | 97 |
| Baixo impacto | 207 | 2 | 9 | 71 | 46 | 27 | 52 |
| Muito baixo impacto | 58 | 2 | 3 | 16 | 8 | 6 | 23 |
| Sem Impacto Registrado | 3.249 | 40 | 93 | 348 | 558 | 376 | 1.834 |

Tabela 6.2 - Distribuição geral da relação entre as classificações de impactos e o IMCH

Entre os municípios classificados como de muito alto impacto, a análise indica que 58 (89,23%) foram categorizados como de muito alta criticidade. Apesar de a maior parte dos municípios nessa categoria apresentar alta correspondência, 7,69% foram classificados como de alta criticidade, e 3,08% como de baixa ou nenhuma criticidade. Esses resultados indicam que, em algumas situações, a interação entre as dimensões avaliadas pelo modelo pode suavizar ou intensificar a criticidade final, refletindo diferenças locais em termos de infraestrutura, gestão de riscos e exposição.

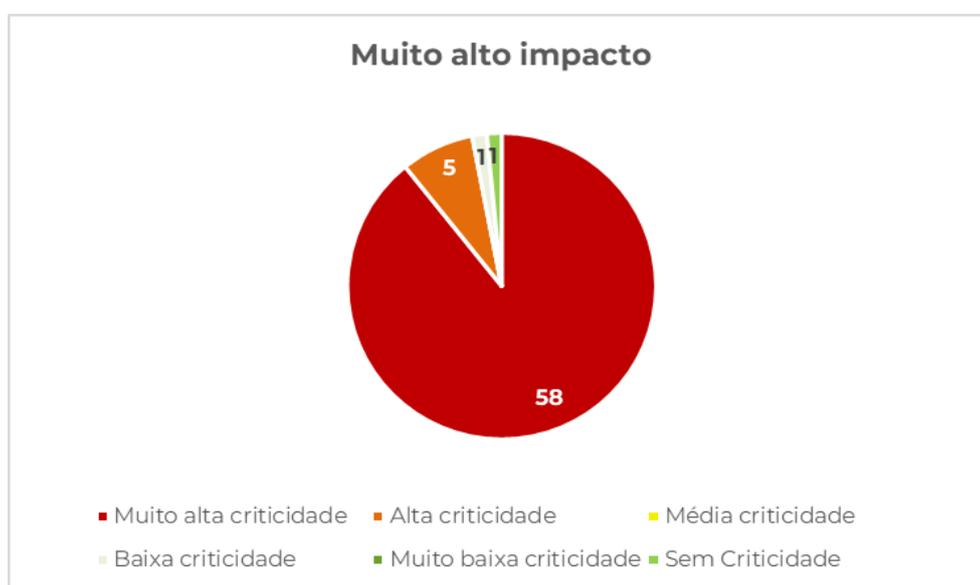


Figura 6.5 - Distribuição dos Municípios de Muito Alto Impacto pelos Níveis de Criticidade no IMCH

Casos específicos ilustram como o modelo captura diferentes nuances. Por exemplo, Queluz

(SP), com elevados valores de óbitos (IND001) e desalojados (IND002), foi classificado como de muito alta criticidade, possivelmente refletindo uma combinação de alta vulnerabilidade e severidade dos impactos. Por outro lado, Braço do Norte (SC), com valores moderados de desalojados e imóveis atingidos, também recebeu a mesma classificação, o que pode estar relacionado a fatores como maior exposição e vulnerabilidade estrutural. Esses exemplos apontam para a sensibilidade do modelo em identificar fatores que contribuem para a criticidade em diferentes contextos.

6.2.2.1 Análise dos Municípios de Muito Alto e Alto Impacto

Os municípios classificados como de muito alto e alto impacto, totalizando 65 e 199 respectivamente, representam as localidades mais afetadas por eventos hidrológicos severos. Como dito, dentre os 65 municípios de muito alto impacto, 89% foram classificados como de muito alta ou alta criticidade no IMCH, sugerindo uma forte correlação entre os riscos materializados e a criticidade estrutural e social.

Faxinal do Soturno (RS) é um exemplo significativo, classificado como de muito alto impacto devido às altas taxas de desalojados e imóveis atingidos. Nesse caso, a vulnerabilidade e a exposição elevadas, observadas no IMCH, potencializam os efeitos dos perigos, indicando a necessidade de ações integradas de mitigação e adaptação. Da mesma forma, Queluz (SP), também classificado como de muito alto impacto, reflete como a combinação de impactos severos e vulnerabilidades que ampliam as exigências de políticas públicas voltadas à resiliência e preparação.

Outros exemplos incluem municípios como Nova Belém (MG), classificado como de alta criticidade no IMCH, mesmo com indicadores moderados de impacto, sugerindo que fatores como vulnerabilidade e exposição desempenham papéis decisivos na avaliação da criticidade e risco.

6.2.2.2 Municípios de Baixo e Médio Impacto

Os municípios classificados como de baixo e médio impacto somam 207 e 1055, respectivamente. Esses municípios apresentam uma condição intermediária, com registros de impacto que, embora relevantes, não alcançaram os níveis mais críticos. A análise desses casos ressalta a capacidade do IMCH de identificar nuances que podem não ser evidentes ao considerar apenas os indicadores de impacto.

Por exemplo, Morro Grande (SC), classificado como de baixo impacto pelos indicadores, foi categorizado como de muito alta criticidade pelo IMCH. Essa discrepância pode ser

atribuída a uma alta exposição a perigos e fragilidades estruturais que aumentam o risco potencial. Isso sugere que, mesmo em cenários de impacto limitado, o modelo identifica vulnerabilidades subjacentes que podem evoluir para situações mais críticas.

6.2.2.3 Municípios Sem Impacto Registrado

A maior categoria observada é a dos municípios que não registraram impactos, totalizando 3913 localidades. Esses municípios, embora classificados como sem impacto registrado pelos indicadores, não necessariamente são de baixa criticidade no IMCH. Alguns foram classificados como de alta ou média criticidade, considerando fatores como exposição potencial e fragilidades identificadas pelo modelo.

A ausência de impactos registrados pode ser explicada por diversas razões, incluindo baixa exposição a eventos hidrológicos ou limitações nos sistemas de coleta de dados. No entanto, a análise integrada do IMCH permite avaliar também as condições que poderiam levar a situações de risco no futuro, ampliando o alcance da avaliação.

A integração dos dados de impactos com o modelo IMCH reforça a relevância de uma abordagem que considere múltiplas dimensões. A exposição, os perigos e a vulnerabilidade, ao serem ponderados conjuntamente, fornecem um panorama mais completo sobre a criticidade dos municípios. Essa perspectiva contribui para uma gestão de riscos mais fundamentada e direcionada para mitigar não apenas os impactos atuais, mas também os riscos potenciais que possam surgir em cenários futuros.

6.3 Validação com Base em Evidências Empíricas

A validação de um modelo também depende de sua capacidade de refletir a realidade observada em campo. Para IMCH, a verificação empírica das classificações atribuídas aos municípios é fundamental. Este capítulo busca confirmar a classificação de criticidade muito alta para os 11 municípios identificados como mais críticos, conforme a Tabela 6.1, utilizando reportagens, documentos e outras fontes sobre desastres hidrológicos ocorridos em 2022 e 2023.

| Código IBGE | Nome | UF | Região | Críticos em 2022 | Críticos em 2023 | Exposição (normalizado) | Perigo (<i>hazard</i>) (normalizado) | Vulnerabilidade (normalizado) | Classificação IMCH (2022) | Rankeamento IMCH (2022) |
|-------------|-------------------------|----|----------|------------------|------------------|-------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 2404705 | Ipanguaçu | RN | Nordeste | Sim | Sim | 1,00000000 | 0,00689584 | 0,95969545 | 1,19095446 | 1 |
| 1600279 | Laranjal do Jari | AP | Norte | Sim | Sim | 0,85585586 | 0,29889682 | 0,92291688 | 1,12729400 | 2 |
| 2610004 | Palmares | PE | Nordeste | Não | Sim | 0,94094094 | 0,00689584 | 0,95568319 | 1,12611774 | 3 |
| 1720200 | São Miguel do Tocantins | TO | Norte | Sim | Sim | 0,85485485 | 0,15378631 | 0,99254707 | 1,08492379 | 4 |
| 1200203 | Cruzeiro do Sul | AC | Norte | Sim | Sim | 0,70770771 | 0,44834523 | 0,95596837 | 1,01886033 | 5 |
| 4208203 | Itajaí | SC | Sul | Sim | Sim | 0,78678679 | 0,14944841 | 0,89985551 | 0,99978094 | 6 |
| 1200328 | Jordão | AC | Norte | Sim | Sim | 0,68668669 | 0,22851051 | 0,96450286 | 0,92351932 | 7 |
| 2112902 | Vitória do Mearim | MA | Nordeste | Sim | Sim | 0,57057057 | 0,45051418 | 0,95223832 | 0,86959925 | 8 |
| 3514809 | Eldorado | SP | Sudeste | Sim | Sim | 0,69969970 | 0,00000000 | 0,93971333 | 0,85902031 | 9 |
| 3304102 | Porciúncula | RJ | Sudeste | Não | Sim | 0,66666667 | 0,01340269 | 0,94077894 | 0,82756037 | 10 |

Tabela 6.3 - Lista dos 10 municípios considerados mais críticos pelo IMCH e seus respectivos valores dos atributos

6.3.1 Evidências de Criticidade Muito Alta

- **Ipanguaçu (RN):** Em abril de 2023, o município foi duramente atingido por enchentes que isolaram várias comunidades por mais de 10 dias, levando à declaração de estado de calamidade (Blog do BG, 2023). A resposta insuficiente a eventos recorrentes e a fragilidade das defesas locais contra enchentes corroboram a alta criticidade atribuída ao município.



Figura 6.6 - Bairros e comunidades de Ipanguaçu ilhados, 2022.

Foto: Amanda Melo/Inter TV Costa Branca

- **Laranjal do Jari (AP):** O município sofreu com enchentes em 2022 que afetaram mais de 18 mil pessoas, forçando famílias a deixarem suas casas (Portal do Governo do Amapá, 2022). As chuvas intensas duraram semanas, causando grandes prejuízos

materiais, expondo a vulnerabilidade da infraestrutura local e validando a classificação de criticidade muito alta atribuída pelo IMCH.



Figura 6.7 - Município de Laranjal do Jari, atingido pela cheia no Sul do Amapá

Foto: Prefeitura de Laranjal do Jari/Divulgação

- **Palmares (PE):** Em 2022, o Rio Una transbordou e forçou a evacuação de mais de 70 famílias. O nível das águas ultrapassou a cota de alerta, resultando em inundações extensas que danificaram gravemente as áreas ribeirinhas (JC, 2022; Folha PE, 2022). A recorrência desse tipo de evento reforça a classificação de criticidade muito alta para o município.



Figura 6.8 - Alagamentos em Palmares, na Mata Sul de Pernambuco.

Foto: Gabriel Ferreira/JC Imagem

- **São Miguel do Tocantins (TO):** Em 2022, enchentes afetaram severamente São Miguel do Tocantins, desalojando quase 2 mil pessoas. A cidade continua extremamente vulnerável devido à falta de infraestrutura adequada para conter o

impacto do Rio Tocantins (Conexão Tocantins, 2022; Norte do Tocantins, 2022). Este cenário justifica a classificação de alta criticidade.



Figura 6.9 - Corpo de Bombeiros e Defesa Civil atuando em Enchente em São Miguel do Tocantins, 2022.

Foto: Divulgação Corpo de Bombeiros

- **Cruzeiro do Sul (AC):** Em fevereiro de 2022, o município enfrentou uma das maiores enchentes de sua história, com o Rio Juruá atingindo 13,90 metros, ultrapassando a cota de transbordo de 13 metros. A inundação afetou aproximadamente 28 mil pessoas, resultando na remoção de 1.488 moradores de suas residências, que foram encaminhados para abrigos públicos, casas de parentes ou aluguéis sociais. Diversos bairros urbanos e 14 comunidades rurais sofreram alagamentos, levando a prefeitura a decretar situação de emergência. A gravidade do evento destaca a alta criticidade atribuída à cidade (G1, 2022a).



Figura 6.10 - Casas atingidas pelas águas em Cruzeiro do Sul

Foto: Arquivo/Corpo de Bombeiros

- **Itajaí (SC):** Em dezembro de 2022, o município decretou situação de emergência devido às intensas chuvas que resultaram em um acumulado de mais de 350 milímetros em 48 horas, o dobro do previsto para todo o mês. Esse volume de precipitação causou alagamentos, deslizamentos e quedas de árvores, afetando diversos bairros e comunidades do interior. Mais de 200 pessoas ficaram desabrigadas e foram acolhidas em abrigos municipais. A administração local mobilizou uma força-tarefa para atender a população e iniciar a reconstrução das áreas atingidas (Jornal do comércio, 2022).



Figura 6.11 - Município de Itajaí/SC, atingido pelas fortes chuvas em 2022.

Foto: Jornal do comércio, 2022

- **Jordão (AC):** Em fevereiro de 2022, 70% da cidade de Jordão foi inundada pelo transbordamento dos rios Tarauacá e Jordão. Este evento forçou o deslocamento de várias famílias, principalmente indígenas, que enfrentam uma infraestrutura insuficiente para lidar com enchentes recorrentes (Agência de Notícias do Acre, 2022). A ausência de medidas robustas de mitigação de desastres hidrológicos reforça a classificação de alta criticidade.



Figura 6.12 - Chuvas em município de Jordão, deixa cerca de 70% da cidade debaixo d'água

Foto: Pedro Devani/Secom, 2022.

- Vitória do Mearim (MA): Em março de 2023, enchentes causadas pelo transbordamento dos rios Mearim e Grajaú afetaram 180 famílias, forçando-as a deixar suas casas em Vitória do Mearim. As comunidades de Coque, Baixada, Vila Nova e Centro do Gago estão entre as mais atingidas, com danos à infraestrutura local e à segurança alimentar. A Prefeitura declarou estado de emergência, intensificou ações de assistência humanitária e iniciou campanhas para arrecadar doações, mas a situação ressalta a vulnerabilidade da região a eventos hidrológicos extremos, reforçando a urgência de políticas de prevenção e mitigação (Mendes, 2023).



Figura 6.13 - Chuvas causam prejuízos em Vitoria do Mearim.

Foto: Jailson Mendes

- **Eldorado (SP):** Em outubro de 2023, o aumento no nível do Rio Ribeira provocou enchentes que desalojaram moradores e interditaram diversas estradas no município de Eldorado, interior de São Paulo. A cheia atingiu áreas urbanas e rurais, causando transtornos à mobilidade e comprometendo o acesso a serviços essenciais. A situação reforça a necessidade de infraestrutura mais robusta e ações preventivas para mitigar os impactos de eventos hidrológicos recorrentes na região (G1, 2023).



Figura 6.14 - Nível do Rio Ribeira subiu e deixou moradores e Defesa Civil em alerta em Eldorado e Registro, SP — Foto: Dione Aguiar/g1

- **Porciúncula (RJ):** Em fevereiro de 2021, enchentes causadas pela cheia do Rio Carangola desalojaram mais de 3 mil pessoas e deixaram 135 desabrigados em Porciúncula, no Norte Fluminense. O evento impactou gravemente a infraestrutura local, incluindo estradas e serviços essenciais, evidenciando a vulnerabilidade do município a desastres hidrológicos. A situação reforça a necessidade de estratégias efetivas de prevenção e mitigação para minimizar os impactos de eventos extremos (G1, 2021).



Figura 6.15 - Moradores de Porciúncula retirando pertences das casas que foram atingidas pela cheia do Rio Carangola — Foto: João Brum/ Inter TV

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do Índice Municipal de Criticidade Hidrológica (IMCH), proposto neste estudo, consiste em uma ferramenta para a classificação e o ranqueamento dos municípios brasileiros quanto à sua possível fragilidade a eventos hidrológicos extremos, especialmente no atual contexto das mudanças climáticas. Com base nos dados do SNIS-AP, o IMCH ofereceu uma análise detalhada da situação dos municípios quanto ao risco de desastres oriundos de eventos hidrológicos extremos, considerando os atributos exposição, perigos (*hazards*) e vulnerabilidade. Assim, o estudo avança na lista de municípios críticos publicadas anualmente pelo governo Federal, que não fornece uma caracterização mais aprofundada das condições de criticidade dos municípios.

Dessa forma, o trabalho forneceu uma visão clara de priorização dos municípios, de forma que fosse possível identificar, não apenas os municípios que já se encontram em situação crítica, mas também aqueles que apresentam condições alarmantes, embora ainda não oficialmente reconhecidos como críticos.

A análise das regiões que apresentaram maior concentração de municípios classificados como de Criticidade Muito Alta e Criticidade Alta revelou um panorama alarmante. Esses estados enfrentaram uma combinação de fatores naturais e estruturais que os tornaram particularmente críticos a eventos hidrológicos extremos. A geografia acidentada, as variações climáticas intensificadas pelas mudanças climáticas e a falta de infraestrutura de drenagem adequada agravaram os riscos nessas regiões.

As questões socioeconômicas também desempenharam um papel fundamental no aumento da criticidade em muitos desses municípios, especialmente nas regiões norte e nordeste. A disparidade na capacidade de investimento em infraestrutura adequada, principalmente em municípios menores e mais isolados, possivelmente dificultou a implementação de políticas preventivas eficazes. Isso contribuiu para a perpetuação de um ciclo de vulnerabilidade que expôs as populações a desastres recorrentes.

A validação do IMCH para o ano de 2022 demonstrou uma coerência com os municípios classificados como críticos pelo governo federal em 2023. O índice acertou em prever a permanência de 94 municípios classificados como de "Criticidade Muito Alta" e 203 municípios classificados como de "Criticidade Alta" em 2022, que continuaram críticos em 2023. Além disso, foi capaz de identificar 81 municípios de "Criticidade Muito Alta" e 111

municípios de "Críticidade Alta", que não haviam sido classificados como críticos em 2022, mas foram incluídos na lista de críticos em 2023, como Queluz (SP) e Porto Lucena (RS), classificados como os dois municípios mais críticos do estudo. Isso demonstra a capacidade do índice de prever situações emergentes, fornecendo informações para possível antecipação de crises. Essas situações destacam que o IMCH não é apenas um reflexo da situação atual dos municípios, mas também um indicador preditivo que pode orientar ações preventivas.

Os resultados da avaliação dos impactos mostram uma expressiva correspondência entre os municípios de muito alto e alto impacto e as classificações de criticidade do IMCH, evidenciando a relação entre risco e sua materialização em impactos provenientes de eventos hidrológicos. Entre os 65 municípios categorizados como de muito alto impacto, aproximadamente 90% foram classificados como de muito alta ou alta criticidade, indicando que os riscos presentes nesses municípios se concretizaram em desastres significativos. Exemplos como Queluz (SP) e Faxinal do Soturno (RS) demonstram essa relação, registrando altos índices de desalojados e imóveis atingidos, associados a vulnerabilidades e exposição elevada, que intensificaram os efeitos dos perigos.

De forma semelhante, entre os 199 municípios classificados como de alto impacto, uma grande parcela (183) foi categorizada como de muito alta (34), alta (100) ou média criticidade (49) pelo IMCH, refletindo a interação entre os riscos identificados e sua materialização em impactos reais. Essa análise evidencia como o modelo capta os diferentes níveis de risco e sua manifestação em desastres, especialmente em cenários onde a vulnerabilidade e a exposição desempenham papéis decisivos na severidade dos eventos hidrológicos observados.

A validação empírica do IMCH também demonstrou forte correspondência entre as classificações de criticidade e os eventos hidrológicos observados. Laranjal do Jari (AP), por exemplo, sofreu enchentes que afetaram mais de 18 mil pessoas em 2022, enquanto Cruzeiro do Sul (AC) enfrentou uma das maiores enchentes de sua história no mesmo ano, impactando 28 mil pessoas e confirmando suas classificações de criticidade muito alta.

Ipanguaçu (RN) e São Miguel do Tocantins (TO) também validaram suas classificações ao registrar enchentes severas em 2023 e 2022, respectivamente, evidenciando a vulnerabilidade estrutural e a necessidade de estratégias preventivas. Palmares (PE), com inundações recorrentes, e Itajaí (SC), afetada por chuvas intensas em 2022, reforçam a relevância do índice ao destacar a relação entre infraestrutura deficiente e altos impactos.

Casos como Eldorado (SP) e Porciúncula (RJ), severamente impactados por enchentes, reafirmam a eficácia do IMCH como ferramenta preditiva e a importância de sua aplicação para orientar políticas públicas de mitigação.

Ressalta-se que a qualidade dos dados fornecidos pelos municípios pode influenciar significativamente as classificações de criticidade. Em algumas regiões, subnotificações ou ausência de eventos significativos no período de análise podem resultar em níveis de criticidade aparentemente baixos, o que nem sempre reflete a realidade local. Por outro lado, superestimações intencionais, visando a obtenção de recursos emergenciais, podem inflar artificialmente a criticidade de determinados municípios. Além disso, é importante considerar que valores baixos de criticidade podem ser consequência de informações indevidamente declaradas pelos municípios ou da falta de eventos hidrológicos significativos no ano analisado. Por isso, é fundamental adotar uma abordagem multidisciplinar que integre fatores naturais, estruturais e socioeconômicos para garantir uma análise mais precisa e sustentável.

Contudo, embora o IMCH tenha se mostrado representativo para os municípios analisados, a inclusão de variáveis hidrológicas adicionais, como a análise de eventos de precipitação extremos e seus tempos de retorno, contribuiria para uma maior precisão na avaliação das criticidades. Além disso, é fundamental expandir a análise para incorporar fatores topográficos, permitindo a análise das características fisiográficas dos municípios, o que seria viabilizado pela integração de dados de geoprocessamento. Isso traria uma maior robustez ao índice, permitindo que ele levasse em consideração aspectos como a inclinação do terreno e a configuração das bacias hidrográficas, fatores que influenciam diretamente a vulnerabilidade aos eventos hidrológicos. Ademais, sua capacidade de atualização anual possibilita que ele se mantenha um instrumento dinâmico, adaptável e relevante para orientar a gestão de riscos e desastres ao longo dos anos.

De forma complementar, com base nos resultados apresentados, recomenda-se que o governo federal e os gestores municipais ampliem o escopo da coleta de dados para o SNIS-AP, com um enfoque maior em informações desagregadas sobre as despesas resultantes de desastres, como reparos emergenciais, auxílio às populações afetadas e operações de resposta imediata. Ao refinar o detalhamento desses valores, será possível obter uma caracterização mais precisa dos impactos que os desastres hidrológicos causam nos

municípios no ano de referência, permitindo uma avaliação mais clara da criticidade e facilitando a priorização de ações emergenciais e preventivas.

Com relação à exposição, além das informações sobre o número de domicílios sujeitos a risco de inundação, sugere-se também incluir no SNIS-AP dados sobre a população diretamente afetada por esses riscos. Isso incluiria o número de pessoas expostas, o perfil socioeconômico das populações vulneráveis e a densidade populacional nas áreas de maior risco. Informações adicionais, como a existência de infraestrutura crítica em áreas de risco (escolas, hospitais, etc.), bem como a quantidade de vias de acesso sujeitas a interrupções em casos de enchentes, também seriam extremamente úteis para refinar a análise da exposição dos municípios.

Por fim, uma das limitações identificadas na aplicação do IMCH foi a insuficiência de dados que caracterizassem diretamente os perigos (*hazards*), como a frequência e a intensidade das chuvas, cartas de susceptibilidade, mapeamentos de áreas de risco ou condições hidrológicas específicas. Para contornar essa limitação, eventos hidrológicos registrados, como enxurradas, inundações e alagamentos, foram utilizados como representações indiretas dos perigos. Embora não sejam medições diretas, esses eventos podem ser interpretados como indicativos da probabilidade de ocorrência futura, especialmente em municípios que apresentam maior recorrência. Essa abordagem possibilitou inferir padrões de possível vulnerabilidade relacionados ao histórico de desastres, ainda que demande cautela ao extrapolar tais conclusões para cenários prospectivos.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Adger, W. N., et al. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039. <https://doi.org/10.1126/science.1112122>
- Agência de Notícias do Acre. (2022). Governo acompanha de perto situação dos atingidos pela enchente no Jordão. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://agencia.ac.gov.br/governo-acompanha-de-perto-situacao-dos-atingidos-pela-enchente-no-jordao/>
- Ahern, M., Kovats, R. S., Wilkinson, P., Few, R., & Matthies, F. (2005). Global health impacts of floods: Epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews*, 27(1), 36-46. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxi004>
- Alimi, A. O., & Amidu, A. S. (2020). Flood vulnerability assessment of river basins in Nigeria using AHP method. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45, 101478.
- Almeida, S. C., & Pereira, J. F. (2018). A mortalidade em desastres naturais: Uma análise da vulnerabilidade em áreas urbanas. *Revista de Estudos Urbanos*, 16(3), 89-105.
- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(4), 445–459.

- Alves, M. A. & Vettorazzi, C. A. (2020). Alagamentos urbanos e seus impactos econômicos: Um estudo de caso em grandes metrópoles brasileiras. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(2), 1-12.
- Alves, M. A., & Vettorazzi, C. A. (2020). Impactos das inundações urbanas em grandes cidades brasileiras. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(2), 1-12.
- Alves, M. H., & Vettorazzi, C. A. (2020). Infraestrutura verde para drenagem urbana: Perspectivas para cidades brasileiras frente às mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25, e35. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020200087>
- Amapá. (2022). Enchentes em Laranjal do Jari afetam mais de 18 mil pessoas. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br>
- ANA. (2020). Relatório de Segurança de Barragens 2020. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-de-barragens>
- ANA. (2021). Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/dados-e-informacoes-sobre-recursos-hidricos/relatorio-de-conjuntura>
- Ashley, R. M., Blanksby, J., Newman, R., & Gersonius, B. (2021). The cumulative impacts of urban flooding: A systems perspective. *Water*

Resources Research, 57(3), e2020WR028671.

<https://doi.org/10.1029/2020WR028671>

Assad, E., & Pinto, H. (2008). Impacts of climate change on Brazilian agriculture. *Agropecuária Brasileira*.

Balica, S. F., Wright, N. G., & van der Meulen, F. (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Natural Hazards*, 64(3), 2193–2210. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0234-1>

Banco Mundial. (2020). *World Bank Group Annual Report 2020: Supporting Countries in Unprecedented Times*. Washington, DC: Banco Mundial. Disponível em: <https://www.worldbank.org>

Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. P. (2008). *Climate Change and Water*. IPCC Technical Paper VI. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. *Institute for Environment and Human Security Journal*. 5. 7-54.

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193-211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>

- Birkmann, J., Garschagen, M., Kraas, F., & Quang, N. (2013). Adaptive urban governance: New challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change. *Sustainability Science*, 8(2), 151-167. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.01.006>
- Blog do BG. (2023). Bairros e comunidades de Ipanguaçu seguem ilhados mais de 10 dias após enchentes na cidade. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://www.blogdobg.com.br/bairros-e-comunidades-de-ipanguacu-seguem-ilhados-mais-de-10-dias-apos-enchentes-na-cidade/>
- Bnews. (2022). Em meio a cenário devastador, moradores de Itamaraju amargam prejuízos e tentam retomar rotina após chuva. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://www.bnews.com.br/noticias/cidades/em-meio-cenario-devastador-moradores-de-itamaraju-amargam-prejuizos-e-tentam-retomar-rotina-apos-chuva.html>
- Borges, A. M., Pereira, F. R., & Oliveira, M. T. (2022). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 27(2), 1-15.
- BORGES, M. C. P; LIMA, C. H. R.; ABREU, S. B. (2022). The Brazilian National System for Water and Sanitation Data (SNIS): Providing information on a municipal level on water and sanitation services. *Journal of Urban Management*, v. 11, n. 4, p. 530–542.

- BORGES, M.C.P. (2023). Desenvolvimento de um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros a partir dos dados do SNIS. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 188p.
- Brasil. (2012). Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei n. 12.608/2012). Brasília: Ministério da Integração Nacional.
- Brasil. (2014). Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais. Ministério da Integração Nacional.
- Brasil. (2015). Relatório Anual de Avaliação do PPA 2012-2015: ano base 2014. v. I, p. 147.
- Brasil. (2020). Apoio a sistemas de drenagem urbana sustentável e manejo de águas pluviais em municípios críticos. Ministério do Desenvolvimento Regional.
- Brasil. (2022a). Ministério 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: MDR. Acesso em setembro de 2024. Disponível em: < <http://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/index.xhtml> >
- Brasil. (2022b). Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico Temático - Visão Geral dos serviços de

Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas - 2021. Brasília: SNS/MDR. 61p.

Brasil. (2022c). Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR. 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.

Brasil. (2023). Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico Temático - Visão Geral dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas - 2022. Brasília: SNSA/MCID. 18p.

Brondizio, E. S., Vogt, N. D., & Siqueira, A. D. (2016). The urban transformation of the Amazon and its impact on social-ecological resilience. *Nature Sustainability*, 1(5), 249-256.
<https://doi.org/10.1007/s11625-016-0368-2>

Brondizio, E. S., Vogt, N. D., & Siqueira, A. (2016). Amazonia and global change: Emerging challenges and perspectives. Springer.

Câmara Municipal de Queluz. (2020). Lei Nº 984/2020 - Plano de Contingência de Defesa Civil. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: https://www.camaraqueluz.sp.gov.br/pdf/leis_municipais/lei-2020-

1081-LEI-N-9842020-DISPE-SOBRE-O-PLANO-DE-
CONTINGENCIA.pdf

Carvalho, A. A., & Pereira, T. R. (2019). Gestão de risco e redução de desastres: estratégias de adaptação climática em áreas urbanas vulneráveis. *Gestão e Planejamento*, 20(2), 59-75.

CEMADEN (2021). Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Relatório de Monitoramento de Desastres Naturais. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br>

Chandra, A., Patel, D. P., & Mishra, S. (2023). GIS-based flood vulnerability assessment using AHP in an urban environment: A case study of Mumbai. *Natural Hazards Review*, 24(1), 04022045. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000592](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000592)

Coelho, C. A. S., Cardoso, D. H. F., & Firpo, M. A. F. (2017). Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1-2), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1540-9>

Conexão Tocantins. (2022). Salta para 3.053 número de desabrigados ou desalojados por consequência das enchentes no Tocantins. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://conexaoto.com.br/2022/01/19/salta-para-3-053-numero-de-desabrigados-ou-desalojados-por-consequencia-das-enchentes-no-tocantins>

- CPRM. (2022). Mapeamento de áreas de risco de inundações no Brasil. Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
- Crichton, D. (1999). The risk triangle. In J. Ingleton (Ed.), *Natural disaster management* (pp. 102–103). Tudor Rose.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2008). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 5(1), 1-22. <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>
- De Risi, R., Jalayer, F., Fabbrocino, G., De Paola, F., & Giugni, M. (2013). Flood risk assessment for informal settlements. *Environmental Modelling & Software*, 50, 65-77.
- Di Baldassarre, G., Kooy, M., Kemerink, J. S., & Brandimarte, L. (2013). Towards understanding the dynamic behaviour of floodplains as human-water systems. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(8), 3235-3244. <https://doi.org/10.5194/hess-17-3235-2013>
- Diário do Nordeste. (2022). Inundações no sul da Bahia deixam vítimas e casas submersas; governo decreta emergência. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ultima->

hora/ba/inundacoes-no-sul-da-bahia-deixam-vitimas-e-casas-
submersas-governo-decreta-emergencia-1.3169448

dos Santos, L. M. & Gomes, M. V. (2019). Aspectos sanitários relacionados aos alagamentos em áreas urbanas: O caso de São Paulo. *Revista de Saúde Pública*, 53, 1-10.

Douglas, I., Garvin, S., Lawson, N., Richards, J., Tippet, J., & White, I. (2008). Urban flooding: Impacts and management in a changing climate. *Local Environment*, 13(5), 437-451. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2010.01061.x>

FAO. (2016). *Climate change and food security: Risks and responses*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., ... & White, L. L. (Eds.). (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>

Folha PE. (2022). Moradores da comunidade das Pedreiras, em Palmares, precisam recomeçar após cheias. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/moradores-da-comunidade-das-pedreiras-em-palmares-precisam-recomecar/232751/>

- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process: An exposition. *Operations Research*, 49(4), 469-486.
- Freitas, A. C., & Silva, P. L. (2020). Mapeamento de áreas de risco: Ferramenta essencial para a gestão de desastres urbanos. *Revista de Gestão Ambiental*, 18(2), 45-59.
- Freitas, R. M., & Oliveira, J. P. (2017). Avaliação da exposição a desastres naturais em áreas urbanas vulneráveis. *Revista de Gestão e Políticas Públicas*, 7(3), 56-74.
- G1. (2021). Porciúncula tem mais de 3 mil desalojados e 135 desabrigados após enchente. G1 Fluminense. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2021/02/21/porciuncula-tem-mais-de-3-mil-desalojados-e-135-desabrigados-apos-enchente.ghtml>
- G1. (2022a). Cruzeiro do Sul decreta situação de emergência após cheia do Rio Juruá. Disponível em: <https://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2024/03/11/cruzeiro-do-sul-decreta-situacao-de-emergencia-apos-cheia-do-rio-juruua.ghtml>
- G1. (2022b). Chuva forte causa deslizamentos de terra, alagamentos e bloqueia estradas em Angra dos Reis e Paraty. G1. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2022/04/01/chuva-forte-causa-deslizamentos-de-terra-alagamentos-e-bloqueia-estradas-em-angra-dos-reis-e-paraty.ghtml>

- G1. (2023). Nível do Rio Ribeira sobe, deixa moradores desalojados e interditada estradas no interior de SP. G1 Santos e Região. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2023/10/11/nivel-do-rio-ribeira-sobe-deixa-moradores-desalojados-e-interditada-estradas-no-interior-de-sp.ghtml>
- Gaitan, S., Marques, L., & Anjos, P. (2019). Technological solutions for urban flood management. *Urban Water Journal*, 16(4), 271-283. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1581234>
- Gaume, E., Bain, V., Bernardara, P., Newinger, O., Barbuc, M., Bateman, A., & Szolgay, J. (2009). A compilation of data on European flash floods. *Journal of Hydrology*, 367(1-2), 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028>
- Ghorpade, A., Mishra, A. K., & Gautam, A. (2021). Flood susceptibility mapping using analytic hierarchy process (AHP) and TOPSIS: A case study from the Ulhas River basin, India. *Natural Hazards*, 105(3), 2127–2147.
- Giovanni (2023). Comunidades de Ipanguaçu isoladas por mais de 10 dias devido a enchentes. Disponível em: <https://blogdobg.com.br>
- Gomes, R. T., Souza, A. M., & Costa, J. P. (2019). Vulnerabilidade social e desastres naturais: A relação entre eventos extremos e impactos humanos. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, 12(4), 123-138.

- Gomes, T. A., Silva, V. P., & Oliveira, M. C. (2020). Análise de vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas em cidades brasileiras. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(1), 1-15.
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R. J., & Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, 3(9), 802-806. <https://doi.org/10.1038/nclimate1979>
- Hallegatte, S., Rentschler, J., & Rozenberg, J. (2020). *Adaptation Principles: A Guide for Designing Strategies for Climate Change Adaptation and Resilience*. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1500-3>
- Hallegatte, S., Rentschler, J., & Rozenberg, J. (2020). *The Adaptation Principles: A Guide for Designing Strategies for Climate Change Adaptation and Resilience*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1564-8>
- Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., & Rozenberg, J. (2020). *The Economics of Climate-Resilient Development: Building Resilience to Climate Change in Developing Countries*. World Bank Publications.
- Hammami, A., Hani, A., & Laouacheria, F. (2019). Multi-criteria flood risk assessment using GIS and AHP method: Case of the Cheliff-Ghrib basin, Algeria. *Journal of Water and Land Development*, 40(1), 33–43. <https://doi.org/10.2478/jwld-2019-0004>

- Hansen, J., Sato, M., & Ruedy, R. (2013). Global temperature update through 2012. NASA Goddard Institute for Space Studies, 1-16. <https://pubs.giss.nasa.gov/abs/ha06510m.html>
- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., & Kanae, S. (2013). Global flood risk under climate change. *Nature Climate Change*, 3(9), 816-821. <https://doi.org/10.1038/nclimate1911>
- Hoegh-Guldberg, O., Poloczanska, E. S., Skirving, W., & Dove, S. (2018). Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, 5, 158. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00158>
- IBGE. (2021). Atlas de vulnerabilidade socioeconômica municipal. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IFAP. (2022). Defesa Civil no Vale do Jari monitora aumento do Rio. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifap.edu.br/jspui/handle/prefix/964>
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- IPCC. (2018). Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- JC. (2022). Chuvas em Pernambuco: Rio Una, em Palmares, ultrapassa cota de alerta. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/pernambuco/2022/07/15036694-chuvas-em-pernambuco-rio-una-em-palmares-ultrapassa-cota-de-alerta-entenda.html>
- Jennings, S. (2011). Time's bitter flood: Trends in the number of reported natural disasters. Oxfam International.
- Jongman, B., Ward, P. J., & Aerts, J. C. J. H. (2012). Global exposure to river and coastal flooding: Long term trends and changes. *Global Environmental Change*, 22(4), 823-835. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.004>
- Jornal do Comércio. (2022). Itajaí decreta situação de emergência após chuvas intensas. *Jornal do Comércio*. Disponível em: <https://jornaljc.com.br/geral/2022/itajai-decreta-situacao-de-emergencia-devido-as-chuvas-intensas/>
- Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., ... & Sugi, M. (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, 3(3), 157-163. DOI: 10.1038/ngeo779

- Koks, E. E., Jongman, B., Husby, T. G., & Botzen, W. J. W. (2015). Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. *Environmental Science & Policy*, 47, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.10.013>
- Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S. I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., ... & Muir-Wood, R. (2014). Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 1-28. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.857411>
- Lima, C. A., Silva, T. M., & Pereira, R. L. (2020). Gestão de riscos em áreas urbanas sujeitas a deslizamentos e inundações: estudo de caso em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2), 235-256.
- Lukose, L. (2017). Climate change mitigation and adaptation: Exploring the tensions. *Environmental Politics*, 26(5), 787-810. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2018.3677>
- Marengo, J. A., Alves, L. M., & Soares, W. R. (2020). Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil: Impactos e Desafios para a Sociedade. *Revista Brasileira de Climatologia*, 18(1), 27-46.
- Marengo, J. A., Tomasella, J., Alves, L. M., Soares, W. R., & Rodriguez, D. A. (2013a). Extreme climatic events in the Amazon basin. *Theoretical and Applied Climatology*, 107(1-2), 73-85. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0465-1>

- Marengo, J. A., Valverde, M. C., & Obregón, G. O. (2013b). Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo. *Climate Research*, 57, 61–72. <https://doi.org/10.3354/cr01241>
- Marengo, J. A., Nobre, C. A., Tomasella, J., Oyama, M. D., de Oliveira, G. S., de Oliveira, R., Camargo, H., Alves, L. M., & Brown, I. F. (2013c). The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, 40(1), 134-141. DOI: 10.1002/grl.50184
- Maricato, E. (2000). As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias: Planejamento urbano no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 2(1), 9-37. <http://hdl.handle.net/1843/AMSA-7BSPVH>
- Marques, R. F. S., Silva Dias, M. A. F., & Souza, E. P. (2020). Flash floods in Brazil: A review of the occurrences, impacts and future perspectives. *Water*, 12(11), 3076.
- Mendes, J. (2023, março 28). Boletim da prefeitura mostra que Vitória do Mearim tem 180 famílias desalojadas por conta de enchentes de rios. Blog do Jailson Mendes. Disponível em: <https://jailsonmendes.com.br/2023/03/28/boletim-da-prefeitura-mostra-que-vitoria-do-mearim-tem-180-familias-desalojadas-por-conta-de-enchentes-de-rios/>

- Mendonça, M., Nobre, C., & Marengo, J. (2020). Climate risks and adaptation strategies in Brazil: A review of the literature. *Climate Risk Management*, 27, 100206.
- Miguez, M. G., & Mascarenhas, F. C. (2019). Drenagem urbana e mudanças climáticas: Desafios para as cidades brasileiras. *Water Resources Research Journal*, 33(1), 11-25.
- Miguez, M. G., & Veról, A. P. (2014). Flood risk management in urban environments: Multi-criteria approach to flood control. *Water Resources Management*, 28(2), 469-482. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0499-9>
- Miguez, M. G., & Veról, A. P. (2015). Urban stormwater management in Brazil: Challenges and perspectives. *Water*, 11(10), 2054. <https://doi.org/10.3390/su70811068>
- Miguez, M. G., Veról, A. P., & Mascarenhas, F. C. (2019). Challenges of urban stormwater management in developing countries: A perspective from the Brazilian experience. *Water*, 11(8), 1550. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i42p55-74>
- MMA. (2016). Política Nacional sobre Mudança do Clima: Marco Legal e Estratégias de Implementação. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>

- Muttarak, R., & Lutz, W. (2014). Is Education a Key to Reducing Vulnerability to Natural Disasters and hence Unavoidable Climate Change? *Ecology and Society*, 19(1), 42. <https://doi.org/10.5751/ES-06476-190142>
- Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M., & Marchand, M. (2007). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: Regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9, S69-S87. DOI: 10.1016/S0959-3780(99)00019-9
- Nicholls, R. J., Wong, P. P., Burkett, V. R., Woodroffe, C. D., & Hay, J. E. (2007). Climate change and coastal vulnerability assessment: Scenarios for integrated assessment. *Sustainability Science*, 3(1), 89–102. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter6-1.pdf>
- Nobre, C. A., Marengo, J. A., & Sellers, P. J. (2019a). Climate extremes and their implications for Brazil's Southern region. *Climate Dynamics*, 53(1–2), 157–171. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4181-4>
- Nobre, C. A., Marengo, J. A., & Seluchi, M. E. (2019b). Mudanças climáticas e eventos climáticos extremos no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(4), 421-442.
- Norte do Tocantins. (2022). Regiões atingidas por enchentes no Tocantins voltam a ter alerta para chuva forte com ventos de até 60 km/h. Acesso em: setembro de 2024. Disponível em: <https://www.nortedotocantins.com.br/01/2022/regioes-atingidas-por->

enchentes-no-tocantins-voltam-a-ter-alerta-para-chuva-forte-com-ventos-de-ate-60-km-h/

Nunes Carvalho, D., Miguez, M. G., & Silva, S. R. (2020). Low impact development for urban stormwater management: Challenges in a developing country. *Journal of Environmental Management*, 275, 111206. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111206>

O National Risk Index é uma ferramenta desenvolvida pela FEMA (Federal Emergency Management Agency) para medir o risco de desastres naturais nos Estados Unidos. Disponível em: <https://hazards.fema.gov/nri>

Olang, L. O., & Fürst, J. (2011). Effects of land cover change on flood peak discharges and runoff volumes: Model estimates for the Nyando River Basin, Kenya.

Pelling, M. (2011). *Adaptation to climate change: From resilience to transformation*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203889046>

Pelling, M., & Blackburn, S. (2014). *Megacities and the coast: Risk, resilience and transformation*. Routledge.

Pinho, L. G. M., Marengo, J. A., & Santos, J. C. (2013). Vulnerabilidade e impactos das inundações em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Climatologia*, 13(2), 58-69.

- Rasch, M. (2015). Índice de Vulnerabilidade a Inundações em Municípios Brasileiros: Uma análise socioeconômica e ambiental. Tese de doutorado, Universidade de Brasília.
- Rasch, R. (2015). Flood vulnerability index: Frameworks for assessing flood risks in the Amazon basin. *Journal of Hydrology*, 34(2), 123-136.
- Rufat, S., Tate, E., Burton, C. G., & Maroof, A. S. (2015). Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 470-486.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.09.013>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1997). *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Springer.
- SAMPAIO, T. Q.; PIMENTEL, J.; SILVA, C. R.; MORENO, H. F. (2013). A atuação do serviço geológico do brasil – CPRM na gestão de riscos e resposta a desastres. In: VI Congresso de Gestão Pública. p. 1-26.
- Santos, M. A. S., & Ribeiro, W. C. (2015). Monitoramento e prevenção de desastres no Brasil: tecnologias e desafios. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 17(1), 145-163.

- Sarkar, S. (2012). Climate change and sustainable development: A holistic approach. *Springer Climate*, 23, 75-96.
- Satterthwaite, D. (2011). How urban societies can adapt to resource shortage and climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1942), 1762-1783. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0350>
- Silva Dias, M. A. F., Cohen, J. C. P., & Souza, E. P. (2019). The catastrophic 2004 southern Brazil extratropical cyclone: Impacts and the role of remote forcing. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131(3), 651-662.
- Silva, J. P., Santos, L. R., & Cardoso, V. A. (2017). Ocupação urbana e vulnerabilidade socioambiental em áreas de risco: um estudo em Belo Horizonte, Minas Gerais. *Cadernos Metr pole*, 19(38), 389-410.
- Silva, L. G., & Andrade, J. C. (2018). Resiliência e vulnerabilidade a desastres no Brasil: estudos e perspectivas. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 20(1), 24-45.
- Silva, M. F., Almeida, R. T., & Oliveira, P. J. (2017). The role of infrastructure in managing urban flood risks. *Journal of Water Management*, 170(4), 183–192. <https://doi.org/10.1680/jwama.16.00010>
- Silva, M. F., & Costa, L. T. (2020). A vulnerabilidade habitacional em áreas de risco de inunda o: Um estudo comparativo. *Revista Brasileira de Planejamento Urbano*, 14(2), 67-80.

- Silva, P. C., & Costa, F. S. (2020). Análise da exposição a enchentes em áreas urbanas periféricas no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 22(1), 43-61.
- Secretaria Nacional de Saneamento – SNS (2021). *Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021 / Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional*. – Brasília/ DF, 2021.
- Souza, M. R., Ribeiro, A. G., & Andrade, C. M. (2020). Vulnerabilidade ribeirinha e os impactos das cheias no estado do Pará. *Revista Amazônia*, 14(3), 293-307.
- Souza, C. M., Rodrigues, A. L., & Pereira, J. L. (2020). Urban planning and the challenges of managing hydrological events. *Journal of Urban Studies*, 56(2), 245–260.
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1-2), 123-138. DOI: 10.3354/cr00953
- Tucci, C. E. M. (2007). Gestão de águas pluviais urbanas: Desafios e soluções. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12(2), 5-27.
- Tucci, C. E. M. (2007). Urban floods: A growing challenge for cities in Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12(3), 5–18.
- Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L., & Barros, M. T. L. (2016). Gestão de drenagem urbana e controle de enchentes no Brasil: desafios e perspectivas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21(4), 555-568.

- UNFCCC. (2015). Adoption of the Paris Agreement. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Geneva, Switzerland: UNISDR.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2020). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2020>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29.
- VijayaVenkataRaman, S., Iniyan, S., & Goic, R. (2012). A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 878-897. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.009>
- World Bank. (2020). Flood risk management: A global imperative. Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2020/12/06/flood-risk-management>
- Zevenbergen, C., Yong J., Yongchi M., (2018). Urban pluvial flooding and stormwater management. *Water*, 10(4), 451. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.016>

ANEXO A - GLOSSÁRIO DE INFORMAÇÕES - SNIS-AP 2022

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Dados gerais (Geral)

GE001 - Área territorial total do município (Fonte: IBGE):

Área de todo o território do município, em km². A área territorial total do município compreende as áreas urbana e rural.

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

Unidade: Quilômetros quadrados

GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas:

Área urbana total do município, incluindo as áreas urbanas isoladas, em km². A área urbana é constituída pela área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal. A área urbana isolada também é definida por lei municipal e encontra-se separada da sede municipal ou distrital por área rural ou por algum outro limite legal.

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

Unidade: Quilômetros quadrados

GE005 - População total residente no município (Fonte: IBGE):

Valor da soma das populações urbana e rural residentes no município, incluindo as populações das áreas urbanas isoladas. É adotada no SNIS a estimativa realizada anualmente pelo IBGE, ou são adotadas as populações obtidas por meio de Censos demográficos ou Contagens populacionais, também do IBGE.

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

Unidade: Habitantes

GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo):

Corresponde à população residente apenas na área urbana do município. No SNIS é adotada uma estimativa que usa a respectiva taxa de urbanização do último Censo ou Contagem de População do IBGE, multiplicada pela população total estimada anualmente pelo IBGE. Quando da existência de dados de Censos ou Contagens populacionais do IBGE, estas serão as informações utilizadas.

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

Unidade: Habitantes

GE007 - Quantidade total de imóveis existentes na área urbana do município:

Valor da soma de todos os imóveis cadastrados no cadastro imobiliário ou cadastro de registro de imóveis, constituídos por: domicílios (unidades residenciais), unidades comerciais, unidades industriais, unidades de saúde, unidades públicas (escolas, prefeitura, hospitais etc) e outras unidades, existentes na área urbana do município, no ano de referência.

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

Unidade: Imóveis

GE008 - Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município:

Valor da soma de todos os domicílios, cadastrados no cadastro imobiliário ou no registro de imóveis, ou estimados, existentes na área urbana do município, no ano de referência. Segundo o IBGE, domicílio é o local de moradia estruturalmente separado e independente, constituído por um ou mais cômodos. A separação fica caracterizada quando o local de moradia é limitado por paredes, muros, cercas etc, coberto por um teto, permitindo que os moradores se isolem, arcando com parte ou todas as suas despesas de alimentação ou moradia.

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

Unidade: Domicílios

GE010 - Região Hidrográfica em que se encontra o município (Fonte: ANA):

Região Hidrográfica que compreende a área em que o município está localizado. Segundo a Agência Nacional de Águas, Região Hidrográfica é o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Bloco: 1.1 - Dados hidrográficos do município

GE011 - Nome da(s) bacia(s) hidrográfica(s) a que pertence o município (Fonte: ANA):

Identificação da(s) bacia(s) hidrográfica(s) a que pertence o município. Segundo a Agência Nacional de Águas, bacia hidrográfica é o espaço geográfico delimitado pelo respectivo divisor de águas cujo escoamento superficial converge para seu interior, sendo captado pela rede de drenagem que lhe concerne, seja em território nacional ou não.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

GE011L - Bacias Hidrográficas

Bacias Hidrográficas

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

GE012 - O município participa de Comitê de Bacia ou de Sub-bacia Hidrográfica organizado?

Indicar se o município participa de Comitê de Bacia ou de Sub-Bacia Hidrográfica organizado. Comitê de Bacia (ou Sub-Bacia) é o órgão colegiado formado por representantes do poder público, usuários e sociedade civil com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição.

Bloco: 1.1 - Dados hidrográficos do município

GE999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário Geral.

Bloco: 2 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

GE016 - Município Crítico (Fonte: CPRM)

Os municípios críticos para ação em drenagem urbana sustentável do Programa de Prevenção de Desastres Naturais do Governo Federal são os municípios brasileiros prioritários mapeados e setorizados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil - com Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes e cujo processo dominante seja decorrente de eventos hidrológicos críticos: inundação, enxurrada, enchente ou alagamento.

Bloco: 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

Dados sobre cobranças (Cobrança)**CB001 - Existe alguma forma de cobrança pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?**

Informar se o município cobra ou não pela prestação (em razão do uso efetivo) ou disposição dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais. No caso do município não dispor de sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas a resposta deverá ser NÃO.

Bloco: 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

CB002 - Qual é a forma de cobrança adotada?

Informar a forma de cobrança pelos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais: Opções: Cobrança de taxa específica; Cobrança de tarifa; Outra. No caso da cobrança de taxa específica, se a resposta for positiva, informar em CB 999 o número da Lei que a institui e a disciplina.

Bloco: 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

CB002A - Especifique qual é a forma de cobrança adotada:

Informar outras formas de cobrança que são adotadas para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em CB002.

Bloco: 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

CB003 - Quantidade total de imóveis urbanos tributados pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Número total de imóveis existentes na área urbana do município que são tributados pela utilização ou possibilidade de utilização dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Os imóveis incluem: domicílios, unidades comerciais, unidades industriais, unidades de saúde, unidades públicas (escolas, prefeitura, hospitais etc) e outras unidades.

Bloco: 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

Unidade: Imóveis

CB004 - Valor cobrado pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas por imóvel urbano:

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Valor médio mensal da cobrado por imóvel urbano pelo uso efetivo ou disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Considera-se serviço à disposição aquele cujas infraestruturas e atividades operacionais estejam em funcionamento. Esta cobrança pode ser fixada em valor mensal ou anual, conforme estabelecido na legislação tributária municipal. Quando a taxa for anual, informar no campo CB004 o valor médio mensal.

Bloco: 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

Unidade: R\$/Imóvel/Mês

CB999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário de Cobrança.

Bloco: 2 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

CB010 - Informar a lei, decreto, resolução ou outro instrumento formal que institui a cobrança (exemplo: Lei nº X, de XXXX)

Toda cobrança de taxa específica, tarifa ou preço público deve ser prevista em lei, informar a Legislação Municipal que institui a cobrança pelos serviços de DMAPU. Informar qual o tipo, número e ano da lei, decreto, resolução ou outro instrumento formal adotado.

Bloco: 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

Dados financeiros (Financeiro)**AD001 - Quantidade de pessoal próprio alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Quantidade de empregados do órgão municipal ou prestador de serviços, constituídos por funcionários, dirigentes ou outros, alocados para atividades-fim dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas e postos permanentemente - e com ônus - à disposição do órgão municipal ou prestador de serviços. Informar a quantidade de pessoal próprio existente no último dia do ano de referência.

Bloco: 1 - Informações administrativas

Unidade: Pessoas

AD002 - Quantidade de pessoal terceirizado alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Quantidade de trabalhadores contratados de forma continuada para prestar serviços relativos à Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, para o município ou prestador de serviços, dentro ou fora de suas instalações, exceto quando se tratar de energia elétrica e aluguel de máquinas e equipamentos. Informar a quantidade de pessoal terceirizado existente no último dia do ano de referência.

Bloco: 1 - Informações administrativas

Unidade: Pessoas

AD003 - Quantidade total de pessoal alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Valor da soma das quantidades totais de pessoal próprio e de pessoal terceirizado atuantes nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, no último dia do ano de referência.

Bloco: 1 - Informações administrativas

Unidade: Pessoas

FN003 - Receita total do município (SAÚDE, EDUCAÇÃO, PAGAMENTO DE PESSOAL, ETC.):

Receita orçamentária total realizada pelo município, no ano de referência, compreendendo as receitas correntes e as receitas de capital. Receitas correntes: são aquelas compostas por arrecadação de receitas de tributos, contribuições, patrimonial, de aplicações financeiras, receitas de atividades agropecuárias, receitas industriais e de serviços, transferências correntes e outras receitas eventuais, como doações, indenizações etc. Receitas de capital: são aquelas

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

compostas por receitas de alienação de bens, operações de crédito, amortização de empréstimos, transferências de capital e outras receitas de capital, amortização de empréstimos concedidos e outras eventuais.

Bloco: 2 - Receitas

Unidade: Reais por ano

FN004 - Fontes de recursos para custeio dos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Indicar, dentre as opções, quais os meios econômicos e financeiros que custeiam a operação e a manutenção dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município, no ano de referência. A opção “receitas de taxas” corresponde ao valor associado à cobrança de taxa específica pelo uso efetivo ou disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Somente deve ser marcada a opção “Não existe forma de custeio” quando o município não possuir sistema de drenagem. Assim, todo município que possuir um sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas deve possuir obrigatoriamente alguma forma de custeio. A opção “Outras” contempla qualquer outra fonte de entrada de recursos para custeio dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Descrever em FN999 as outras fontes de entrada praticadas pelo município.

Bloco: 2 - Receitas

FN004A - Especifique qual é a outra fonte de recursos para custeio dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas informada em FN004:

Informar quais são as outras fontes de entrada de recursos para custeio dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas adotadas no município, no ano de referência, que não foram citadas nas opções de resposta apresentadas em FN004.

Bloco: 2 - Receitas

FN005 - Receita operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Corresponde à receita de taxas e preços públicos, lançada ou faturada no ano de referência, pela disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, e pela execução de serviços acessórios ou complementares, tais como: execução de ramais de lançamento no sistema público, execução ou limpeza de dispositivos de retenção etc.

Bloco: 2 - Receitas

Unidade: Reais por ano

FN008 - Receita não operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Receita originária da aplicação de penalidades de posturas (descumprimento de normas e regulamentos legais) ou contratuais (inadimplência de pagamentos pelos serviços), de aplicações financeiras e de outras receitas eventuais, tais como ressarcimento de danos, indenizações etc, relativa aos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no ano de referência.

Bloco: 2 - Receitas

Unidade: Reais por ano

FN009 - Receita total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Valor da soma das receitas operacionais e não operacionais dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados no município no ano de referência.

Bloco: 2 - Receitas

Unidade: Reais por ano

FN012 - Despesa total do município (SAÚDE, EDUCAÇÃO, PAGAMENTO DE PESSOAL, ETC.):

Despesa orçamentária total realizada pelo município, no ano de referência, compreendendo as despesas correntes (despesas de custeio) e as despesas de capital. Despesas correntes: são as despesas que não contribuem diretamente para a formação ou aquisição de um bem de capital, mas são relativas à pessoal e encargos sociais, juros e encargos da dívida, aquisição de serviços, insumos e materiais de consumo e outras despesas, necessárias e destinadas à manutenção das estruturas e funcionamento das atividades. Despesas de capital: são as despesas que contribuem diretamente para a formação ou aquisição de um bem de capital, compreendendo, entre outros, os gastos com investimentos, inversões financeiras (títulos e participações) e amortização da dívida.

Bloco: 3 - Despesas

Unidade: Reais por ano

FN013 - Despesas de Exploração (DEX) diretas ou de custeio total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Valor anual total das despesas realizadas pelo município para a exploração dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, compreendendo as despesas diretas com pessoal próprio e terceirizado, serviços de terceiros, locação de equipamentos, produtos químicos, energia elétrica, despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX, além de outras despesas de exploração.

Bloco: 3 - Despesas

Unidade: Reais por ano

FN015 - Despesa total com serviço da dívida para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Valor anual total das despesas com o serviço da dívida relativas a juros e encargos, variações monetárias e cambiais e amortizações de empréstimos para financiamento dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de responsabilidade do município.

Bloco: 3 - Despesas

Unidade: Reais por ano

FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Valor anual total do conjunto das despesas realizadas para a prestação dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizadas no município, compreendendo as Despesas de Exploração (DEX), despesas com juros e encargos das dívidas (incluindo as despesas decorrentes de variações monetárias e cambiais), despesas com depreciação, amortização do ativo diferido e provisão para devedores duvidosos, despesas fiscais ou tributárias não computadas nas DEX, mas que compõem a despesa total com os serviços, além de outras despesas com os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de responsabilidade do prestador ou município, realizadas no ano de referência.

Bloco: 3 - Despesas

Unidade: Reais por ano

FN017 - Desembolsos de investimentos com recursos próprios em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados pelo município no ano de referência:

Valor total dos desembolsos de investimentos diretos e despesas capitalizáveis realizados no ano de referência pelo município, com recursos próprios, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, inclusive de contrapartidas de investimentos onerosos e não onerosos, considerando os valores efetivamente pagos no ano, independente do ano de contratação do investimento. Entendem-se como "recursos próprios" aqueles oriundos do orçamento municipal, da cobrança dos serviços, de receitas não operacionais, de integralização ou de adiantamento para futuro aumento de capital pelos acionistas ou de captações no mercado decorrentes da venda de ações.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos

Unidade: Reais por ano

FN018 - Investimentos com recursos onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratados pelo município no ano de

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

referência:

Valor total dos investimentos contratados pelo município, com recursos onerosos, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando inclusive contratos cujas execuções das obras ou as aquisições de bens não tenham sido iniciadas no ano de referência. Entendem-se como "recursos onerosos" aqueles provenientes de empréstimos tomados junto à CAIXA, BNDES ou outros agentes financeiros (oriundos do FGTS, FAT ou outras fontes) e também empréstimos de financiamentos externos (BID, BIRD e outros), retornáveis por meio de amortizações, juros e outros encargos, incluindo-se ainda captações decorrentes da venda e posterior recompra de debêntures vinculadas a investimentos preestabelecidos. Devem ser incluídos empréstimos tomados pelo estado que tenham como mutuário final (responsável pelo pagamento) o município.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos

Unidade: Reais por ano

FN019 - Desembolsos de investimentos com recursos onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados pelo município no ano de referência:

Valor total dos desembolsos de investimentos realizados no ano de referência diretamente pelo município, a partir de recursos de fontes onerosas, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando os valores efetivamente pagos no ano, independente do ano de contratação do investimento. Entendem-se como "recursos onerosos" aqueles provenientes de empréstimos tomados junto à CAIXA, BNDES ou outros agentes financeiros (oriundos do FGTS, FAT ou outras fontes) e também empréstimos de financiamentos externos (BID, BIRD e outros), retornáveis por meio de amortizações, juros e outros encargos, incluindo-se ainda captações decorrentes da venda e posterior recompra de debêntures vinculadas a investimentos preestabelecidos. Devem ser incluídos empréstimos tomados pelo estado que tenham como mutuário final (responsável pelo pagamento) o município.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos

Unidade: Reais por ano

FN020 - Investimentos com recursos não onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratados pelo município no ano de referência:

Valor total dos investimentos contratados pelo município, com recursos de origem não onerosa, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando inclusive contratos cujas execuções das obras ou as aquisições de bens não tenham sido iniciadas no ano de referência. Entende-se por "recursos de origem não onerosa" aqueles não reembolsáveis (oriundos do Orçamento Geral da União - OGU, orçamentos do estado, ou de outras fontes, como doações ou investimentos pagos pelos usuários), que não oneram o serviço da dívida, também denominados recursos a fundo perdido.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Unidade: Reais por ano**FN021 - Desembolsos de investimentos com recursos não onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados pelo município no ano de referência:**

Valor total dos desembolsos de investimentos realizados no ano de referência diretamente pelo município, a partir de recursos de fontes não onerosas, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando os valores efetivamente pagos no ano, independente do ano de contratação do investimento. Entende-se por “recursos não onerosos” aqueles não reembolsáveis (oriundos do Orçamento Geral da União - OGU, orçamentos do estado, ou de outras fontes, como doações ou investimentos pagos pelos usuários), que não oneram o serviço da dívida, também denominados recursos a fundo perdido.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos**Unidade:** Reais por ano**FN022 - Investimento total em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratado pelo município no ano de referência:**

Valor do investimento total contratado pelo município para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no ano de referência, calculado pela soma dos valores referentes aos investimentos com recursos próprios, aos investimentos com recursos onerosos e aos investimentos com recursos não onerosos informados nos campos FN024, FN018 e FN020, respectivamente.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos**Unidade:** Reais por ano**FN023 - Desembolso total de investimentos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizado pelo município no ano de referência:**

Valor do desembolso total de investimentos realizado pelo município no ano de referência, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, calculado pela soma dos valores referentes aos desembolsos de investimentos com recursos próprios, aos desembolsos de investimentos com recursos onerosos e aos desembolsos de investimentos com recursos não onerosos, informados nos campos FN017, FN019 e FN021, respectivamente.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos**Unidade:** Reais por ano**FN024 - Investimentos com recursos próprios em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratados pelo município no ano de referência:**

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Valor total dos investimentos contratados pelo município com recursos próprios, no ano de referência, inclusive valores de contrapartidas de investimentos onerosos e não onerosos, relacionados aos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando inclusive contratos cujas execuções das obras ou de aquisições de bens não tenham sido iniciadas no ano de referência. Entendem-se como "recursos próprios" aqueles oriundos do orçamento municipal, da cobrança dos serviços, de receitas não operacionais, de integralização ou de adiantamento para futuro aumento de capital pelos acionistas ou de captações no mercado decorrentes da venda de ações.

Bloco: 4 - Investimentos e desembolsos

Unidade: Reais por ano

FN999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário Financeiro.

Bloco: 5 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

Dados de infraestrutura (Infraestrutura)

IE051L - Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, piscinões ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

Infraestrutura de Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, piscinões ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

Bloco: 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

IE001 - Existe Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município?

Informar se já existe ou se passou a existir, no ano de referência, o Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município. O Plano Diretor é o relatório ou projeto de engenharia no âmbito de planejamento, que compara alternativas, cenários e soluções possíveis, em função das mais diversas técnicas disponíveis, levando em consideração o custo-benefício e a viabilidade econômica e financeira para cada possibilidade. A etapa que antecede o Plano Diretor, quando necessária, é a de Inventário ou Diagnóstico. A etapa posterior, principalmente para obras de engenharia, é o Projeto Básico, que orienta os processos de licitação para contratação de empreiteiras. O Plano Diretor constitui-se na ferramenta por meio da qual as comunidades podem avaliar e priorizar os problemas e as necessidades presentes e futuras, além de considerar as alternativas de gerenciamento da drenagem de águas pluviais no município. É utilizado para tratar de funções como provisão de drenagem, mitigação de inundações, análise custo/benefício e avaliação de riscos.

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE012 - Existe cadastro técnico de obras lineares no município?

Informação sobre a existência ou não de cadastro técnico do sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas implantado no município. Entende-se por "cadastro técnico" o conjunto de informações compostas de mapas e plantas de localização, de desenhos de detalhes e de outros registros descritivos e quantitativos sobre as infraestruturas físicas e operacionais do sistema de drenagem, feitas em papel ou em meio digital.

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE013 - Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

Informar se existe projeto básico, projeto executivo e/ou desenhos "as built" do sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas implantado no município. Entende-se por "projeto básico" o conjunto de informações básicas composto de pelo menos uma descrição sumária e mapas ou plantas de localização e de caracterização mínima dos tipos e dimensões das infraestruturas e equipamentos operacionais existentes. Por "projeto executivo", compreende-se o conjunto de informações detalhadas sobre a descrição e o processo construtivo ou de implantação e operação das infraestruturas e

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

equipamentos operacionais existentes, composto por mapas e plantas de localização, caracterização e dimensionamento, desenhos de detalhes construtivos e operacionais e de memoriais quantitativos e descritivos de processos, de materiais, de equipamentos e operacionais e de outros elementos essenciais. Finalmente, por projeto "as built" entende-se o conjunto de informações básicas sobre como o sistema foi construído ou implantado, composto pelo menos de memorial descritivo e de desenhos ou croquis de localização, além de caracterização e dimensionamento mínimos das infraestruturas e equipamentos do sistema de drenagem de águas pluviais.

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE014 - Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE016 - Qual é o tipo de sistema de Drenagem Urbana?

Informar qual o tipo predominante de sistema de drenagem de águas pluviais urbanas existente no município. O sistema de drenagem compreende a totalidade das estruturas projetadas para promover o esgotamento das águas pluviais. O SNIS-AP classifica os tipos de sistemas de DMAPU em três diferentes categorias: o exclusivo para drenagem de águas pluviais (separador absoluto), o unitário (misto com esgotamento sanitário) e o combinado. O primeiro é formado por estruturas que escoam, exclusivamente, águas pluviais. O segundo transporta águas pluviais e cargas de esgotos urbanos. O sistema combinado, por sua vez, é caracterizado quando há uma combinação dos dois tipos de sistemas (exclusivo e unitário), onde cada tipo de configuração predomina em algum trecho da rede.

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE016A - Especifique qual é o outro tipo de sistema de Drenagem Urbana informado em IE016:

Informar quais os outros tipos de sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas adotados no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em IE016.

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE017 - Extensão total de vias públicas urbanas do município:

Comprimento total das vias públicas terrestres da área urbana total do município. São consideradas vias terrestres urbanas as ruas, as avenidas, os logradouros, os caminhos, as passagens, as estradas e as rodovias, que têm seu uso regulamentado pelo órgão ou entidade com circunscrição sobre elas, de

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

acordo com as peculiaridades locais e as circunstâncias especiais.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Quilômetros

IE018 - Extensão total de vias públicas urbanas implantadas no município no ano de referência:

Comprimento total das vias públicas terrestres da área urbana total do município que foram implantadas no ano de referência. Note-se que aqui deve ser informado apenas o valor da extensão das vias que foram implantadas no ano de referência, diferentemente do valor da extensão total das vias urbanas do município (correspondente à informação IE017).

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Quilômetros

IE019 - Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante):

Extensão total das vias públicas terrestres da área urbana total do município que possuem algum tipo de pavimento (seja ele constituído de revestimentos flexíveis – como os betuminosos ou por calçamento – ou de pavimentos rígidos – como o concreto cimento ou macadame cimentado) e meio-fio ou estrutura semelhante destinada a encaminhar as águas da chuva para as saídas de água, impedindo a erosão da plataforma da via e dos taludes de aterros.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Quilômetros

IE020 - Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante) implantadas no ano de referência:

Extensão total das vias públicas terrestres da área urbana total do município que possuem algum tipo de pavimento e meio-fio ou estrutura semelhante e que foram implantadas no ano de referência. Note-se que aqui deve ser informado apenas o valor do comprimento total das vias com pavimento e meio-fio (ou similares) que tiveram sua implantação concluída no ano de referência, diferentemente do valor total da extensão das vias urbanas do município com essas estruturas (correspondente à informação IE019).

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Quilômetros

IE021 - Quantidade de bocas de lobo existentes no município:

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Quantidade total de bocas de lobo existentes no município. Entende-se por “boca de lobo” a estrutura da rede de drenagem que objetiva captar as águas superficiais transportadas pelas sarjetas e conduzi-las ao interior da rede. As bocas de lobo se caracterizam por apresentarem apenas uma entrada.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Unidades

IE022 - Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município:

Quantidade total de bocas de leão, ou seja, bocas de lobo múltiplas conjugadas, existentes no município. As bocas de leão se caracterizam por apresentarem duas ou mais entradas (bocas de lobo) conjugadas.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Unidades

IE023 - Quantidade de poços de visita (PV) existentes no município:

Quantidade total de poços de visita (PV) existentes no município. Entende-se por “poço de visita” a estrutura da rede de drenagem que permite a entrada de profissional especializado para inspeção e limpeza da rede.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Unidades

IE024 - Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos:

Comprimento total de vias públicas que possuem redes ou canais subterrâneos de águas pluviais, na área urbana total do município. Os canais fechados construídos para o escoamento das águas de chuva, conhecidos como canais de águas pluviais subterrâneos, fazem parte das redes coletoras e destinam-se ao transporte das águas captadas pelas bocas coletoras até os pontos de lançamento. A rede coletora subsuperficial, destinada a captar e a transportar águas de chuva, pode ou não ser utilizada para transportar também o esgoto sanitário.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Quilômetros

IE025 - Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos, implantadas no ano de referência:

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Comprimento total de vias públicas que possuem redes ou canais subterrâneos de águas pluviais, localizadas na área urbana total do município, que foram implantadas no ano de referência. Note-se que aqui deve ser informado apenas o valor do comprimento total das vias com redes ou canais subterrâneos de águas pluviais, que tiveram sua implantação concluída no ano de referência, diferentemente do valor total correspondente à informação IE024.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Quilômetros

IE026 - Existem vias públicas urbanas com canais artificiais abertos?

Informação sobre a existência ou não de vias públicas terrestres com canais artificiais abertos na área urbana total do município. Entende-se por “canal aberto” o curso construído artificialmente que conduz água a céu aberto para os locais de consumo ou aumenta a capacidade de escoamento dos cursos naturais durante as enchentes. Obras como estas, em geral, têm por objetivo dar forma geométrica definida para a seção transversal do curso d'água, ou trecho deste, com ou sem revestimento de qualquer espécie nas margens ou no fundo.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

IE027 - Existem vias públicas urbanas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração)?

Informar se já existem ou se passaram a existir, no ano de referência, vias públicas terrestres com soluções de drenagem natural – do tipo faixas ou valas de infiltração – na área urbana total do município. As faixas ou valas de infiltração são técnicas compensatórias constituídas por áreas permeáveis ou por simples depressões escavadas no solo com o objetivo de recolher as águas pluviais e efetuar o seu armazenamento temporário e, eventualmente, favorecer a sua infiltração.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

IE028 - Extensão total de vias públicas urbanas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração):

Comprimento total das vias públicas terrestres que possuem ou passaram a possuir, no ano de referência, faixas ou valas de infiltração das águas pluviais, e que estão localizadas na área urbana total do município.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

Unidade: Quilômetros

IE029 - Existem estações elevatórias de águas pluviais na rede de drenagem?

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Informar se existem estações elevatórias de águas pluviais na rede urbana de drenagem do município. Entende-se por “estação elevatória de águas pluviais” a unidade responsável pelo recalque ou bombeamento de águas pluviais para pontos de maior altitude. É composta por um conjunto de bombas e acessórios que possibilitam a elevação da cota piezométrica do efluente pluvial transportado.

Bloco: 2.1 - Vias urbanas

IE031 - Existem cursos d'água naturais perenes dentro da zona urbana?

Informar se existem cursos d'água naturais perenes na área urbana total do município. Entende-se por “curso d'água natural perene” qualquer manancial de água corrente com disponibilidade hídrica praticamente ininterrupta, ou seja, é um corpo de água fluente que possui fluxo o ano todo, ou pelo menos em 90% do ano, em canal bem definido. Rios, córregos, riachos, regatos, ribeiros são exemplos de cursos d'água, os quais são alimentados por águas provenientes de escoamento superficial (parte das águas que não infiltram no solo e tampouco evaporam) e subsuperficial (parte das águas que infiltram no solo).

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas:

Comprimento total de todos os cursos d'água naturais perenes existentes na área urbana total do município. Deve-se informar aqui apenas o somatório das extensões dos cursos d'água que realmente estão contidas dentro da área urbana, ou seja, não é necessário contabilizar as extensões desses mesmos cursos d'água que se encontram em áreas não urbanas. Por exemplo: para um município que contenha apenas um curso d'água, cuja extensão total seja de 20 km, mas apenas 5 km dessa extensão se encontrem dentro da área urbana, o valor a ser informado neste campo seria 5.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

Unidade: Quilômetros

IE033 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com diques em áreas urbanas:

Informar a extensão total dos cursos d'água naturais perenes da área urbana total do município que possuem diques. Diques são muros laterais de terra ou concreto, inclinados ou retos, construídos a certa distância das margens dos cursos d'água, que protegem as áreas ribeirinhas contra o extravasamento.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

Unidade: Quilômetros

IE034 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos em áreas urbanas:

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes canalizados de maneira aberta na área urbana total do município. Encontram-se canalizados os cursos d'água naturais cujos leitos foram submetidos a obras ou serviços que tenham por objetivo dar forma geométrica definida para a seção transversal do curso d'água, ou trecho deste, com ou sem revestimento de qualquer espécie nas margens ou no fundo. Canal aberto é o percurso construído artificialmente, que conduz água a céu aberto para os locais de consumo ou aumenta a capacidade de escoamento dos cursos d'água naturais durante as enchentes.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

Unidade: Quilômetros

IE035 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados fechados em áreas urbanas:

Informar a extensão total dos cursos d'água naturais perenes que percorrem canais artificiais fechados dentro da área urbana total do município. Os cursos d'água naturais encontram-se canalizados de forma fechada (ou sob manilhamento) quando seus leitos ou calhas estão cobertos por alguma superfície dura ou impermeável (geralmente concreto), ou canalizados em tubulações ("entubados"), aduelas, gabiões ou outras estruturas de concreto, metálicas ou de outros materiais.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

Unidade: Quilômetros

IE036 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com retificação em áreas urbanas:

Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes, em áreas urbanas do município, que sofreram processos de retificação. A retificação é qualquer obra ou serviço que tenha por objetivo alterar, total ou parcialmente, o traçado dos cursos d'água ou o seu percurso original.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

Unidade: Quilômetros

IE037 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com desenrocamento ou rebaixamento do leito em áreas urbanas:

Extensão total dos cursos d'água naturais perenes, localizados na área urbana total do município, em cujos leitos foram realizadas obras de rebaixamento ou que passaram por serviços de desenrocamento. O rebaixamento é o aprofundamento da calha dos cursos d'água realizada a partir da retirada de material do leito, com o objetivo de ampliar a seção transversal ou reduzir a declividade, constituindo-se de uma medida adotada para o combate às enchentes. As obras de desenrocamento, ou seja, a retirada de rochas do leito do curso d'água, têm por objetivo reduzir os regimes turbulentos de escoamento, os quais, quando intensos, podem produzir alterações em suas margens e leito.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas**Unidade:** Quilômetros**IE040 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas com outro tipo de intervenção:**

Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes das áreas urbanas do município que tenham sofrido alguma outra intervenção, não mencionada nos itens IE033 a IE037, a qual tenha provocado qualquer alteração das características hidrológicas, morfométricas ou relativas ao transporte de sedimentos no curso d'água.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas**Unidade:** Quilômetros**IE041 - Existe serviço de dragagem ou desassoreamento dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas?**

Informar se existe serviço regular de dragagem ou desassoreamento dos cursos d'água que se encontram na área urbana total do município. O assoreamento, fenômeno causado pela erosão, desmatamento, práticas agrícolas inadequadas e ocupações urbanas, consiste no acúmulo ou na obstrução de um curso d'água por sedimentos, areia ou detritos quaisquer, reduzindo sua profundidade. Utilizando equipamentos denominados dragas, o processo de dragagem consiste nos serviços de desassoreamento, alargamento, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação do leito para remover materiais como solo, sedimentos, rochas, lodo, argila ou areia, com o objetivo de aumentar a profundidade do leito ou a capacidade de escoamento do curso d'água, realizar limpeza e manutenção ou conter enchentes.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas**IE043 - Existem parques lineares em áreas urbanas?**

Responder se existem parques lineares na área urbana total do município. Os parques lineares são implantados em uma faixa ao longo de um rio, córrego ou canal. Constituem-se de intervenções estruturantes de programas ambientais em áreas urbanas destinadas à conservação e à preservação dos recursos naturais, inclusive dos cursos d'água, agregando intervenções de uso humano, principalmente atividades de lazer, cultura, esporte, ciclovias, caminhos de pedestres, entre outras. Os parques têm múltiplas funções, sendo a principal delas, proteger a zona ribeirinha contra ocupações irregulares que possam vir a confinar o corpo d'água e reduzir a largura da área destinada à inundação. Dentre as outras funções que um parque linear pode ter, destacam-se: restauração de várzeas, proteção das margens contra erosão, recomposição da vegetação ciliar, redução da velocidade de escoamento com a redução dos picos de enchentes, redução da poluição difusa, promoção de área de lazer e incremento da área verde. Em termos de ação de manejo das águas pluviais urbanas, o parque linear tem como objetivo aumentar a área de várzea dos rios, ampliando as zonas de inundação e conseqüentemente reduzindo a vazão da água à sua

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

jusante durante as enchentes.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

IE044 - Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas:

Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes da área urbana total do município que têm suas margens protegidas por parques lineares.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

Unidade: Quilômetros

IE061L - Lista de Parques

Lista de Parques

Bloco: 2.2.1 - Corpos receptores do lançamento de águas pluviais

IE050 - Existe algum tipo de tratamento das águas pluviais?

Selecionar, entre as opções apresentadas, os tipos de tratamento regulares das águas pluviais que existem na área urbana total do município. Considera-se tratamento das águas pluviais aqueles que possibilitem melhorar as condições de drenagem e de qualidade da água pluvial, frente ao aumento do escoamento e da carga de poluição difusa. Os tipos de tratamento podem ter origem não estrutural, ou seja, aqueles que utilizam meios naturais e de controle na fonte para reduzir a geração do escoamento e a carga poluidora; ou origem estrutural, como a retenção temporária do escoamento, podendo-se promover o tratamento físico-químico e microbiológico da água. Esses sistemas permitem o controle quali-quantitativo da vazão gerada na bacia, seja pelo armazenamento temporário do volume escoado, seja pela redução da carga poluidora. Caso não exista nenhum tipo de tratamento, selecione a opção correspondente.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

IE050A - Especifique qual é o outro tipo de tratamento das águas pluviais informado em IE050:

Informar quais os outros tipos de tratamento das águas pluviais adotados no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em IE050.

Bloco: 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

IE051 - Tipo:

Informar neste campo o tipo de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações, ou seja, se se trata de reservatórios, bacias de retenção ou detenção, lagos, piscinões, tanques artificiais ou outro tipo. Os reservatórios têm a mesma função das bacias de detenção, porém com dimensões superiores. Entre suas vantagens estão a possibilidade de acomodar as diferentes amplitudes de vazões de cheia, a criação de um espaço ambiental agradável e a redução do material sólido, melhorando assim a qualidade da água. As bacias de retenção mantêm a água de escoamento armazenada por um longo período, de modo que haja a decantação de partículas sólidas, conduzindo a uma redução da carga de poluentes de origem pluvial. As bacias de detenção, por sua vez, são utilizadas principalmente como medida de controle de inundações, sendo a remoção de poluentes um objetivo complementar. Os lagos são um dos tipos de corpos d'água destinados a receber as águas pluviais coletadas pelos sistemas de drenagem urbana, podendo ser lagos permanentes, ou seja, que não tem interrupções; ou intermitentes, isto é, os lagos que represam água apenas em certos períodos do ano. Os reservatórios para controle de cheias - popularmente conhecidos como "piscinões" - são estruturas que funcionam como detenção ou retenção de água e têm por objetivo reduzir o efeito das enchentes em áreas urbanas, amortecendo a vazão de drenagem de uma determinada bacia hidrográfica. Sua atuação redistribui os escoamentos no tempo e no espaço, permitindo recuperar parte das características de armazenagem dessa bacia. Os tanques artificiais superficiais são estruturas que possuem sua base totalmente apoiada sobre a superfície do solo, destinadas a armazenar fluidos (como as águas pluviais) à pressão atmosférica ou a pressões superiores à atmosférica. Já os tanques subterrâneos são feitos de concreto ao nível do solo, com profundidade considerável (dependendo das características geológicas). Essas estruturas podem ser montadas seguindo o percurso das vias de passagens e em lugares nos quais sua base superior (tampa) possa ter alguma utilidade para otimização dos espaços.

Bloco: 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

IE051A - Especifique qual é o outro tipo de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações informado em IE051:

Informar quais os outros tipos de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações adotados no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em IE051.

Bloco: 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

IE052 - Identificação (nome ou designação dada):

Identificar, por meio do nome ou designação oficial ou pelo qual é usualmente conhecida, a estrutura de amortecimento de vazões de cheias/inundações existente na área urbana total do município.

Bloco: 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

IE058 - Capacidade de reservação:

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Informar a capacidade estrutural efetiva (volume) de reservação ou de retenção das águas pluviais referente à estrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações da área urbana total do município.

Bloco: 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

Unidade: Metros cúbicos

IE061 - Identificação (nome ou designação dada):

Identificar, pelo nome ou designação oficial ou pelo qual é usualmente conhecido, o parque linear existente na área urbana total do município.

Bloco: 2.3.2 - Parques lineares

IE064 - Área ocupada total:

Informar a área total ocupada pelo parque linear, situada dentro da área urbana total do município.

Bloco: 2.3.2 - Parques lineares

Unidade: Metros quadrados

IE068 - Outra infraestrutura (especificar):

Descrever e caracterizar, incluindo informações como nome, tipo, extensão, área, volume (quando se aplique), a infraestrutura relevante para o sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, existente na área urbana total do município, que faça parte do sistema público de retenção ou contenção das águas pluviais para amortecer as vazões de cheias/inundações no município e que não tenha sido especificada nos campos anteriores.

Bloco: 2.3.3 - Outras infraestruturas

IE069 - Qual a proporção do sistema exclusivo em relação ao total?

Qual a proporção do sistema exclusivo em relação ao total?

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE070 - Qual a proporção do sistema unitário em relação ao total?

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Qual a proporção do sistema unitário em relação ao total?

Bloco: 1 - Documentação técnica

IE999 - Campo para Observações, esclarecimentos ou sugestões

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário de Infraestrutura.

Bloco: 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

Dados operacionais (Operacional)

OP001 - No ano de referência, quais das seguintes intervenções ou manutenções foram realizadas no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos d'água da área urbana do município?

Caso tenham sido realizadas intervenções (tais como dragagem, desassoreamento, limpeza etc.) ou manutenções (preventivas ou corretivas) no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos d'água da área urbana do município durante o ano de referência, indicar, entre as opções de resposta, quais tipos dessas atividades foram executados. Os serviços de manutenção e conservação periódica dos sistemas de drenagem urbana incluem a limpeza e a conservação periódica das unidades que compõem o sistema de drenagem urbana, tais como bocas de lobo, redes coletoras, emissários, dispositivos de amortecimento de vazão, bacias de dissipação de energia etc. Essas atividades são classificadas em: limpeza e retirada de detritos que impeçam o bom funcionamento dos dispositivos de captação que estão localizados em pontos convenientes, em geral nas faixas de vias públicas, para captação de águas pluviais (bocas de lobo, caixas com grelhas, ralos etc.); limpeza e retirada de detritos que impeçam o bom funcionamento das galerias (canais fechados construídos para o escoamento das águas de chuva); dragagem e limpeza de canais através de uma draga, com a finalidade de limpar o fundo, retirando depósitos de areia, lama, objetos, de modo a permitir a recuperação das dimensões da seção de escoamento do canal; e varrição e limpeza de vias, ruas, avenidas, becos e praças localizados na área urbana; ou outra atividade.

Bloco: 1 - Informações operacionais sobre Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

OP001A - Especifique qual é a outra intervenção ou manutenção realizada no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos de água da área urbana do município informada no campo OP001:

Informar quais os outros tipos de intervenção ou manutenção foram realizados no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos de água da área urbana do município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em OP001.

Bloco: 1 - Informações operacionais sobre Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

OP999 - Campo para Observações, esclarecimentos ou sugestões

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário Operacional.

Bloco: 2 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

Dados sobre gestão de risco (Gestão de Riscos)

RI001 - Com relação à gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas, indique quais das seguintes instituições existem no município:

Indicar quais instituições (implementadas até o ano de referência), apresentadas entre as opções de resposta, existem no município e contribuem com a gestão de riscos e resposta a desastres especialmente relacionados a problemas com a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Caso haja outras instituições que atuem nesta área, indicar na opção Outras. Se não existe nenhuma instituição no município que atue na gestão de riscos e resposta a desastres, informar na opção correspondente.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI001A - Especifique qual é a outra instituição que atua na prevenção de riscos e resposta a desastres no município, informada no campo RI001:

Informar quais as outras instituições que atuam na prevenção de riscos e resposta a desastres no município e que não foram citadas nas opções de resposta apresentadas em RI001.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI002 - Quais das intervenções ou situações a seguir existem na área rural a montante das áreas urbanas do município, com potencial de colocar em risco ou provocar interferências no sistema de drenagem e no manejo das águas pluviais urbanas?

Informar sobre a existência de intervenções ou situações na área rural situada a montante das áreas urbanas do município, existentes no ano de referência, que possam colocar em risco ou interferir no sistema de drenagem e no manejo das águas pluviais urbanas. Para esclarecimento, "montante" é todo ponto de referência ou secção de um rio que se situa antes de um ponto referencial qualquer. Sendo assim, a foz de um rio é o ponto mais a jusante deste rio, assim como a nascente é o seu ponto mais a montante. As definições a seguir dizem respeito às opções de resposta predefinidas. As barragens, em geral, são barreiras dotadas de uma série de comportas ou outros mecanismos de controle, construídas transversalmente a um rio, para controlar o nível das águas de montante, regular o escoamento ou derivar suas águas para canais; ou mesmo construídas transversalmente a um vale, para represar a água ou criar um reservatório. Podem ter funções de acumulação (destinam-se a represar água para ser utilizada no abastecimento de cidades, na irrigação ou em produção de energia); de derivação (desviam parte do caudal de um curso de água ou todo o rio); de regularização (destinadas a regularizar o caudal de um rio e evitar grandes variações de nível, ao longo do curso, controlar inundações, melhorar as condições de navegabilidade e reduzir a necessidade de construção de grandes reservatórios a jusante); ou de retenção (destinadas a deter somente os sedimentos transportados pelas águas, permitindo a passagem do líquido). A retificação é qualquer obra ou serviço que tenha por objetivo alterar, total ou parcialmente, o traçado dos cursos d'água ou o seu percurso original. O

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

processo de ocupação urbana iniciado caracteriza-se geralmente por ocupação intensa e desordenada do solo, com a construção de imóveis de forma acelerada e que não leva em consideração padrões técnicos responsáveis por prevenir o desgaste do solo urbano. Os processos de erosão natural podem tornar-se severos quando atuam nas áreas atingidas alguns fatores que intensificam o fenômeno erosivo, tais como a ocupação intensa e desordenada do solo, as condições geológicas e morfológicas características de processos de erosão, o desmatamento, um sistema inadequado de drenagem urbana, o lançamento inadequado de resíduos sólidos, as queimadas, entre outros.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI002A - Especifique qual é a outra intervenção ou situação com potencial de riscos ou interferências no sistema de drenagem informada no campo RI002:

Informar quais as outras intervenções ou situações com potencial de riscos ou interferências no sistema de drenagem existem no município e que não foram citadas nas opções de resposta apresentadas em RI002.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI003 - Instrumentos de controle e monitoramento hidrológicos existentes no município e que estiveram em funcionamento durante o ano de referência:

Caso o município faça uso de instrumentos para o controle e o monitoramento hidrológicos, deve-se indicar, entre as opções apresentadas, quais instrumentos estiveram em operação e em uso efetivo durante o ano de referência. Caso o município não possua nenhum instrumento, selecionar a opção correspondente. A seguir, as definições de cada uma das opções de resposta predefinidas. Pluviógrafo: Pluviômetro que registra automaticamente e normalmente, sob a forma de gráfico, a quantidade acumulada de precipitação em função do tempo; Pluviômetro: Instrumento para medir a quantidade de precipitação que cai em um local, em um momento determinado; Linígrafo: Instrumento registrador de níveis de água, em função do tempo; Régua (ou escala) limnimétrica ou fluviométrica: Escala construída em madeira, ferro esmaltado, alumínio ou plástico, colocada adequadamente na seção de um rio, com a finalidade de permitir a medição da profundidade da água em diferentes momentos.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI003A - Especifique qual é o outro instrumento de controle e monitoramento hidrológico informado no campo RI003:

Informar quais os outros instrumentos de controle e monitoramento hidrológico existem no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em RI003.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI004 - Dados hidrológicos monitorados no município e metodologia de monitoramento:

Informar quais dados hidrológicos foram monitorados no município no ano de referência. Para cada dado, informar também a frequência ou metodologia de monitoramento adotada. Os dados pedidos neste item são: quantidade de chuva e nível de água dos cursos d'água da área urbana do município. Caso outro dado hidrológico tenha sido monitorado no ano de referência, informar o tipo e a metodologia de monitoramento na opção correspondente. No que concerne às diferentes metodologias, o registro é uma tabulação de características hidrológicas observadas (por exemplo, níveis d'água, vazões etc.) em determinada estação, durante certo tempo. O registro pode ser realizado por observadores em campo que fazem periodicamente a leitura da medição do instrumento ou, de forma automática, por dispositivos de coleta e armazenamento dos dados integrados ao instrumento de medição. As frequências de amostragem determinam de quanto em quanto tempo cada registro é obtido (se diariamente, ou seja, uma vez por dia; se por frequência horária, ou seja, a cada hora obtém-se um registro; ou por frequência sub-horária, ou seja, os registros são obtidos a cada período inferior a uma hora). Por fim, a telemetria corresponde ao registro a distância de informações fornecidas por instrumentos de medição. A transmissão dos dados de estações hidrológicas pode ser realizada em tempo real por rádio, satélite ou rede de telefonia celular.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI004A - Especifique qual é o outro dado hidrológico monitorado no município e sua metodologia de monitoramento informados no campo RI004:

Informar quais os outros dados hidrológicos monitorados no município e quais as metodologias de monitoramento que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em RI004.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI005 - Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações) no município?

Se no município existem ou passaram a existir, no ano de referência, sistemas de alerta de riscos hidrológicos impactantes, marcar a resposta "sim". Entende-se por "sistema de alerta" o sistema de transmissão rápida de dados que ative mecanismos de alarme em uma população previamente treinada para reagir a um desastre, por exemplo, em decorrência a eventos hidrológicos impactantes. Um risco hidrológico pode ser representado, por exemplo, por chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água, provocando alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Como exemplo de sistemas de alerta, tem-se os equipamentos de som e de alarme, os equipamentos de radiocomunicação, os sistemas de telecomunicação, entre outros.

Bloco: 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

RI007 - Existe cadastro ou demarcação de marcas históricas de inundações?

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Informação sobre a existência de cadastro ou demarcação de marcas históricas de inundações dos cursos d'água presentes nas áreas urbanas do município. Entende-se por “inundação” o transbordamento de rios e canais que, durante ou após precipitações intensas, são incapazes de suportar a vazão resultante, causando a submersão das áreas marginais que não são habitualmente submersas. Em períodos de inundações, é também possível medir o nível da água e conseqüentemente a cota em que ela se encontra, assim possibilitando saber quais áreas estão ou podem ser inundadas. O registro das cotas do nível máximo da água em cada inundação ocorrida configura-se em cadastro de marcas históricas de inundações.

Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco

RI009 - Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?

Informar se já foi feito, até o ano de referência, o mapeamento das áreas de risco de inundação dos córregos e rios urbanos do município. Entende-se por “mapeamento de áreas de risco” o levantamento ou medição das áreas onde existe a possibilidade de ocorrência de eventos adversos. O mapa de risco é um documento gráfico e textual para identificar o cenário de riscos, ameaças e condições de vulnerabilidades da população. Significa imaginar para antecipar mentalmente como pode ver-se afetada uma comunidade determinada. Um mapa de riscos de uma comunidade ou área geográfica assinala os lugares e construções – casas, escolas, instalações etc. – que poderiam ver-se adversamente afetados em uma situação de emergência. Para isso é preciso determinar no mapa as zonas e elementos que se encontram em risco. Deve ser elaborado a partir de atividades de consulta com pessoas e grupos com diferentes especialidades (inclusive de crianças e adolescentes), discutindo as alternativas para reduzir o risco. A avaliação dos riscos realizada coletivamente constitui um poderoso instrumento de educação e influencia a comunidade para aumentar a consciência pública sobre os riscos de desastres. Também facilita a participação na tomada de decisões, a planificação das ações para a resposta e para o desenvolvimento. Os envolvidos na elaboração do mapa percorrem a comunidade para o reconhecimento das diferentes áreas afetadas ou potencialmente afetadas. Alguns dos elementos a considerar para elaborar um mapa de riscos são: limites territoriais; vias de acesso; recursos naturais; infraestrutura de todo tipo; escolas, centros de saúde; outros equipamentos sociais; lugares produtivos (cultivos); redes de água potável; depósitos de lixo; sistema de drenagem; acesso à energia elétrica; áreas seguras mais próximas; áreas mais afetadas; informação epidemiológica; meios de comunicação.

Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco

RI010 - O mapeamento é parcial ou integral?

Em caso de resposta “sim” à pergunta RI009, informar se o mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos abrange totalmente as áreas urbanas do município (mapeamento integral) ou apenas parte delas (mapeamento parcial).

Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco

RI011 - Qual percentual da área total do município está mapeada?

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Se o mapeamento de áreas de risco de inundação no município for parcial, ou seja, se apenas parte dos cursos d'água da área urbana foi mapeada quanto aos riscos de inundação, informar o intervalo estimado da porcentagem das áreas urbanas do município mapeadas até o último dia do ano de referência.

Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco

RI012 - Tempo de recorrência (ou período de retorno) adotado para o mapeamento

Informar o tempo de recorrência (ou período de retorno), em anos, adotado para a realização do mapeamento das áreas de risco de inundação dos cursos d'água localizados na área urbana do município. Entende-se por "tempo de recorrência" ou "período de retorno" o intervalo de tempo médio que separa duas ocorrências de um evento caracterizado por uma variável aleatória única. Normalmente, esta medida de tempo é utilizada nos mapeamentos como o intervalo de tempo médio para que um evento crítico (como por exemplo, uma chuva torrencial) seja igualado ou superado, servindo como base ao planejamento das ações e infraestruturas de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.

Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco

Unidade: Anos

RI013 - Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação

Informar a quantidade cadastrada ou estimada de domicílios urbanos existentes no município, até o último dia do ano de referência, que se encontram suscetíveis a riscos de inundação, tendo ou não sido atingidos por eventos hidrológicos impactantes. Entende-se por "domicílio" o local de moradia estruturalmente separado e independente, constituído por um ou mais cômodos.

Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco

Unidade: Domicílios

RI022 - Número de enxurradas na área urbana do município, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de enxurradas ocorridas na área urbana do município nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por "enxurrada" o volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Enxurradas

RI023 - Número de enxurradas na área urbana do município, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de enxurradas ocorridas na área urbana do município, no ano de referência, que foi registrada no S2ID, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “enxurrada” o volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Enxurradas

RI024 - Número de alagamentos na área urbana do município, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de pontos de alagamentos ocorrida na área urbana do município, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. O “alagamento” constitui-se em água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano devido a fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Alagamentos

RI025 - Número de alagamentos na área urbana do município, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de pontos de alagamentos ocorridos na área urbana do município, no ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

pública por aquele órgão. O “alagamento” constitui-se em água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano devido a fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Alagamentos

RI026 - Número de inundações na área urbana do município, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de inundações ocorridas na área urbana do município, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Considera-se “inundação” o transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Inundações

RI027 - Número de inundações na área urbana do município, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de inundações ocorridas na área urbana do município, no ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Considera-se “inundação” o transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Inundações

RI028 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de total de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Consideram-se pessoas desabrigadas aquelas cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessitam de abrigo provido pelo Sistema (administração pública federal, estadual ou municipal); consideram-se pessoas desalojadas aquelas que foram obrigadas a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, carecem de abrigo provido pelo Sistema. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Pessoas

RI029 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de total de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes, ocorridos no ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Consideram-se pessoas desabrigadas aquelas cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessitam de abrigo provido pelo Sistema (administração pública federal, estadual ou municipal); consideram-se pessoas desalojadas aquelas que foram obrigadas a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, carecem de abrigo provido pelo Sistema. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Pessoas

RI030 - Número de óbitos, na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de total de óbitos (mortes humanas), na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Óbitos

RI031 - Número de óbitos, na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):

Informação sobre a quantidade de total de óbitos (mortes humanas), na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Óbitos

RI032 - Número de imóveis urbanos atingidos por eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência:

Quantidade de imóveis urbanos atingidos por eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência. Entende-se por eventos hidrológicos impactantes: alagamentos, enxurradas ou inundações. Os imóveis urbanos incluem: domicílios (unidades residenciais), unidades comerciais, unidades industriais, unidades comerciais, unidades de saúde, unidades públicas (escolas, prefeitura, hospitais etc) e outras unidades.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes**Unidade:** Imóveis**RI042 - No ano de referência, houve alojamento ou reassentamento de população residente em área de risco hidrológico no município, durante ou após eventos hidrológicos impactantes?**

Informar se houve ou não providências de alojamento ou reassentamento de população residente em área de risco hidrológico na área urbana do município, no ano de referência, promovidos pela administração pública federal, estadual ou municipal, tendo sido motivados por eventos hidrológicos impactantes. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Entende-se por “alojamento ou reassentamento” o procedimento de deslocamento e relocação de pessoas e de bens, desde um local onde ocorreu ou haja risco de ocorrer um desastre, até uma área segura e isenta de risco, para instalações que proporcionam hospedagem às pessoas necessitadas (abrigos, albergues, acampamentos, alojamentos etc.), de maneira provisória ou permanente.

Bloco: 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes**RI043 - Quantidade de pessoas transferidas para habitações provisórias durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência:**

Informar a quantidade de pessoas transferidas temporariamente para habitações providenciadas pela administração pública federal, estadual ou municipal, durante ou após a ocorrência de eventos hidrológicos impactantes na área urbana do município no ano de referência. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Entende-se por “habitações provisórias” as instalações que proporcionam hospedagem, de forma temporária, a pessoas necessitadas (abrigos, albergues, acampamentos, alojamentos etc.).

Bloco: 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes**Unidade:** Pessoas**RI044 - Quantidade de pessoas realocadas para habitações permanentes durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência:**

Informar a quantidade de pessoas transferidas em caráter definitivo para habitações providenciadas pela administração pública federal, estadual ou municipal, durante ou após a ocorrência de eventos hidrológicos impactantes na área urbana do município no ano de referência. Entende-se por “eventos

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. As “habitações permanentes” são instalações que proporcionam abrigo, de forma definitiva, a pessoas necessitadas.

Bloco: 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Pessoas

RI045 - Houve atuação (federal, estadual ou municipal) para reassentamento da população e/ou para recuperação de imóveis urbanos afetados por eventos hidrológicos impactantes?

Informar se houve algum tipo de intervenção da administração pública federal, estadual ou municipal em ações para reassentamento da população e/ou para recuperação de imóveis urbanos afetados pelos eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência. Exemplos de intervenções incluem: doação de recursos financeiros e/ou materiais, execução de obras e/ou serviços, programas de habitação social etc. Entende-se por eventos hidrológicos impactantes: alagamentos, enxurradas ou inundações.

Bloco: 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes

RI064 - Número de enxurradas na área urbana do município, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:

Informar a quantidade de enxurradas ocorridas na área urbana do município, que até o fim do ano de referência não foi informada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Entende-se por “enxurrada” o volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Enxurradas

RI065 - Número de alagamentos na área urbana do município, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:

Informar a quantidade de pontos de alagamentos ocorridos na área urbana do município, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. O “alagamento” constitui-se em água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

devido a fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Alagamentos

RI066 - Número de inundações na área urbana do município, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:

Informar a quantidade de inundações ocorridas na área urbana do município, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Considera-se “inundação” o transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Inundações

RI067 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas na área urbana do município devido a eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:

Informar a quantidade de total de pessoas desabrigadas ou desalojadas na área urbana do município devido a eventos hidrológicos impactantes, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Consideram-se pessoas “desabrigadas” aquelas cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessitam de abrigo provido pelo Sistema (administração pública federal, estadual ou municipal); consideram-se pessoas “desalojadas” aquelas que foram obrigadas a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, carecem de abrigo provido pelo Sistema. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Pessoas**RI068 - Número de óbitos na área urbana do município decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:**

Informar a quantidade de total de óbitos (mortes humanas) na área urbana do município, decorrente de eventos hidrológicos impactantes, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes**Unidade:** Óbitos**RI069 - Quantidade de enxurradas, alagamentos e inundações nos últimos 5 anos**

Quantidade de enxurradas, alagamentos e inundações nos últimos 5 anos

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes**Unidade:** Ocorrências**RI070 - Quantidade de óbitos por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos**

Quantidade de óbitos por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes**Unidade:** Óbitos**RI071 - Quantidade de desabrigados ou desalojados por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos**

Quantidade de desabrigados ou desalojados por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Bloco: 3 - Eventos hidrológicos impactantes

Unidade: Pessoas

RI999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário de Gestão de Riscos.

Bloco: 5 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

ANEXO B - GLOSSÁRIO DE INDICADORES - SNIS-AP 2022

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento



Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas
Glossário de indicadores

2022

Dados gerais (Geral)

| IN042 - Parcela de área urbana em relação à área total | | |
|--|--|------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{GE002}{GE001} \times 100$ | GE001 - Área territorial total do município (Fonte: IBGE); GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas: | Percentual |
| <p>Finalidade: Informar a parcela de área urbana em relação à área total do município. Partindo-se do princípio de que a maior parte da infraestrutura de DMAPU é planejada para a área urbana, esse indicador, em conjunto com outros indicadores, auxiliará a avaliação da eficiência da gestão do sistema. Por exemplo: em municípios com altos valores de IN042 é de se esperar que os recursos destinados à DMAPU sejam proporcionalmente maiores que em municípios onde esse indicador é menor.</p> | | |

| IN043 - Densidade Demográfica na Área Urbana | | |
|---|--|----------------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{GE006}{GE002} \times 100$ | GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas; GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo): | Pessoas por hectares |
| <p>Finalidade: Determinar a densidade demográfica na área urbana. Contribui para avaliar o índice de impermeabilização global da área urbana por meio de correlações disponíveis em literatura e em planos de drenagem. Alta densidade demográfica indica alto índice de impermeabilização, coeficientes de escoamento superficial maiores. Quanto maior o coeficiente de escoamento, maior a parcela da chuva que escoar pela superfície e maior é o carregamento do sistema de drenagem.</p> | | |

| IN044 - Densidade de Domicílios na Área Urbana | | |
|---|---|-------------------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{GE008}{GE002} \times 100$ | GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas; GE008 - Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município: | Domicílios por hectares |
| <p>Finalidade: Determinar a densidade de domicílios na área urbana. Assim como o IN043, contribui para avaliar o índice de impermeabilização global da área urbana por meio de correlações disponíveis em literatura e em planos de drenagem. Muitos autores e projetistas preferem utilizar a densidade de domicílios para estimar o coeficiente de escoamento superficial médio. Existem curvas de correlação calibradas para diversas cidades que podem ser utilizadas para estimativa.</p> | | |

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
Dados financeiros (Financeiro)

| IN001 - Participação do Pessoal Próprio Sobre o Total de Pessoal Alocado nos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas | | |
|--|--|------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{AD001}{AD003} \times 100$ | AD001 - Quantidade de pessoal próprio alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; AD003 - Quantidade total de pessoal alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; | Percentual |
| Finalidade: Medir o contingente de recursos humanos do município (pertencente ao corpo do funcionalismo público) que trabalha nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, em relação ao contingente total. Indica a força de trabalho própria envolvida nos serviços de drenagem. | | |

| IN006 - Receita Operacional Média do Serviço por Unidades Tributadas | | |
|---|---|-----------------------------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{FN005}{CB003}$ | CB003 - Quantidade total de imóveis urbanos tributados pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; FN005 - Receita operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; | Reais por unidades tributadas ano |
| Finalidade: Medir a taxa média anual de serviços de drenagem cobrada, dividida somente pelas edificações tributadas. Fornece o valor da taxa média real, considerando somente as edificações oneradas pela taxa de drenagem. | | |

| IN010 - Participação da Despesa Total dos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas na Despesa Total do Município | | |
|--|--|------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{FN016}{FN012} \times 100$ | FN012 - Despesa total do município (SAÚDE, EDUCAÇÃO, PAGAMENTO DE PESSOAL, ETC.); FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; | Percentual |
| Finalidade: Avaliar o nível de prioridade dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas nos municípios quanto ao esforço financeiro realizado para a manutenção, melhorias e ampliação dos serviços. | | |

| IN050 - Diferença relativa entre despesas e receitas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais urbanas | | |
|---|------------------------|---------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| | | |

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

| | | |
|--|--|------------|
| $\frac{(FN009 - FN016)}{FN009} \times 100$ | FN009 - Receita total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: | Percentual |
|--|--|------------|

Finalidade: Medir o quanto as despesas são maiores ou menores que as receitas dos serviços de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas.

IN054 - Investimentos totais desembolsados em relação aos investimentos totais contratados

| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
|-----------------------|--|------------|
| $\frac{FN023}{FN022}$ | FN022 - Investimento total em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratado pelo município no ano de referência: FN023 - Desembolso total de investimentos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizado pelo município no ano de referência: | Percentual |

Finalidade: Estimar quanto do investimento contratado para o ano de referência foi efetivamente desembolsado.

IN005 - Taxa Média Praticada para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
|-----------------------|--|------------------------|
| $\frac{FN005}{GE007}$ | FN005 - Receita operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: GE007 - Quantidade total de imóveis existentes na área urbana do município: | Reais por unidades ano |

Finalidade: Medir a taxa média anual de serviços de drenagem cobrada no município, dividida pelo total de edificações, incluindo os que são tributados e os que não são tributados. Fornece o valor da taxa média, caso todas as edificações pagassem a taxa de drenagem.

IN009 - Despesa Média Praticada para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
|-----------------------|--|------------------------|
| $\frac{FN016}{GE007}$ | FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: GE007 - Quantidade total de imóveis existentes na área urbana do município: | Reais por unidades ano |

Finalidade: Medir a despesa média com os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas por edificação.

IN048 - Despesa per capita com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
|---------|------------------------|---------|
|---------|------------------------|---------|

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

| | | |
|-----------------------|---|-------------------------|
| <u>FN016</u> GE006 | FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo); | Reais por habitante ano |
|-----------------------|---|-------------------------|

Finalidade: Medir a despesa média por habitante urbano com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.

IN049 - Investimento per capita em drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas

| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
|-----------------------|--|-------------------------|
| <u>FN022</u> GE006 | FN022 - Investimento total em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratado pelo município no ano de referência: GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo); | Reais por habitante ano |

Finalidade: Medir o investimento médio por habitante urbano com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.

IN053 - Desembolso de investimentos per capita

| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
|-----------------------|--|-------------------------|
| <u>FN023</u> GE006 | FN023 - Desembolso total de investimentos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizado pelo município no ano de referência: GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo); | Reais por habitante ano |

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
Dados de infraestrutura (Infraestrutura)

| IN020 - Taxa de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município | | |
|--|--|------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{IE019}{IE017} \times 100$ | IE017 - Extensão total de vias públicas urbanas do município; IE019 - Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante): | Percentual |
| Finalidade: Medir a extensão de vias pavimentadas em relação à extensão total de vias existentes nas áreas urbanas dos municípios. | | |
| IN021 - Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{IE024}{IE017} \times 100$ | IE017 - Extensão total de vias públicas urbanas do município; IE024 - Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos: | Percentual |
| Finalidade: Medir a relação entre a extensão de vias urbanas com canais subterrâneos e a extensão total de vias urbanas. | | |
| IN025 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes em Área Urbana com Parques Lineares | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{IE044}{IE032} \times 100$ | IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas; IE044 - Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas: | Percentual |
| Finalidade: Avaliar a extensão de cursos d'água com parques lineares em relação à extensão total de cursos d'água em áreas urbanas. | | |
| IN026 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Aberta | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{IE034}{IE032} \times 100$ | IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas; IE034 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos em áreas urbanas: | Percentual |
| Finalidade: Avaliar a proporção de cursos de água perenes canalizados a céu aberto em relação ao total de cursos de água urbanos. | | |

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

| IN027 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Fechada | | |
|--|--|--|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{IE035}{IE032} \times 100$ | IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas; IE035 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados fechados em áreas urbanas; | Percentual |
| Finalidade: Avaliar a parcela de cursos de água naturais, perenes que foram canalizados em galerias fechadas. | | |
| IN029 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Diques | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{IE033}{IE032} \times 100$ | IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas; IE033 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com diques em áreas urbanas; | Percentual |
| Finalidade: Avaliar a extensão de cursos de água dotados de diques laterais para a proteção de áreas de várzea ocupadas. | | |
| IN035 - Volume de reservação de águas pluviais por unidade de área urbana | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{\sum IE058}{GE002}$ | GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas; IE058 - Capacidade de reservação; | Metros cúbicos por quilômetros quadrados |
| Finalidade: Medir o volume total dos reservatórios de amortecimento em relação à área urbana. | | |
| IN051 - Densidade de captações de águas pluviais na área urbana | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{IE021 + IE022}{GE002}$ | GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas; IE021 - Quantidade de bocas de lobo existentes no município; IE022 - Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município; | Unidades por quilômetro quadrado |
| Finalidade: Medir a densidade do total de captações de águas pluviais (bocas de lobo + bocas de leão) por unidade de área urbana. | | |

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
Dados sobre gestão de risco (Gestão de Riscos)

| IN040 - Parcela de Domicílios em Situação de Risco de Inundação | | |
|--|---|-------------------------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{RI013}{GE008} \times 100$ | GE008 - Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município; RI013 - Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação | Percentual |
| Finalidade: Avaliar a quantidade de domicílios urbanos sujeitos a riscos de inundação em relação à quantidade total de domicílios urbanos do município. | | |
| IN041 - Parcela da População Impactada por Eventos Hidrológicos | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{RI029 + RI067}{GE006} \times 100$ | GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo); RI029 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID); RI067 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas na área urbana do município devido a eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil: | Percentual |
| Finalidade: Avaliar a parcela da população afetada desabrigada ou desalojada devido à ocorrência de inundações. | | |
| IN046 - Índice de Óbitos | | |
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{(RI031 + RI068) \times 10^5}{GE006}$ | GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo); RI031 - Número de óbitos, na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID); RI068 - Número de óbitos na área urbana do município decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil: | Óbitos por 100 mil habitantes |
| Finalidade: Estimar o índice de óbitos provocado por eventos hidrológicos no padrão adotado pelos órgãos de saúde pública, alinhado à taxa de mortalidade específica para causas externas, medida em óbitos por 100.000 habitantes. | | |

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

| IN047 - Habitantes Realocados em Decorrência de Eventos Hidrológicos | | |
|---|--|--------------------------------|
| Equação | Informações Envolvidas | Unidade |
| $\frac{(RI043 + RI044)}{GE005} \times 10^5$ | GE005 - População total residente no município (Fonte: IBGE): RI043 - Quantidade de pessoas transferidas para habitações provisórias durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência: RI044 - Quantidade de pessoas realocadas para habitações permanentes durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência: | Pessoas por 100 mil habitantes |
| Finalidade: Estimar a relação entre habitantes realocados em decorrência de eventos hidrológicos e a população total do município. | | |