

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**Aplicação de método multicritério na identificação de
abrigo para população afetada por inundações: estudo de
caso em Itajubá - MG**

André Luiz Mendes Vilela

Itajubá, 2026

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**Aplicação de método multicritério na identificação de
abrigos para população afetada por inundações: estudo de
caso em Itajubá - MG**

André Luiz Mendes Vilela

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos (POSMARH) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), como requisito parcial para obtenção do título de mestre em meio ambiente e recursos hídricos.

Área de Concentração: Gestão e Conservação da Natureza

Orientação: Prof. Dra. Nívea Adriana Dias Pons – UNIFEI

Coorientação: Prof. Dr. Benedito Claudio da Silva – UNIFEI

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos professores e profissionais que inspiram a busca por soluções que minimizem os impactos dos desastres naturais e promovam a segurança das populações vulneráveis.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido em um dos momentos mais desafiadores da minha vida. Enfrentei dificuldades físicas e emocionais após uma cirurgia de urgência para tratar a Síndrome da Cauda Equina, um processo que exigiu força, resiliência e, acima de tudo, o apoio das pessoas que mais amo.

Agradeço, em primeiro lugar, ao meu pai, Mauro, por seu apoio incondicional e emocional. Sua presença firme me deu segurança para seguir em frente.

À minha mãe, Auxiliadora, que mesmo a distância me ofereceu amor, acolhimento e fé nos momentos mais difíceis, minha eterna gratidão.

Aos meus irmãos que moram em outros estados, João Vitor, que esteve sempre ao meu lado com companheirismo e cuidado, e Luiz Felipe, pela força e incentivo ao longo dessa jornada, deixo meu sincero agradecimento.

À Fabianne, agradeço pela parceria, pelo carinho, paciência e apoio constante. Sua presença foi essencial para que eu não desanimasse.

Agradeço à minha orientadora, professora Nívea, e ao meu coorientador, professor Benedito, pela paciência, pelos conselhos, pelas correções cuidadosas e pela dedicação em me orientar neste percurso.

Aos meus colegas de turma do POSMARH, com quem compartilhei aprendizados, desafios e alegrias, deixo meu agradecimento pela amizade. Foi uma honra fazer parte da “turma mais unida do POSMARH”.

Aos professores do POSMARH, minha sincera gratidão pelo compromisso com o ensino e pela excelência acadêmica que nos inspiram diariamente.

Agradeço, ainda, aos especialistas que gentilmente aceitaram colaborar com a definição dos critérios utilizados na aplicação do método AHP. Suas contribuições foram fundamentais para a construção e a qualidade desta pesquisa.

Por fim, agradeço a Deus pela oportunidade da vida, por me conceder força nos dias difíceis e por colocar pessoas tão especiais no meu caminho. Sem Ele, nada disso teria sido possível.

"Há uma saída para toda caixa, uma solução para todo enigma; é apenas uma questão de encontrá-la."

Capitão Jean-Luc Picard, Star Trek: The Next Generation

RESUMO

Muitas cidades brasileiras sofrem com a recorrência de inundações e, em Itajubá, no sul de Minas Gerais, localizada dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, a situação se agrava nos períodos chuvosos, principalmente devido à impermeabilização do solo. As inundações ocasionam problemas econômicos, sociais e ambientais e, apesar dos registros históricos, o município não possui um plano de gerenciamento de risco completo para a seleção de abrigos temporários, que deve considerar estratégias, critérios e subcritérios específicos. Ferramentas de geoprocessamento são essenciais para monitorar e avaliar regiões propícias a inundações. Este trabalho teve como objetivo identificar e selecionar critérios técnicos, ambientais e socioespaciais relevantes para a definição e classificação de locais adequados para abrigo temporário da população afetada por inundações, utilizando geoprocessamento e análise multicritério pelo método do Processo de Análise Hierárquica (AHP). Foram definidos os graus de risco à inundação, caracterizada a população vulnerável e hierarquizados critérios e subcritérios como distância dos rios, concentração de abrigos e altitude para apoiar a tomada de decisão. Os resultados indicaram aproximadamente 35.415 pessoas vulneráveis, superando estimativas oficiais. A análise espacial revelou que a concentração de abrigos considerados no Plano de Contingência Municipal está em áreas de alta suscetibilidade à inundação (“Inadequadas para abrigos” ou “Pouco Adequadas”). Nas áreas seguras para abrigos temporários foram identificadas 55 instituições que podem oferecer 12.932 acomodações; em áreas pouco adequadas, 24 instituições com 3.736 acomodações; e em áreas adequadas, 25 instituições com 5.697 acomodações, enquanto áreas totalmente adequadas permanecem subutilizadas. A implantação de abrigos ao ar livre (*ShelterBox*) mostrou-se limitada, com capacidade para 52 pessoas. A hierarquização realizada evidenciou a predominância das variáveis físicas, especialmente altitude e distância de rios. O estudo demonstrou que a integração do geoprocessamento com a análise multicritério permitiu identificar áreas seguras, orientar a alocação de abrigos temporários e fornecer subsídios à revisão de planos de contingência e de políticas públicas, com potencial de replicabilidade em outros municípios da bacia, contribuindo para a redução de riscos e o aumento da segurança

da população frente a eventos hidrológicos extremos.

Palavras chaves: Eventos hidrológicos extremos. Sistemas de informação geográfica. Gestão de riscos. Tomada de decisão.

ABSTRACT

Many Brazilian cities face recurrent flooding, and in Itajubá, located in southern Minas Gerais within the Sapucaí River Basin, the situation worsens during rainy periods, mainly due to increased soil impermeabilization. Floods cause economic, social, and environmental impacts, and despite historical records, the municipality lacks a comprehensive risk management plan for selecting temporary shelters, which should consider specific strategies, criteria, and subcriteria. Geoprocessing tools are essential for monitoring and evaluating flood-prone areas. This study aimed to analyze criteria for selecting shelter locations in flood-risk areas using geoprocessing and multi-criteria analysis through the AHP method. Flood risk levels were defined, the vulnerable population was characterized, and criteria and subcriteria were hierarchized to support decision-making. The results indicated approximately 35,415 people exposed, exceeding official estimates. Spatial analysis revealed a concentration of shelters in high-susceptibility areas (“Inadequate” or “Low Suitability”). In safe areas, 55 institutions with 12,932 accommodations were identified; in low-suitability areas, 24 institutions with 3,736 accommodations; and in suitable areas, 25 institutions with 5,697 accommodations, while fully suitable areas remain underutilized. The deployment of temporary open-air shelters was limited, with capacity for only 52 people. The hierarchy of criteria highlighted the predominance of physical variables, especially altitude and distance from rivers. The study demonstrates that integrating geoprocessing and multi-criteria analysis allows identification of safe areas, supports shelter allocation, and provides technical guidance for updating contingency plans and public policies, with potential replicability in other municipalities in the basin, contributing to risk reduction and increased population safety in the face of extreme hydrological events.

Keywords: Extreme hydrological events. Geographic information systems. Risk management. Decision-making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quantidade de decretos de desastres em geral por UF (2013 a 2024).	8
Figura 2 - Desastre na região serrana do Rio de Janeiro (Nova Friburgo).	12
Figura 3 - Localização dos 821 municípios críticos a serem priorizados.	15
Figura 4 - Localização dos 1.942 municípios críticos a serem priorizados em 2023.....	16
Figura 5 - Percentual de municípios mais susceptíveis a ocorrência de desastres geo- hidrológicos por região.....	18
Figura 6 - Gráfico demonstrando a porcentagem de população em áreas de risco geo- hidrológicos por região brasileira.	18
Figura 7 - Visão das barracas ShelterBox, montadas no Estádio Municipal Raul Ferreira Isidoro no município São José do Vale do Rio Preto – Rio de Janeiro.....	20
Figura 8 - Algumas funções de um alojamento emergencial adequado.	21
Figura 9 - Mapa de localização do município de Itajubá -MG.....	29
Figura 10 - Densidade demográfica considerando o perímetro urbano de Itajubá.	30
Figura 11 - Traçado urbano da cidade de Itajubá (MG).....	31
Figura 12 - Vista aérea do perímetro urbano de Itajubá com destaque para o Rio Sapucaí. 32	
Figura 13 - Mapa de uso e cobertura do solo de Itajubá (MG) do ano de 2024 (Imagem: CBERS 04A de 10 de maio de 2024. Índice Kappa: 98.88%).	33
Figura 14 - Mapa de declividade do perímetro urbano de Itajubá (MG).	35
Figura 15 - Mapa hipsométrico considerando somente o intervalo entre as cotas de inundação de Martins (2022).	36
Figura 16 - Mapa pedológico do perímetro urbano de Itajubá.	37
Figura 17 - Mancha de inundação para o município de Itajubá com cotas da lâmina d'água variando de 844 a 848.	41
Figura 18 - Fluxograma dos processos metodológicos adotados no trabalho.	43
Figura 19 - Dimensões, tamanho do Pixel e Sistema de e referência de coordenadas (SRC) utilizadas para a padronização dos rasters utilizados no método AHP.	56
Figura 20 - Imagem do Qgis 3.34 com os pesos definidos pela média algébrica dos especialistas.	57
Figura 21 - População vulnerável a inundação no município de Itajubá.....	59
Figura 22 – Probabilidade de ocorrência de inundação no município de Itajubá.....	60
Figura 23 - Localização de abrigos seguros para a cota de 845 m de inundação.	61
Figura 24 - Localização de abrigos seguros para a cota de 846 m de inundação.	64
Figura 25 - Localização de abrigos seguros para a cota de 848 m de inundação.	67
Figura 26 - Redução de abrigos em áreas seguras conforme elevação da cota.	69
Figura 27 - Profundidade da lâmina d'água originada pelas manchas de inundação de Martins (2022).....	70
Figura 28 - Mapa do buffer de distância fixa do rio Sapucaí e seus afluentes.....	71
Figura 29 - Mapa de densidade de kernel indicando a concentração dos pontos de abrigos temporários.....	72
Figura 30 – Mapa de áreas prioritárias para abrigos temporários em Itajubá (MG).....	73
Figura 31 - Abrigos localizados fora das áreas inadequadas.	74
Figura 32 - Abrigos localizados fora das áreas pouco adequadas.	77
Figura 33 - Abrigos temporários localizados em áreas adequadas.	79

Figura 34 - Localização das áreas totalmente adequadas para localização de abrigos temporários.....	81
Figura 35 - Localização das áreas ideais para a localização de abrigos temporários <i>ShelterBox</i> em Itajubá, sem considerar as edificações.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos 1.942 municípios mais suscetíveis por estado, população total e percentual da população exposta aos riscos geo-hidrológicos.....	17
Tabela 2 - Classes, extensão e porcentagens de área do uso e ocupação do solo na cidade de Itajubá (MG), ano 2024.	33
Tabela 3 – Probabilidade de ocorrência de inundação com base nas cotas definidas por Martins (2022).....	44
Tabela 4 - Abrigos temporários sugeridos pelo Plancon de Itajubá e propostos nesta pesquisa.	47
Tabela 5 - Importância das classes e seus respectivos pesos.	51
Tabela 6 - Média geométrica da valoração dos critérios determinados pelos especialistas.	53
Tabela 7 - Matriz auxiliar de prioridade média local.	53
Tabela 8 - Soma, média e autovetor prioritário da matriz auxiliar de prioridade média local.	54
Tabela 9 - Matriz auxiliar de base média local ou matriz de comparação par a par multiplicada pelo autovetor.	54
Tabela 10 - Razão entre cada elemento da matriz original (A) e o quociente entre os pesos dos critérios (A').	54
Tabela 11 - Matriz critério de consistência e valor de λ_{max}	55
Tabela 12 - Distribuição dos abrigos temporários por classe de adequabilidade	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos Eventos perigosos em relação à intensidade.....	11
Quadro 2 - Escala de valores AHP para comparação pareada.	27
Quadro 3 - Índices randômicos.	28
Quadro 4 - Informações extraídas da lista dos 1.942 municípios mais suscetíveis às ocorrências de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais. Base de dados utilizada: de 1991 a 2022	38
Quadro 5 - - Relato histórico de cheias em Itajubá	38
Quadro 6 - Grau de Consistência (CR) da valoração dos critérios dos especialistas.	52
Quadro 7 - Abrigos que estão localizados fora da área de inundação de 845 m.....	62
Quadro 8 - Abrigos que estão localizados fora da área de inundação de 846 m.....	65
Quadro 9 - Abrigos que estão localizados fora da área de inundação de 848 m.....	67
Quadro 10 - Instituições que estão fora da área inadequada para abrigos temporários.	74
Quadro 11 - Instituições que estão fora das áreas pouco adequadas para abrigos temporários.....	77
Quadro 12 - Instituições que estão dentro das áreas adequadas para abrigos temporários.	79

Lista de abreviaturas e siglas

AHP – Analytic Hierarchy Process

AMP – Análise Multicritério Ponderada

ANA – Agência Nacional de Águas

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CENAD – Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

EM-DAT – Emergency Events Database

GRRD – Gestão de Risco de Desastres

HAND – Height Above the Nearest Drainage

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE – Modelo Digital de Elevação

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONGs – Organizações Não Governamentais

ONU – Organização das Nações Unidas

OSM – Open Street map

OTB – Orfeu Too Bar

PAC 2 – Programa de Aceleração do Crescimento 2

PIB – Produto Interno Bruto

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SRC – Sistema de Referências de Coordenadas

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	4
2.1	Geral	4
2.2	Específicos	4
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1	Planejamento urbano e os eventos extremos de inundações	5
3.2	Desastres naturais no brasil e no mundo	6
3.3	Classificação de desastres	9
3.4	Gestão de riscos e atualizações em políticas públicas brasileiras	11
3.5	Diretrizes e planejamento para a escolha de abrigos temporários em desastres: normas e experiências no brasil	19
3.6	Geoprocessamento aplicado a gestão de riscos	22
3.7	Aplicação do Processo Hierárquico Analítico – AHP	25
4	ÁREA DE ESTUDO	29
4.1	O município de Itajubá	29
4.2	Características do meio físico da cidade de itajubá	34
4.2.1	Declividade e hipsometria	34
4.2.2	Pedologia	36
4.3	Itajubá no contexto de eventos extremos de inundações	37
4.3.1	Mapeamento da área e risco de inundação na cidade de Itajubá (MG)	39
5	METODOLOGIA	42
5.1	Identificação das áreas de risco à inundação	43
5.2	Definição da probabilidade de ocorrência de inundação	44
5.3	Identificação da população vulnerável à inundação	45
5.4	Definição dos critérios e subcritérios para escolha dos locais de abrigo e AHP	46
5.5	HIERARQUIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS	51
5.5.1	Aplicação da análise multicritério AHP em ambiente SIG	55
5.6	Identificação dos abrigos temporários	57
6	RESULTADOS	59
6.1	População vulnerável a inundação	59
6.2	Probabilidade de ocorrência de inundação	60
6.3	Relação entre o aumento de cotas de inundação e disponibilidade de abrigos	61
6.4	Identificação das área prioritárias para abrigos temporários	69
6.5	Análise dos resultados	83
7	CONCLUSÃO	85

8	REFERÊNCIAS	89
9	APÊNDICES	99

1 INTRODUÇÃO

Inundações são fenômenos que ocorrem em todo o planeta, trazendo consigo mudanças ambientais, financeiras e sociais significativas. A ação humana intensifica esses eventos, especialmente através da ocupação desordenada do solo e da falta de planejamento urbano adequado, o que pode potencializar eventuais desastres. Tanto no Brasil quanto em várias partes do mundo, as inundações são eventos frequentes que resultam em desastres.

Esses eventos ocorrem quando uma quantidade significativa de água, proveniente de fontes naturais e/ou causada pela intervenção humana, excede a capacidade de escoamento de uma determinada área ou canal, resultando em transbordamentos. Isso leva à cobertura de áreas anteriormente secas, com a água atingindo altitudes acima de um valor limite, afetando a produtividade e a vida social das regiões impactadas, dependendo da altura (profundidade) e velocidade da lâmina d'água (Zuquette, 2018).

No Brasil, as inundações estão principalmente ligadas a eventos hidrometeorológicos, devido ao fato de o país estar localizado na zona intertropical e possuir regimes de chuvas intensas no verão. Durante o período chuvoso de cada região ocorrem, com maior frequência, eventos pluviométricos intensos e prolongados, levando o país a sofrer mais com a ocorrência de desastres. Devido às características climáticas e geomorfológicas, aliadas à falta de planejamento para ocupação de bacias hidrográficas em áreas urbanas, os eventos extremos resultam em inundações, alagamentos e enchentes (Londe et. al., 2014).

Há necessidade de estar preparado para eventos catastróficos de magnitudes altas, a fim de que se possa atender a um grande número de pessoas em um abrigo imediato, provisório ou permanente. Em catástrofes menores, abrigos e alojamentos provisórios podem ser satisfatórios, mas em eventos maiores haverá a exigência de reconstrução, reabilitação e revitalização (Costa et al., 2017).

As ações de prevenção e atendimento às vítimas dos desastres são realizadas pela Defesa Civil, e as ações de resgate, pelo Corpo de Bombeiros. As ações da Defesa Civil acontecem nos níveis nacional, estadual e municipal. Essas ações seguem uma diretriz, ou seja, um planejamento prévio de prevenção e resposta (Plano de Contingências) a partir da identificação e análise dos riscos (Costa et. al., 2017).

O município de Itajubá, localizado no sul do estado de Minas Gerais, está situado na planície de inundação da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí. Fundada em 1819, a cidade teve seu primeiro registro de enchente em 1821, apenas dois anos após sua fundação. Com o crescimento urbano, áreas baixas e alagáveis do Rio Sapucaí passaram a ser ocupadas indevidamente, apesar dos riscos de inundações durante os períodos chuvosos. De acordo com Pinheiro (2005), a cidade de Itajubá foi atingida por 74 eventos de cheia desde 1821. Dentre essas grandes cheias, destacam-se as ocorridas nos anos de 1874, 1945 e de 2000, por conta da grande magnitude e danos causados. Esses eventos são atribuídos às características hidrológicas e hidráulicas da bacia do Rio Sapucaí, especialmente na área urbana de Itajubá, localizada em uma planície aluvionar com baixa declividade (Reis et al., 2016).

O município de Itajubá possui um plano de contingência voltado para eventos extremos como deslizamento de encosta, inundação, alagamento, estiagem e tempestades, e estabelece os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos direta e indiretamente na resposta a emergências e desastres relacionados a estes eventos naturais (Itajubá, 2021).

O plano de contingência de Itajubá analisa diversos cenários de ocorrência de eventos extremos e possui uma lista ampla com trinta e nove unidades escolares e locais que poderão ser utilizados como abrigos temporários em caso de desastres naturais. Entretanto, não há nenhuma indicação de estudo prévio que possibilite o remanejamento e a alocação da população de risco de maneira eficaz e rápida, considerando todas as nuances relatadas em manuais de prevenção de desastres ou em guias práticos para a elaboração de planos de contingência (Prefeitura de Itajubá, 2021).

Após a ocorrência de um desastre natural, a prioridade se concentra na localização das vítimas, prestação de cuidados médicos para as pessoas lesionadas, fornecimento de água, comida e abrigo para os sobreviventes (Nappi e Souza, 2017).

Em cidades com histórico de inundações, como Itajubá, é necessário adotar uma abordagem sistemática para identificar áreas seguras, minimizando riscos e garantindo a proteção da população afetada. O uso de ferramentas de geoprocessamento, aliadas a métodos de análise multicritério, possibilita uma avaliação precisa das áreas de risco e da viabilidade dos abrigos, considerando variáveis como a proximidade de áreas inundáveis, infraestrutura urbana e acessibilidade.

Além disso, definir os critérios e subcritérios para a escolha de locais de

abrigo, hierarquizando-os de acordo com sua relevância, é uma tarefa essencial para maximizar a eficácia dos abrigos temporários. A caracterização da população vulnerável e a avaliação das condições do meio físico e da infraestrutura local fornecem uma base sólida para essa análise.

A utilização da análise multicritério AHP (Processo de Análise Hierárquica) permite priorizar indicadores qualitativos e quantitativos, proporcionando decisões mais assertivas e eficientes para a implementação de soluções que atendam as necessidades da comunidade, especialmente em momentos críticos de emergência.

Portanto, considerando os desafios enfrentados pela cidade de Itajubá relacionados ao gerenciamento de riscos de inundação, este trabalho visa propor critérios e subcritérios para a seleção de abrigos temporários, com ênfase nos abrigos comunitários ou coletivos, como ginásios poliesportivos, escolas, universidades, igrejas e clubes campestres, de forma a auxiliar na tomada de decisão.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Identificar e selecionar critérios técnicos, ambientais e socioespaciais relevantes para a definição e classificação de locais adequados para abrigo temporário da população afetada por inundações.

2.2 ESPECÍFICOS

- Definir as áreas de risco à inundação na cidade de Itajubá, de acordo com as cotas de inundação;
- Propor uma metodologia para identificação de locais de abrigo para a população afetada por inundação com auxílio de ferramentas de geoprocessamento e análise multicritério;
- Modelar a partir de técnicas de geoprocessamento e análise multicritério visando classificar áreas potenciais para implantação de abrigos;
- Analisar a efetividade da metodologia como instrumento de apoio à tomada de decisão na definição de áreas prioritárias para implantação de abrigos temporários.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente trabalho foi desenvolvido com base em um levantamento bibliográfico que abrange tópicos para a construção da metodologia adotada. Entre os principais temas explorados destacam-se o planejamento urbano e os eventos extremos de inundações, o geoprocessamento aplicado à gestão de riscos às inundações e a análise multicritério objetiva.

3.1 PLANEJAMENTO URBANO E OS EVENTOS EXTREMOS DE INUNDAÇÕES

O crescente aumento demográfico nos centros urbanos, aliado à ausência significativa de infraestrutura, tem acarretado consequências desastrosas para o meio ambiente. Portanto, é necessário ordenar o espaço para fins urbanos, planejando sem impactar o ambiente e sem comprometer os recursos renováveis (Bueno, 2020).

A Constituição Federal Brasileira de 1988 foi um marco importante para a gestão democrática das cidades. Conforme Brasil (2012), ela “constituiu-se em um marco político-institucional que estabelece novos princípios para as políticas sociais e urbanas no sentido de sua democratização”. Essa transformação trouxe avanços para a gestão urbana nacional, passando de práticas que excluía a participação popular para uma nova abordagem que integra questões urbanas a um contexto político-social e econômico.

Apesar dos avanços relacionados ao processo constituinte de 1988, que abrangeu um capítulo específico para a política urbana e previa instrumentos para sua garantia no contexto de cada município e dos direitos à cidade, o processo de urbanização desenfreada expôs e ainda expõe cada vez mais a população a eventos extremos, com custos públicos e privados elevados, uma vez que são nas cidades onde os eventos climáticos extremos têm se tornado cada vez mais frequentes (Villanova et al., 2024).

Em grandes centros urbanos do sul global, o crescimento urbano e a concentração da população têm se caracterizado por acentuada desigualdade socioeconômica, pelo aumento da pobreza e pela intensificação de situações de risco (Un-Habitat, 2020).

É fato que as mudanças climáticas têm provocado inúmeros prejuízos às

idades e é de comum acordo entre pesquisadores que a vulnerabilidade das cidades diante das mudanças climáticas advém das inúmeras transformações ocorridas no próprio território urbano, bem como da expansão de zonas de risco que expõem a população a riscos e desastres (Villanova et al., 2024).

Portanto, as mudanças climáticas serão responsáveis pelo aumento de eventos extremos enfrentados pelas populações urbanas nos próximos anos, sendo consideradas um dos desafios mais onipresentes enfrentados pelas cidades (Un-Habitat, 2020).

A rápida urbanização e o aumento da densidade populacional acarretaram a expansão de áreas impermeáveis, levando a mudanças significativas na hidrologia e no ecossistema das cidades. Essas mudanças incluem a redução da infiltração de águas pluviais, a diminuição da recarga de águas subterrâneas e o agravamento contínuo da fonte difusa de poluição, levando a grandes desafios na gestão urbana. Portanto, as soluções tradicionais de engenharia têm sido cada vez mais inadequadas, pois não são ambientalmente sustentáveis (Bedin, 2020).

Como uma abordagem oposta, a infraestrutura verde, baseada na gestão sustentável de águas pluviais, foi sugerida como uma estratégia alternativa para mitigar os impactos de longo prazo da urbanização e das mudanças climáticas, como ocorrências mais frequentes de condições extremas de inundações, secas, ondas de calor e outras ameaças ao homem e à natureza (Bedin, 2020).

Ainda, Un-Habitat (2020) afirma que o surgimento de uma "agenda urbana global", consagrada em acordos multilaterais como a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a Nova Agenda Urbana, o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas e o Quadro para Redução de Riscos de Desastres 2015–2030, sinaliza um reconhecimento formal pela ONU de que os processos urbanos detêm a chave para o desenvolvimento sustentável em uma escala mundial. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável enfatiza a importância da infraestrutura verde como estratégia para promover cidades mais resilientes e sustentáveis, diminuindo a exposição da população urbana a eventos extremos.

3.2 DESASTRES NATURAIS NO BRASIL E NO MUNDO

No Brasil, a padronização conceitual e operacional dos desastres é

estabelecida pela Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), instrumento oficial adotado pelos órgãos do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. A COBRADE tem como objetivo classificar, codificar e organizar os diferentes tipos de desastres, permitindo a uniformização de registros, a análise estatística dos eventos e o apoio à tomada de decisão no gerenciamento de riscos e desastres (BRASIL, 2012).

Segundo a COBRADE, os desastres são inicialmente agrupados em dois grandes grupos: desastres naturais e desastres tecnológicos. Os desastres naturais resultam de processos e fenômenos de origem natural, sendo subdivididos em categorias geológicas, hidrológicas, meteorológicas, climatológicas e biológicas. Já os desastres tecnológicos estão associados a falhas humanas, industriais ou de infraestrutura, como acidentes com produtos perigosos, colapsos estruturais e rompimentos de barragens (BRASIL, Ministério da Integração Nacional, 2012).

No contexto dos desastres naturais, destacam-se os desastres hidrológicos, que incluem inundações, enxurradas e alagamentos. As inundações, especificamente, são definidas pela COBRADE como a submersão de áreas que normalmente não se encontram submersas, em decorrência do transbordamento gradual de cursos d'água, geralmente associado a chuvas prolongadas em áreas de planície (BRASIL, Ministério da Integração Nacional, 2012). Esses eventos apresentam elevada recorrência no território brasileiro e estão diretamente relacionados à ocupação inadequada do solo, à impermeabilização urbana e à insuficiência de sistemas de drenagem e planejamento territorial.

Devido à sua extensão continental e diversidade ambiental, climática, geomorfológica e geológica, o Brasil apresenta elevada propensão a eventos geodinâmicos e hidrológicos, os quais frequentemente resultam em desastres naturais. Entre 1991 e 2022, o país registrou 23.611 eventos relacionados a inundações, enxurradas e movimentos de massa, com um saldo de 3.890 óbitos e 8.226.314 pessoas desalojadas ou desabrigadas (BRASIL, 2023).

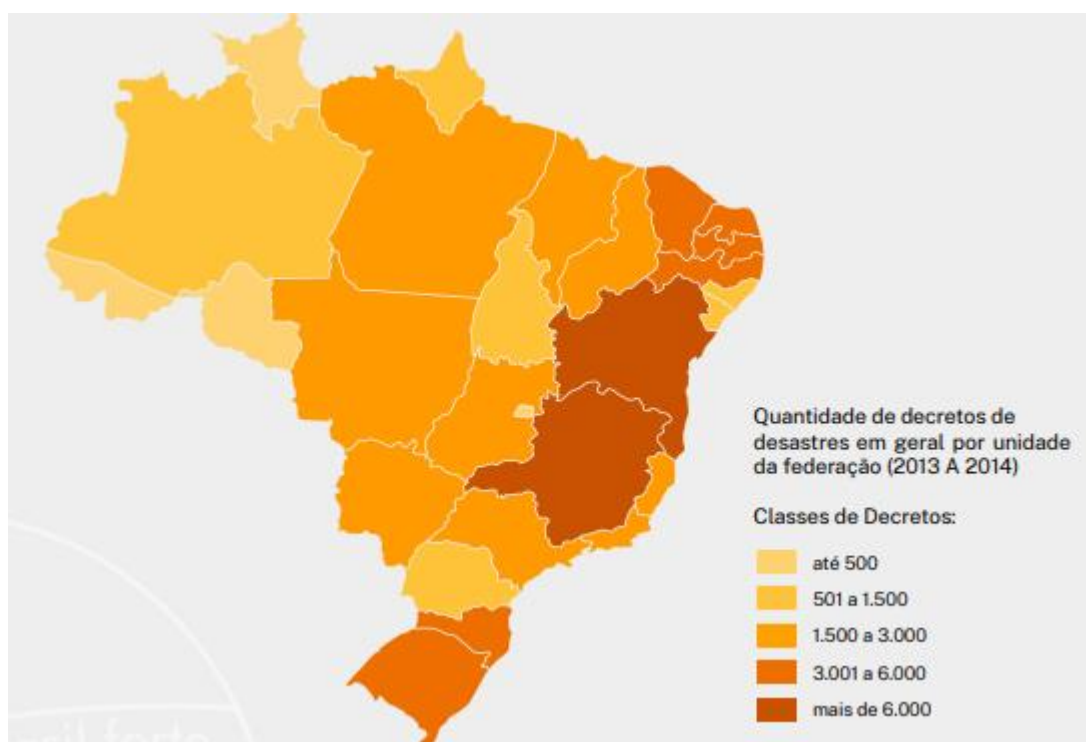
De acordo com o estudo Panorama dos Desastres no Brasil – 2013 a 2024, elaborado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2025), observa-se que, no período compreendido entre janeiro de 2013 e dezembro de 2024, 5.279 municípios brasileiros foram impactados por eventos adversos, totalizando 70.361 decretos de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública. Nesse

intervalo temporal, os prejuízos econômicos associados aos desastres alcançaram aproximadamente R\$ 732,2 bilhões em todo o território nacional (CNM, 2025).

Os municípios, por desempenharem papel central na gestão de riscos e no gerenciamento de desastres, são os entes federativos mais diretamente afetados pelas consequências desses eventos. Entre os principais impactos registrados destacam-se as perdas humanas, o deslocamento compulsório da população, com o aumento do número de pessoas desabrigadas e desalojadas, os danos ao patrimônio público e privado, a interrupção de serviços essenciais e os processos de degradação ambiental (CNM, 2025).

A Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2025) também aponta que, desde 2013, cerca de 95% dos municípios brasileiros já foram atingidos ao menos uma vez por algum tipo de desastre, o que reforça a necessidade de fortalecimento de políticas públicas e de ações articuladas entre os entes federativos voltadas à gestão de riscos e ao gerenciamento de desastres. A Figura 1 apresenta a distribuição dos decretos de desastres registrados por Unidade da Federação no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2024.

Figura 1 - Quantidade de decretos de desastres em geral por UF (2013 a 2024).



Fonte: Panorama dos Desastres no Brasil – 2013 a 2024 (CNM, 2025)

No recorte por Unidades da Federação, o estado de Minas Gerais apresenta maior participação no total de registros nacionais, concentrando 14,3% das decretações, o que evidencia a recorrência de eventos como chuvas intensas, movimentos de massa e rompimentos de barragens. Na sequência, destacam-se os estados da Bahia (9,1%), Santa Catarina (8,3%) e Rio Grande do Sul (8,3%), que também registraram números elevados de decretos, associados principalmente à ocorrência de secas e estiagens, inundações e outros eventos de natureza hidrometeorológica (CNM, 2025).

O banco de dados do *The International Disaster Database* (EM-DAT), uma iniciativa do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) e da Organização Mundial da Saúde (OMS), tem registrado riscos e eventos extremos globalmente desde 1988. Contendo informações sobre mais de 26.000 desastres desde 1900, ele compila dados de agências da ONU, ONGs, seguradoras e outros. O EM-DAT (2024) aponta que entre 1960 e 2008, o Brasil registrou 95 eventos extremos, resultando em 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas. Apenas em 2008, o Brasil ocupou o 10º lugar mundial em vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhão de pessoas impactadas.

Entre 1970 e 2011, os eventos extremos globais se distribuíram da seguinte forma: 10,27% de desastres geofísicos (sismos e vulcões), 12,3% de desastres biológicos (pragas e epidemias) e 77,4% de desastres climáticos, sendo 45,2% relacionados a inundações e eventos hidrológicos. Os danos econômicos causados por inundações, entre 1992 e 2012, somaram US\$ 480 bilhões, ocupando o terceiro lugar entre os desastres naturais mais custosos. Esses prejuízos afetam especialmente países com populações socioeconomicamente vulneráveis (EM-DAT, 2024). Os eventos perigosos representam ameaças às comunidades, especialmente quando atingem níveis de intensidade que excedem o padrão considerado normal para uma determinada região. Esses fenômenos, sejam naturais ou antropogênicos, podem desencadear desastres de grandes proporções, resultando em perdas humanas, materiais e ambientais (Zuquette, 2018).

3.3 CLASSIFICAÇÃO DE DESASTRES

De acordo com Zuquette (2018), eventos perigosos, embora comuns, atingem

níveis de intensidade e impacto que ultrapassam o considerado normal para a região afetada. Esses eventos, originados pelos mesmos processos que os fenômenos cotidianos, podem causar perdas e danos significativos, sendo classificados como desastres ou catástrofes, dependendo da magnitude e das consequências. A classificação dos eventos perigosos considera sua origem e intensidade:

- Quanto à origem: Eventos perigosos podem ser naturais, quando provocados por fenômenos da natureza independentes da ação humana, ou antropogênicos, decorrentes da atividade humana. Exemplos de eventos perigosos incluem inundações, erosões, escorregamentos, tornados e furacões. Esses fenômenos podem ser intensificados pela ocupação inadequada do solo, como no caso de chuvas intensas em áreas urbanizadas.
- Quanto à intensidade: A intensidade dos eventos é crucial para planejar ações de resposta e recuperação. A gravidade dos danos determina os recursos necessários para o socorro às vítimas.

Tominaga et al. (2009) apresenta uma tabela de classificação dos desastres por intensidade (Quadro 1), destacando a importância da previsão eficiente para minimizar os impactos. Conforme Zuquette (2018), a previsão de eventos perigosos depende de análises que utilizam métodos e ferramentas específicas para identificar possíveis ocorrências com antecedência.

Quadro 1 - Classificação dos Eventos perigosos em relação à intensidade.

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízos entre 5% e 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência - SE)

Fonte: modificado de Tominaga et al. (2009).

3.4 GESTÃO DE RISCOS E ATUALIZAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS BRASILEIRAS

Em 2023 foi elaborada a Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR pela Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento e Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos. O documento tem como assunto a atualização dos critérios e

indicadores utilizados para a identificação dos municípios brasileiros mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais.

A Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR atualizou os critérios e indicadores para identificar os 1.942 municípios mais suscetíveis a deslizamentos, enxurradas e inundações. Esses municípios passaram a ser priorizados nas ações da União voltadas à gestão de risco e desastres naturais (BRASIL, 2023).

Em janeiro de 2011, a região serrana do Rio de Janeiro foi palco da maior catástrofe geo-hidrológica da história do país. O desastre resultou na morte de mais de 900 pessoas, aproximadamente 350 desaparecidos e milhares de desabrigados ou desalojados, além de danos severos à infraestrutura, que impactaram profundamente a economia local. Segundo especialistas, chuvas intensas durante 32 horas causaram enchentes nos rios, gerando ondas que arrastaram pedras e construções (Figura 2).

Figura 2 - Desastre na região serrana do Rio de Janeiro (Nova Friburgo).



Fonte: G1 (2011).

Os deslizamentos de terra atingiram tanto áreas densamente ocupadas quanto regiões pouco habitadas. As chuvas derrubaram árvores centenárias e deslocaram grandes blocos de rocha que, ao bloquear pequenos rios, formaram barragens. O rompimento dessas barragens criou ondas de lama, explicando a força destrutiva que

empurrou obstáculos (Busch e Amorin, 2011).

Embora o foco deste trabalho não sejam deslizamentos de terra ou tempestades severas, o desastre na região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011 foi determinante para a revisão de políticas públicas. Esse evento impulsionou a adoção de ações integradas voltadas à gestão de risco, prevenção e mitigação de desastres naturais, até então inexistentes de forma sistemática no país (BRASIL, 2023)

Após o desastre ocorrido na região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, no âmbito da União, foram promovidos um conjunto de avanços institucionais, incluindo a criação do CEMADEN em 2012 e a promulgação da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Além disso, houve a reestruturação do Centro Nacional de Gerenciamento de Risco e Desastres (CENAD) no mesmo ano, com o objetivo de fortalecer a capacidade da União em responder a desastres naturais. Essas iniciativas foram acompanhadas pela ampliação de ações de monitoramento, alerta e mapeamento de áreas de risco, conduzidas por órgãos como o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e a Agência Nacional de Águas (ANA) (BRASIL, 2023).

No contexto do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2) e do Programa 2040 de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres (GRRD), foi articulada, em 2011, uma ação conjunta envolvendo diversos Ministérios. Essa articulação resultou na identificação de 821 municípios críticos que passaram a ser priorizados nas políticas públicas voltadas à gestão de riscos e desastres.

A seleção desses municípios (Figura 3) foi baseada em um registro histórico de desastres, considerando decretos de estado de calamidade pública, situação de emergência e a ocorrência de perdas de vidas humanas associadas a desastres decorrentes de chuvas intensas. Essa priorização permitiu uma atuação mais direcionada e eficiente na mitigação de riscos, refletindo o compromisso da União em reduzir os impactos de eventos naturais extremos e proteger a população mais vulnerável (BRASIL, 2023).

Os critérios aplicados à época foram:

I. Critérios de seleção para enxurradas

1. Municípios que apresentavam 1.000 ou mais pessoas desalojadas ou

desabrigadas; ou

2. Municípios com recorrência de 9 ou mais enxurradas; ou
3. Municípios com registro de 8 ou mais óbitos.

II. Critérios de seleção para inundações

1. Municípios que apresentavam 1.000 ou mais pessoas desalojadas ou desabrigadas; ou

2. Municípios com recorrência de 7 ou mais inundações; ou
3. Municípios com registro de 4 ou mais óbitos.

III. Critérios de seleção para deslizamentos

1. Municípios com recorrência de 2 ou mais deslizamentos; ou
2. Municípios com registro de 2 ou mais óbitos.

IV. Acréscimo de municípios com critérios especiais (enxurradas e inundações)

1. Capitais de estados ou cidades com problemas reconhecidos;
2. Localização estratégica na bacia;
3. Ocorrências de eventos recentes graves – 2011/2012; ou
4. Gravidade do problema – mais de 10% dos domicílios atingidos, segundo a Pesquisa do Orçamento Familiar do IBGE (BRASIL, 2023).

A aplicação desses critérios resultou em uma lista de 821 municípios críticos com a seguinte distribuição por tipo de risco:

- 377 Municípios para enxurradas;
- 377 Municípios para inundações; e
- 257 Municípios para deslizamentos.

- 190 Sobreposições, com municípios com a ocorrência de mais de um tipo de risco.

Figura 3 - Localização dos 821 municípios críticos a serem priorizados.



Fonte: Brasil (2023).

Em março de 2023 foram adotados novos critérios para atualizar a base de dados referentes a municípios críticos e que deveriam ser priorizados. Os critérios adotados foram:

- a) constar na lista de municípios críticos de 2012;
- b) ter óbito registrado relacionado a desastres entre 1991 e 2022;
- c) ter 10 registros, ou mais, de desastres entre 1991 e 2022;
- d) apresentar o número de 900 pessoas, ou mais, desalojadas/desabrigadas no período de 1991 a 2022;
- e) apresentar o número de 500 pessoas, ou mais, identificadas em áreas mapeadas com risco geo-hidrológico;
- f) apresentar alta vulnerabilidade a inundações, segundo o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações da ANA (2014),
- g) apresentar 400 dias de chuvas, ou mais, acima de 50 mm, de 1981 a 2022, que corresponde a uma média de 10 dias por ano (Brasil, 2023).

Com a adoção dos novos critérios, o número de municípios críticos a serem priorizados passou de 821 municípios para 1.942 municípios em 2023 (Figura 4).

Figura 4 - Localização dos 1.942 municípios críticos a serem priorizados em 2023.



Fonte: Brasil (2025).

A Tabela 1 apresenta os critérios utilizados para atualizar a base de dados dos municípios mais suscetíveis a desastres de grande magnitude, priorizando aqueles que requerem maior atenção. O Brasil, que possui um total de 5.570 municípios, identificou 1.942 municípios como suscetíveis a desastres naturais. Conforme os dados do IBGE (2023), a população brasileira é de aproximadamente 148,9 milhões, sendo que 8,9 milhões de pessoas residem em áreas de risco geo-hidrológico, o que corresponde a 6% da população total.

Entre os estados analisados, Minas Gerais destacou-se como o estado com o maior número de municípios em áreas de risco, abrangendo 283 municípios e aproximadamente 1,4 milhão de pessoas vivendo em condições vulneráveis. Isso representa 10,6% da população estadual exposta a áreas de risco, evidenciando a criticidade do estado no contexto da gestão de desastres naturais.

Além de Minas Gerais, os estados de Santa Catarina e São Paulo também se destacaram em número de municípios com áreas de risco, contabilizando 207 e 172 municípios, respectivamente. Esse cenário reforça a necessidade de políticas

públicas integradas, focadas na prevenção, mitigação de riscos e planejamento urbano para reduzir a exposição da população e os impactos causados por eventos extremos.

Tabela 1 - Distribuição dos 1.942 municípios mais suscetíveis por estado, população total e percentual da população exposta aos riscos geo-hidrológicos.

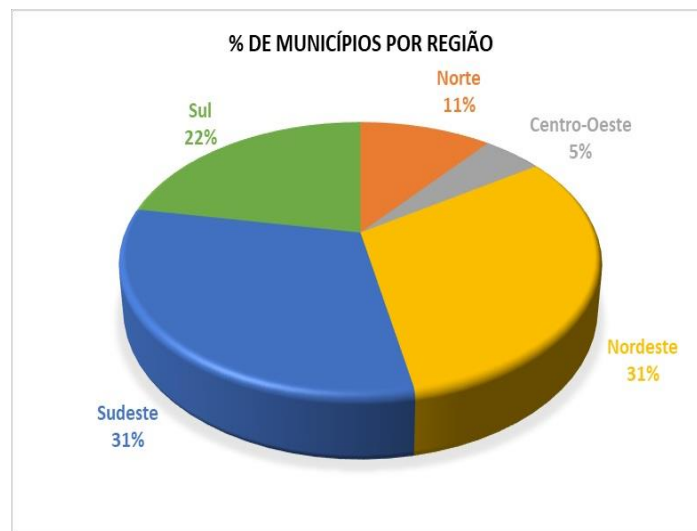
Estado	Total de municípios no Estado	Quantidade de municípios selecionados	% de municípios em risco por estado	População total IBGE (2022)	Pessoas em áreas de risco geo-hidrológicos	% população em risco
AC	22	17	77,27%	765.401	74.347	9,7%
AL	102	47	46,08%	2.078.596	158.669	7,6%
AM	62	59	95,16%	3.896.510	153.485	3,9%
AP	16	14	87,50%	705.991	51.754	7,3%
BA	417	137	32,85%	8.459.722	1.465.515	17,3%
CE	184	74	40,22%	6.145.642	211.218	3,4%
DF	1	1	100,00%	2.817.068	2.060	0,1%
ES	78	71	91,03%	3.747.955	518.562	13,8%
GO	246	24	9,76%	3.447.106	6.814	0,2%
MA	217	110	50,69%	4.952.915	173.785	3,5%
MG	853	283	33,18%	13.188.734	1.403.496	10,6%
MS	79	29	36,71%	1.996.605	25.092	1,3%
MT	141	40	28,37%	1.833.793	6.088	0,3%
PA	144	82	56,94%	6.200.867	154.387	2,5%
PB	223	43	19,28%	2.305.377	48.291	2,1%
PE	185	106	57,30%	7.466.019	863.487	11,6%
PI	224	47	20,98%	2.040.044	75.514	3,7%
PR	399	80	20,05%	6.244.122	62.999	1,0%
RJ	92	75	81,52%	15.275.523	865.027	5,7%
RN	167	31	18,56%	2.064.023	142.369	6,9%
RO	52	13	25,00%	1.046.697	37.639	3,6%
RR	15	5	33,33%	481.426	18.560	3,9%
RS	497	142	28,57%	7.623.976	313.335	4,1%
SC	295	207	70,17%	6.857.258	482.051	7,0%
SE	75	15	20,00%	1.297.017	27.241	2,1%
SP	645	172	26,67%	35.571.433	1.552.836	4,4%
TO	139	18	12,95%	375.894	9.515	2,5%
Total Geral	5570	1.942	34,87%	148.885.714	8.904.136	6,0%

Fonte: BRASIL (2023).

Ao analisar e transcrever os dados na Figura 5, nota-se que as regiões Sudeste e Nordeste possuem as maiores porcentagens de municípios localizados em áreas de risco, ambas com 31%. Em seguida, estão as regiões Sul, com 22%, Norte, com 11%, e Centro-Oeste, com 5% (BRASIL, 2023).

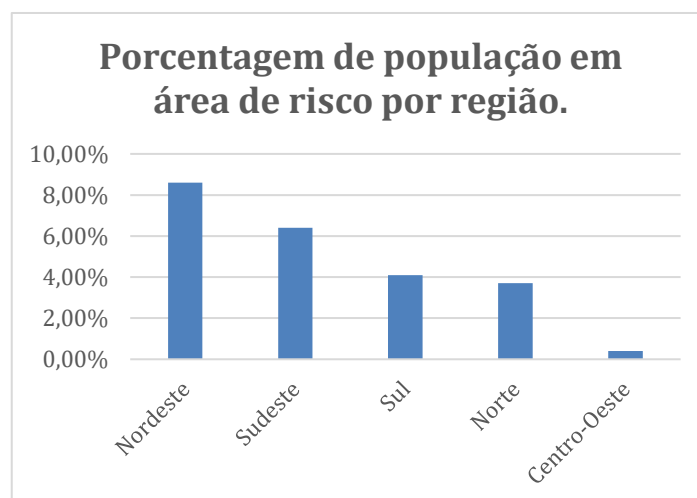
Quanto à porcentagem da população em áreas de risco geo-hidrológico (Figura 6), o Nordeste lidera com 8,6%, seguido pelo Sudeste, com 6,4%, Sul, com 4,1%, Norte, com 3,7%, e Centro-Oeste, com 0,4%.

Figura 5 - Percentual de municípios mais susceptíveis a ocorrência de desastres geo-hidrológicos por região.



Fonte: Brasil (2023).

Figura 6 - Gráfico demonstrando a porcentagem de população em áreas de risco geo-hidrológicos por região brasileira.



Fonte: Brasil (2023).

3.5 DIRETRIZES E PLANEJAMENTO PARA A ESCOLHA DE ABRIGOS TEMPORÁRIOS EM DESASTRES: NORMAS E EXPERIÊNCIAS NO BRASIL

Nunes et al. (2018) afirma que desastres de grande impacto demandam instalações públicas com infraestrutura, planejamento estratégico e ações rápidas para atender a população vítima da tragédia. O escopo, a escala e a duração da assistência habitacional devem ser direcionadas de acordo com a natureza e magnitude do desastre. Existe a necessidade de estar preparado para eventos catastróficos de magnitudes altas a fim de que se possa atender um grande número de pessoas em abrigos imediatos, provisórios ou permanentes.

No Brasil, quando ocorrem eventos de grande escala, é o poder público que deve atender as pessoas rapidamente, utilizando espaços públicos que oferecem proteção e abrigam uma grande parcela da população vulnerável, como, por exemplo, igrejas, escolas e ginásios (Nunes et al., 2018).

Ainda, Nunes et al. (2018) destaca a importância de manter a locação de pessoas com laços familiares ou de amizade em locais próximos para evitar a violência contra mulheres e crianças e garantir os vínculos afetivos.

Costa (2017) relata que no desastre ocorrido na região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, a provisão de abrigo foi uma das necessidades básicas do pós-desastres e precisou ser considerada já na fase de emergência e de forma mais estrutural possível.

As ações de socorro em São José do Vale do Rio Preto – RJ utilizaram como base o Projeto Esfera (Proyecto Esfera, 2010). Inicialmente, as vítimas foram alojadas em escolas municipais e, após 30 dias, transferidas para um abrigo temporário, baseado no modelo *Shelter Box* (Figura 7), que oferece segurança, saúde e privacidade.

Figura 7 - Visão das barracas ShelterBox, montadas no Estádio Municipal Raul Ferreira Isidoro no município São José do Vale do Rio Preto – Rio de Janeiro



Fonte: Costa (2015)

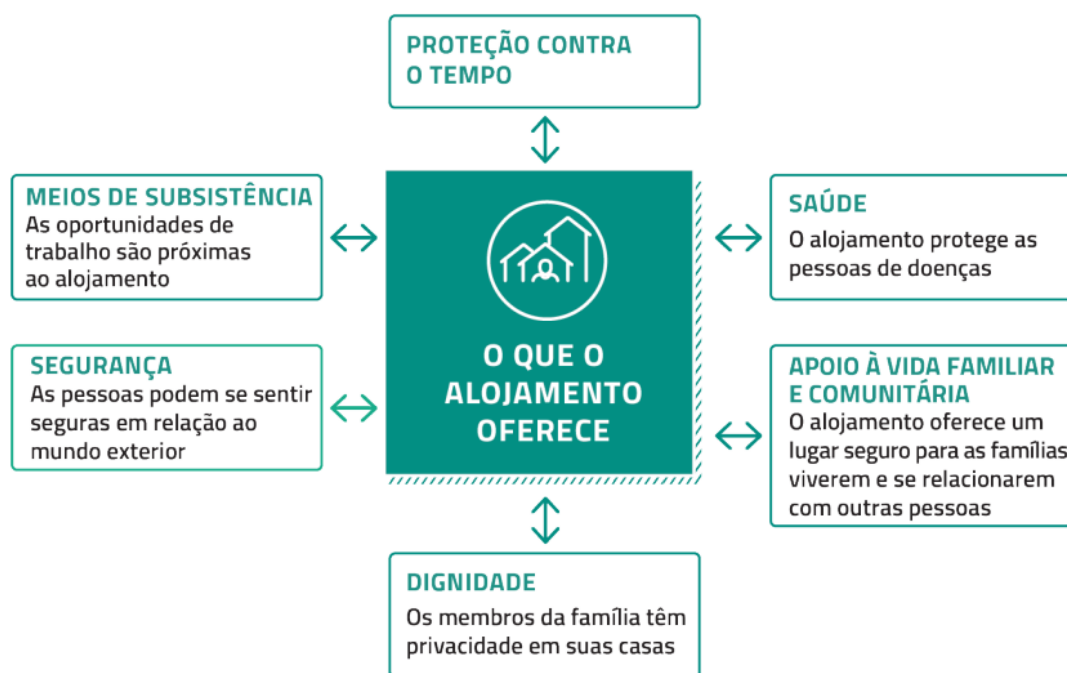
O abrigo, instalado no Estádio Municipal Raul Ferreira Isidoro, foi escolhido por estar em local seguro, sem risco de desabamentos. O condomínio foi murado e teve policiamento contínuo. Foram disponibilizadas e montadas 93 barracas ShelterBox medindo 4,5 x 4,5 x 2,5 m para grupos de 4 pessoas, projetadas para atender situações pós-desastre, possibilitando rápida montagem, facilidade de instalação e conforto térmico. As 93 barracas montadas acomodaram 67 famílias, seguindo padrões de ocupação para conforto e privacidade. As tendas *Shelter Box* são resistentes a intempéries, possuem três ambientes internos e foram organizadas para ventilação adequada. Além da moradia, o abrigo ofereceu infraestrutura completa com água, saneamento, serviços de saúde, refeitório, creche, biblioteca, lavanderia e iluminação pública, garantindo condições mínimas de vida, conforme as diretrizes humanitárias (Costa, 2015).

Com o objetivo de estabelecer diretrizes humanitárias em situação de conflitos e desastres, o Projeto Esfera foi criado em 1997 por um grupo de organizações humanitárias não governamentais e pelo Movimento da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho com o objetivo de melhorar a qualidade de suas respostas humanitárias e prestar contas por suas ações (Projecto Esfera, 2018).

De acordo com o manual Projecto Esfera (2018), a localização e o

planejamento dos abrigos devem promover espaços habitacionais seguros, satisfatórios e acessíveis que possibilitem serviços básicos, meios de subsistência e oportunidades de conexão com uma rede mais ampla (Figura 8).

Figura 8 - Algumas funções de um alojamento emergencial adequado.



Fonte: Proyecto Esfera (2018).

No planejamento de assentamentos para abrigos temporários é cada vez mais necessário levar em consideração que o deslocamento e a recuperação podem ser de longo prazo. O desenho de um projeto de qualidade inclui a compreensão, a prevenção e a mitigação de impactos ambientais negativos. Se as questões ambientais não são levadas em consideração, os programas de abrigo e assentamento podem, em última análise, ser ineficientes uma vez que os resultados de curto prazo podem causar novos problemas que exigem mais investimento (Proyecto Esfera, 2018).

Brasil (2025) afirma que a organização do abrigo deve ser orientada nos planos de contingência, de trabalho e de operações, que deverão ser criados no período que antecede o desastre, definindo estratégias a serem adotadas no atendimento da população afetada. Esses planos podem ser orientados utilizando o Manual Proyecto Esfera (2018).

Ainda, Brasil (2025) elenca os aspectos importantes a serem considerados no

planejamento de abrigos temporários:

1. O número de habitantes;
2. A avaliação dos riscos locais, incluindo análise de vulnerabilidade social e ambiental;
3. Os locais de incidência dos eventos;
4. O perfil epidemiológico;
5. O clima da região;
6. O inventário dos últimos eventos;
7. As áreas consideradas seguras, isentas de riscos, com a possibilidade de utilização para instalação de abrigos fixos ou móveis;
8. A capacidade instalada com infraestrutura básica;
9. Qual estrutura seria necessária e qual a existente localmente para a oferta de alojamentos provisórios (escolas, igrejas, hotéis etc.);
10. O desenvolvimento de ferramentas de alerta e alarme;
11. Informação sobre cadastros de recursos humanos com perfil para atuar nos abrigos;
12. Informação sobre capacitação e treinamentos dos recursos humanos;
13. Os custos e investimentos necessários e possíveis, a análise dos recursos financeiros e as fontes de captação de recursos;
14. O levantamento das necessidades e dos recursos financeiros, materiais e logísticos, com o intuito de se desenhar uma matriz de responsabilidades, com interface a outros planos.

3.6 GEOPROCESSAMENTO APLICADO A GESTÃO DE RISCOS

O geoprocessamento é constituído por ferramentas indispensáveis para a gestão de riscos, especialmente no contexto do planejamento urbano e ambiental.

A informação geográfica acompanha a humanidade desde seus primórdios, estando presente na forma de representações espaciais e mapas rudimentares que evoluíram com o avanço do conhecimento (Câmara, 2004; Embrapa, 2007). Essa evolução culminou nas atuais geotecnologias, que consolidaram os Sistemas de

Informação Geográfica (SIG) como ferramentas essenciais para o entendimento do espaço e para a tomada de decisões (Câmara, 2004). O desenvolvimento tecnológico e as iniciativas de software livre em especial o crescimento do QGIS e de sua comunidade ampliaram a acessibilidade e a difusão dessas ferramentas tanto na academia quanto na gestão pública (Rosas-Chavoya et al., 2022; Duarte e Teodoro, 2021). No contexto brasileiro, o geoprocessamento apresenta grande potencial de aplicação, considerando a vasta extensão territorial do país e a carência de informações espaciais adequadas para subsidiar decisões sobre problemas ambientais, rurais e urbanos, o que reforça a importância de incentivar estudos, aplicações e a disseminação dessas tecnologias (Janzantti & Cravo, 2018).

Assim, ao integrar a análise de dados espaciais com a tomada de decisão, o geoprocessamento se consolida como uma ferramenta indispensável para a gestão de riscos.

Na gestão de riscos, o uso de SIG é primordial para a identificação, mapeamento e análise de áreas vulneráveis, como regiões suscetíveis a desastres naturais. Componentes como entrada e integração de dados, análise espacial e armazenamento de informações em bancos geográficos tornam o SIG uma ferramenta poderosa para embasar decisões estratégicas em situações críticas, como a elaboração de planos de evacuação e mitigação de desastres (Bolfe et al., 2011).

Ainda Bolfe, (2011) afirma que os sistemas de informações geográficas são ferramentas ideais para a organização, estruturação, coleta e estudo de um grande conjunto de dados espaciais. Portanto, bancos de dados geoespaciais com informações pertinentes, atuais e de fácil obtenção, tornam-se instrumentos valiosos para embasar os processos decisórios.

Segundo Vasconcelos et al. (2022), quando o geoprocessamento é aplicado à gestão de riscos utilizando dados espaciais, ocorre uma ampliação do conhecimento sobre o território e no apoio à tomada de decisão tanto para o planejamento quanto para a execução de medidas de redução de risco e prevenção de desastres, colaborando com os três principais eixos estruturantes da gestão integrada de risco: conhecimento, redução de riscos e manejo de desastres.

As bases de dados espaciais que normalmente são utilizadas em programas de geoprocessamento voltadas para o contexto de gestão de riscos são mapas de declividade, suscetibilidade a riscos, de aptidão geotécnica à expansão urbana, setores de riscos em Planos Municipais de Redução de Riscos – PMRRs, dados de

vulnerabilidade social e registros pontuais de ocorrência de desastres. A integração de dados de elevação e de hidrografia também permite interpretar o território pela perspectiva de bacias hidrográficas, entendendo como os fluxos de água podem potencializar a ocorrência de processos geodinâmicos (Vasconcelos et al., 2022).

Cabe salientar que o trabalho em questão utilizou, além do software de geoprocessamento Qgis, plataformas abertas e colaborativas como o *OpenStreetMaps* que possui um repositório livre e colaborativo de localização de endereços e rotas de trânsito. Vasconcelos et al. (2022) enfatiza que por meio do *OpenStreetMaps*, técnicos de um município podem acessar e colaborar no desenvolvimento de uma base de dados com a localização de equipamentos públicos importantes para a gestão de riscos, tais como postos de defesa civil e bombeiros, equipamentos de saúde, escolas, pontos de vulnerabilidade e possíveis áreas para abrigos de emergência.

Mose (2022) afirma que o grande desafio presente no Estado brasileiro é executar uma gestão integrada de desastres e riscos que permita a prevenção cada vez mais eficiente e assertiva, utilizando mapeamento e análise dos riscos, ações de preparação e monitoramento, medidas de prevenção e mitigação e a resposta a desastres mais rápida e eficaz. Portanto, recursos de inteligência geográfica, como os SIGs e imagens de sensoriamento remoto são ferramentas úteis para a gestão de riscos de desastres, pois permitem uma ampla análise sobre o território e modernos recursos para coleta e análise de uma grande quantidade de dados que suportam as ações nas etapas de prevenção, preparação, resposta e recuperação. Dentre as etapas estão:

- Mapeamento de áreas de risco, ocorrência de eventos, áreas de vulnerabilidade e suscetibilidade;
- Análise de interações entre variáveis físicas, ambientais, humanas e de ocupação urbana;
- Elaboração de modelos preventivos e cenários de risco;
- Mapeamento de infraestrutura urbana: hospitais, bombeiros, abrigos etc.;
- Identificação de rotas de evacuação, de abrigos e centros emergenciais;
- Consciência situacional sobre o perfil da população e domicílios dentro de áreas de risco.
- Gestão de planos de contingência e sistemas de alerta e monitoramento em

municípios.

É importante ressaltar que as ferramentas de geoprocessamento podem receber uma contribuição significativa quando existe o apoio e a compreensão popular. Ferreira (2012) destaca a importância do SIG Participativo (SIG-P) como uma ferramenta multidisciplinar e participativa que combina o conhecimento técnico especializado com o conhecimento da comunidade. As tecnologias de informação e dados geográficos tornam-se, assim, cada vez mais acessíveis ao público em geral, podendo ser usados pela própria comunidade, ou por profissionais, pesquisadores, entre outros.

Para dar embasamento, Ferreira (2012) destaca o estudo de caso realizado em Búzi no Moçambique que utilizou o SIG-P para analisar vulnerabilidades das comunidades frente aos ciclones, enchentes e secas. As medidas adotadas para a realização do trabalho incluíam reunião com lideranças locais para apresentar o projeto, os objetivos e os resultados esperados com o trabalho de campo, entrevistas semi-estruturadas e mapeamento da infraestrutura (prédios públicos, acesso à água potável, estradas) além de elaboração de mapas topográficos e indicadores de vulnerabilidade física, sócio-culturais e econômicas.

3.7 APLICAÇÃO DO PROCESSO HIERÁRQUICO ANALÍTICO – AHP.

O Processo Hierárquico Analítico (AHP) consiste em uma estrutura hierárquica montada para auxiliar a tomada de decisões, tendo como base o desenvolvimento de comparações pareadas dos valores de entrada, seguido pela análise de consistência da solução e definindo a hierarquia de participação de cada variável. Para isso, é necessário que ocorra a estruturação de modelos de pesos e notas em números ordinais que podem ser transpostos nos pixels correspondentes de cada variável inserida (Mialhe e Moschini, 2024).

O trabalho de compreender e mapear as diversas variáveis que compõem o meio físico-natural possui importância fundamental nas ações de planejamento ambiental e territorial e na prevenção e acionamento de alertas contra essa tipologia de desastre. Portanto, diversos estudos têm sido realizados para se avaliar a suscetibilidade a inundações utilizando-se de abordagens multicritério, produtos de sensoriamento remoto e técnicas e ferramentas de geoprocessamento, incorporando aspectos morfológicos e hidrológicos das bacias hidrográficas que atuam como

condicionantes desses eventos (Teixeira, 2022).

A análise multicritério, especificamente o método AHP, utilizada em Sistema de Informação Geográfica (SIG), é um método capaz de gerar modelos espaciais que simulam situações reais que determinadas ações antrópicas e/ou fenômenos naturais podem gerar, ou seja, simulam causa e efeito com base em variáveis pré-determinadas pelos pesquisadores, sendo muito adequada para o emprego das geotecnologias na criação de síntese de variáveis, com o objetivo de identificar áreas prioritárias para algum fenômeno ou arranjo geográfico (Mialhe e Moschini, 2024).

Apesar do avanço no uso de ferramentas geoespaciais, o planejamento de abrigos ainda carece de integração sistemática entre variáveis sociais e espaciais, lacuna que pode ser reduzida por meio da aplicação conjunta de SIG e AHP em modelos de apoio à decisão (Tiangtrong et al., 2025).

Os autores Liu et al. (2025), em estudo realizado na cidade de Zhuhai, China, utilizaram o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) aliado ao geoprocessamento, desempenhando papel central na atribuição de pesos subjetivos aos critérios de decisão, por meio de comparações pareadas entre fatores como risco de inundação, vulnerabilidade e acessibilidade, possibilitando uma avaliação estruturada e hierarquizada na identificação de áreas seguras para abrigos emergenciais.

O método AHP foi desenvolvido por Saaty (1977) na década de 70 e aborda a criação de uma hierarquia de decisão composta por níveis e classes de importância que permitem uma visão das relações inerentes ao processo. Saaty (1977) abordou, no método AHP, a utilização de uma matriz de comparação par a par $A = [a_{ij}] n \times n$, para a definição dos pesos dos fatores, em que n é o número de fatores que influenciam na tomada de decisão. A comparação entre dois fatores é realizada utilizando-se a escala de importância relativa entre duas alternativas, que varia de 1 a 9 (Teixeira, 2022).

O método AHP auxilia na atribuição dos pesos dos planos de informação para determinar a contribuição relativa de cada um, mas ainda assim o especialista deve definir a hierarquia entre as variáveis e os pesos de cada componente de legenda das variáveis. Cabe salientar que cada item deve ser pensado de modo isolado, pois a relação entre uma característica e outra será construída pela aplicação do modelo, que necessariamente cruza todos os componentes. O método propõe a comparação de variáveis par a par e é atribuído um critério de importância relativa entre eles,

conforme o quadro 2 (Moura, 2007).

Quadro 2 - Escala de valores AHP para comparação pareada.

Intensidade de importância	Definição e justificativa
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6 e 8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Adaptado de Moura (2007).

Teixeira (2022) afirma que uma particularidade importante na matriz de comparações paritária elaborada por Saaty (1977) é que ao comparar dois critérios, como por exemplo, o critério i e o critério j, utiliza-se uma matriz de comparações. Nessa matriz, a comparação entre os critérios é feita de maneira simétrica. Isso significa que ao adotar o critério i como 5 vezes mais importante que o critério j, colocamos o número 5 na posição que mostra a relação entre i e j na matriz. Ou seja, a matriz vai mostrar que i é 5 vezes mais importante que j.

Em contrapartida a comparação é inversa. Logo, se i é 5 vezes mais importante que j, então j é 1/5 da importância de i.

Com o objetivo de avaliar se a matriz de julgamento é consistente faz-se necessário calcular o Grau de Consistência, conforme a equação:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.1)$$

Onde CI é o Índice de Consistência, dado pela Equação 3.2 e

RI é o Índice de Consistência Aleatória, valores fixos usados como referência e calculado em laboratório, apresentados na Quadro 3, em função do número de fatores estudados (n).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.2)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w_1}{w} + \frac{w_2}{w} + \dots + \frac{w_n}{w} \right) \quad (3.3)$$

Considera-se que λ_{max} é o máximo altovalor e $w = \alpha \times w$ onde α é o valor atribuído para cada fator da matriz de comparação par a par.

Os valores de CR inferiores a 0,1 indicam que não houve inconsistência nos valores atribuídos aos julgamentos, e valores superiores indicam que os julgamentos realizados precisam ser reavaliados (Teixeira, 2022; Saaty, 1980a).

Quadro 3 - Índices randômicos.

n	RI	n	RI
1	0,00	6	1,24
2	0,00	7	1,32
3	0,58	8	1,41
4	0,90	9	1,45
5	1,12	10	1,49

Fonte: adaptado de Saaty (1987).

Logo, os critérios são agrupados através de uma combinação linear ponderada em que eles são associados aos seguintes pesos, auxiliando no processo de tomada de decisão. A combinação ponderada é dada pela equação 3.4.

$$S = \sum_i w_i x_i \quad (3.4)$$

Sendo:

S é valor final do score;

w_i é o peso normalizado do fator i ;

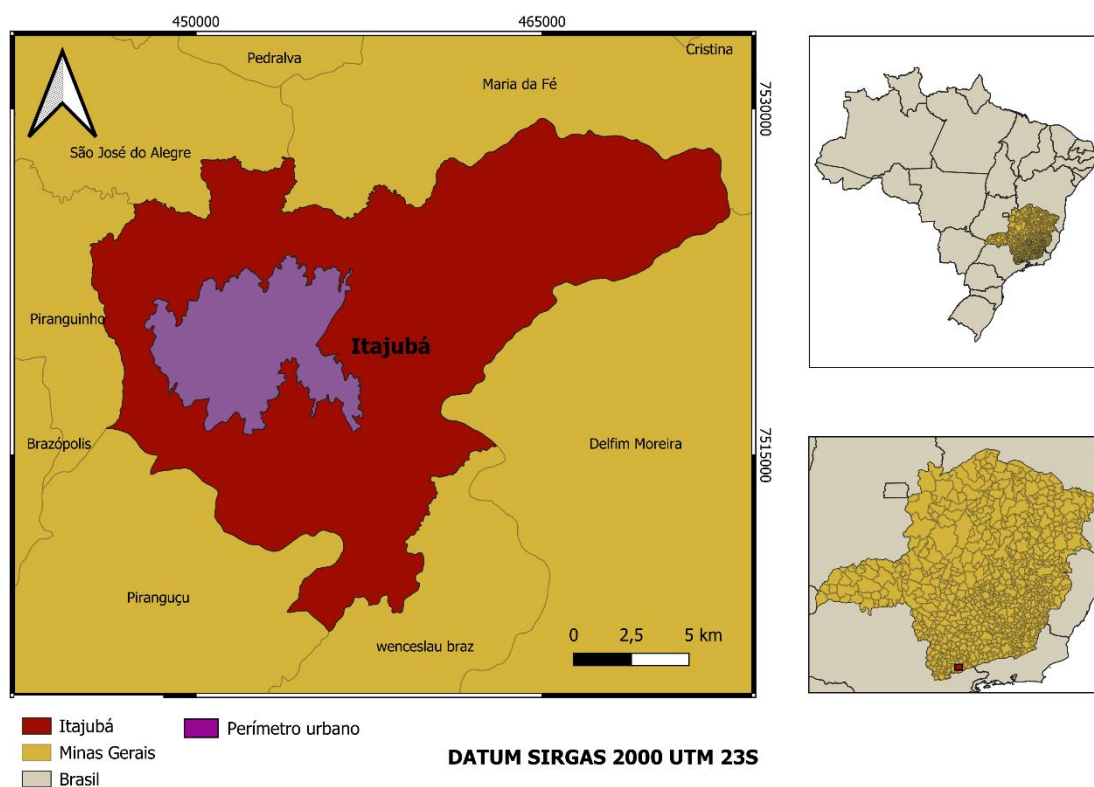
x_i é o valor normalizado do fator i .

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 O MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ

A cidade de Itajubá, no sul de Minas Gerais (Figura 9), possui uma população estimada de 93.073 habitantes, conforme o censo de 2022 (IBGE, 2023). Localizada a altitudes que variam de 830 metros no ponto mais baixo e a 1.746 metros no ponto mais alto, a área da cidade tem uma altitude média de 842 metros com uma extensão territorial de 294,83 km² (Pedrosa, 2019) e possui uma área urbanizada de 42,61 km².

Figura 9 - Mapa de localização do município de Itajubá -MG.



Fonte: Autoria própria.

Itajubá está inserida na região da Bacia hidrográfica do Rio Sapucaí que pertence à bacia do Rio Grande, localizada na região Sudeste do país, abrangendo parte dos estados de São Paulo e Minas Gerais. O Rio Sapucaí nasce na Serra da Mantiqueira, na cidade de Campos do Jordão, no estado de São Paulo, a uma altitude de 1.620 metros, e percorre um total de 248 km até desaguar no Lago de Furnas, a 780 metros de altitude (Almeida et al., 2017).

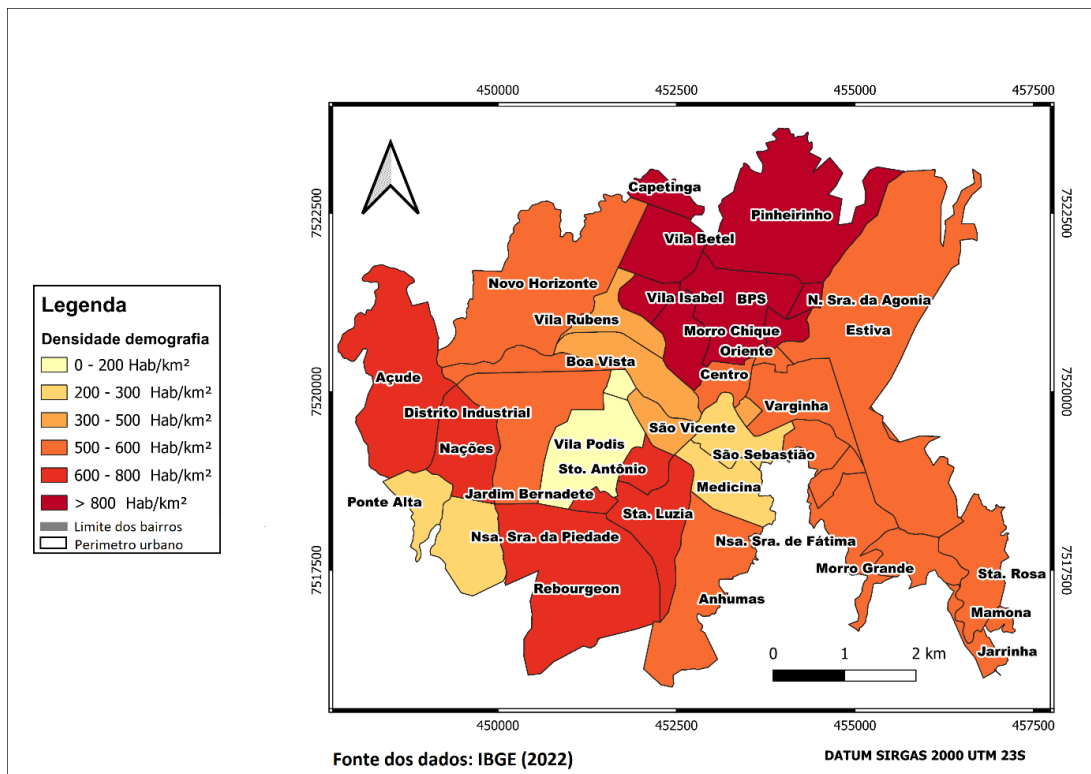
Copasa (2010) afirma que a região das cabeceiras do Sapucaí apresenta características climáticas influenciadas pela orografia da Serra da Mantiqueira, com chuvas bem distribuídas ao longo de todos os meses do ano, decrescendo apenas no período de inverno. A precipitação média anual é superior a 1.700 mm, e a temperatura média anual é de aproximadamente 15,3°C.

Nas demais áreas da bacia, o clima mesotérmico brando predomina, com temperaturas amenas durante todo o ano, com médias entre 18 e 19°C. A precipitação média anual é de 1.500 mm e tende a ser ligeiramente inferior à da região de cabeceira, podendo ocorrer um ou dois meses sem chuva (Almeida et al., 2012).

Ainda, segundo Almeida et al. (2012), no modelo digital de elevação (MDE) da bacia do Rio Sapucaí observa-se grande variação de altitude, com mínima de 774 metros e máxima de 2.795 metros, altitude média de 984 metros e declividade média de 16%.

O município de Itajubá possui uma densidade demográfica (Figura 10) de 315,68 habitantes por km² dentro do perímetro urbano, de acordo com o censo 2022 (IBGE, 2022).

Figura 10 - Densidade demográfica considerando o perímetro urbano de Itajubá.



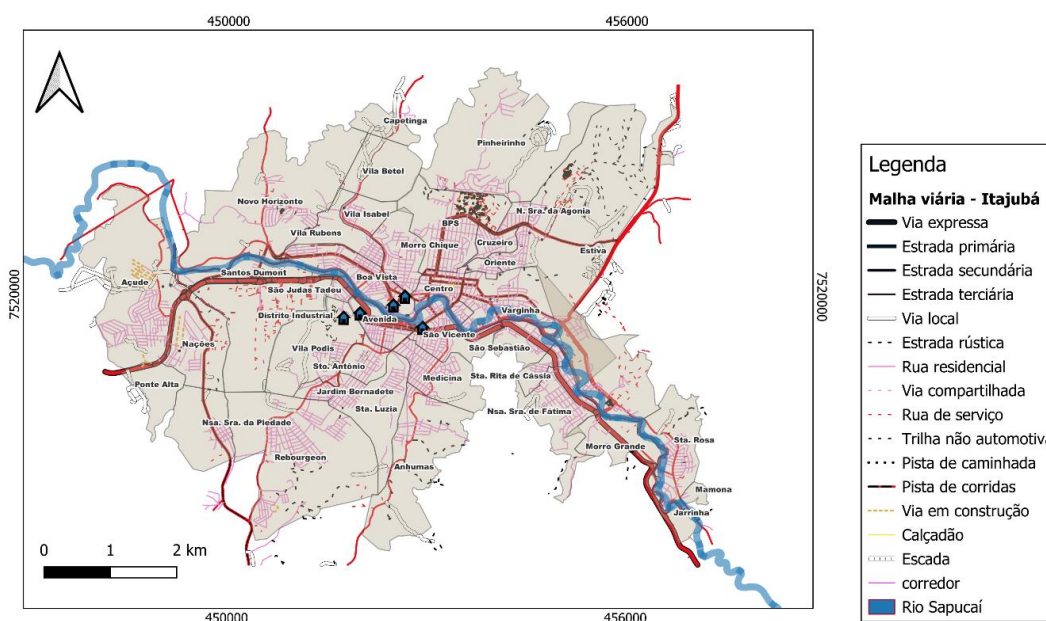
Fonte: Autoria própria.

Nota-se que os valores mais altos relacionados à densidade demográfica do

perímetro urbano de Itajubá abrange bairros como o Pinheirinho, BPS, Morro Chique e Vila Isabel. A explicação para esse fato está na distribuição da ocupação do solo dentro do município, já que esses bairros possuem uma maior concentração de áreas residenciais, diferente de áreas como o bairro Vila Podis e Santo Antônio que possuem mais áreas de vegetação densa e os bairros Estiva e Nossa Senhora da Agonia que possuem grandes porções com áreas de vegetação rasteira/pastagem. As áreas como o Centro, Varginha, Boa Vista e Medicina possuem densidade demográfica de 200 – 300 hab/km² e concentram a maior parte das áreas comerciais dentro do município, onde há um fluxo de pessoas vindas de bairros vizinhos para trabalhar, mas não mantêm residência no local.

O traçado urbano de Itajubá concentra-se nas proximidades dos principais rios da cidade, com a via expressa (rodovia BR459) margeando o Rio Sapucaí e cruzando a cidade de leste a oeste (Figura 11). Como outras cidades com população próxima a 100.000 habitantes, Itajubá conta com importantes vias e rodovias, incluindo vias expressas, estradas primárias, secundárias e terciárias, que cruzam o município em diversas direções. O traçado urbano contém as infraestruturas existentes, como ruas, avenidas e edifícios, e é essencial para a avaliação e gestão de riscos.

Figura 11 - Traçado urbano da cidade de Itajubá (MG).

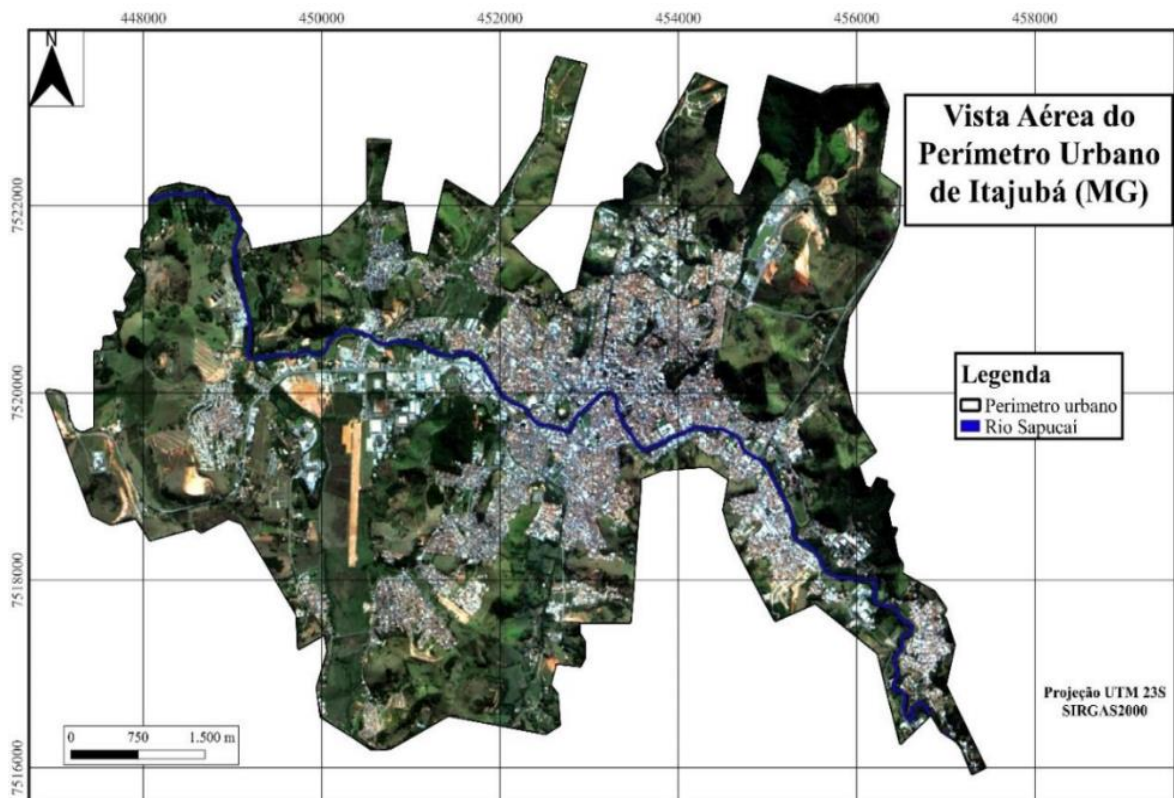


DATUM SIRGAS 2000 UTM zona 23S

Fonte: Autoria própria.

Bucker (2023) observa que o rio Sapucaí corta a área urbanizada da cidade no sentido SE-NW (Figura 12), iniciando-se no bairro Santa Rosa, na porção inferior direita, e terminando no bairro Santos Dumont, na porção superior esquerda. Além da ocupação ao redor dos vales fluviais, Bucker (2023) destaca que, com o crescimento das atividades comerciais e aumento populacional, houve ocupação indevida nas encostas e ao longo das rodovias.

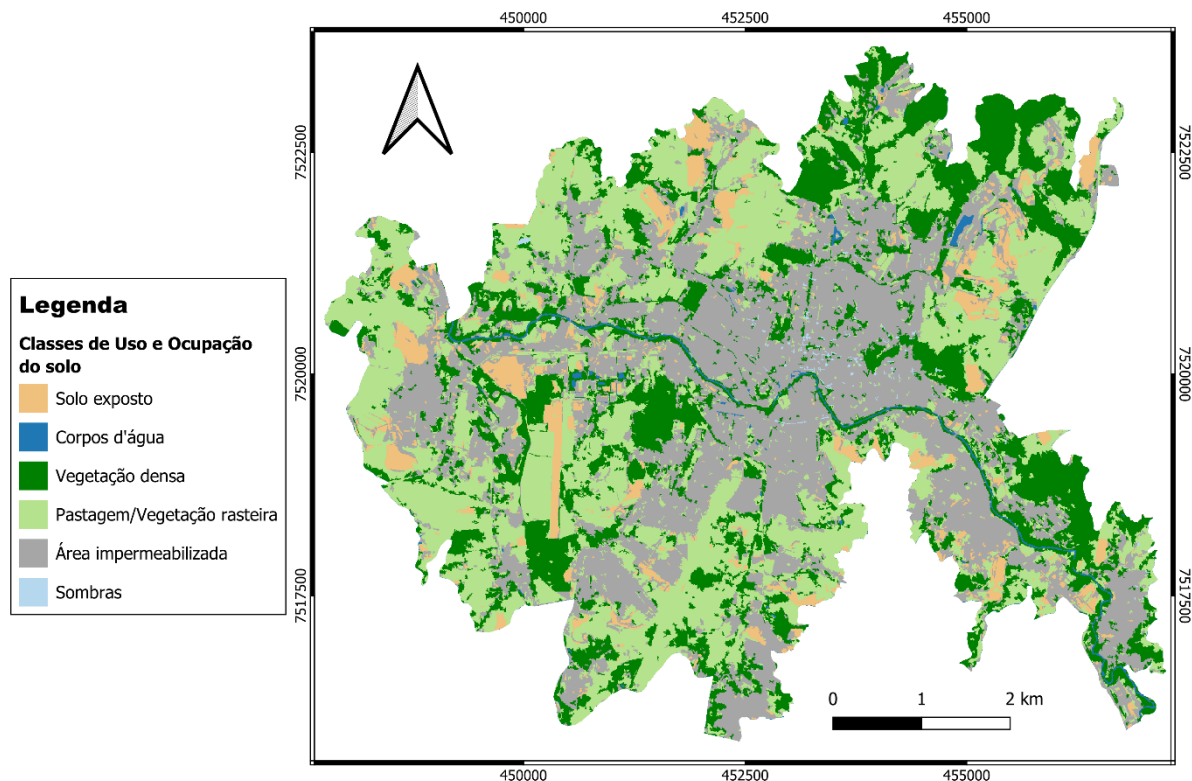
Figura 12 - Vista aérea do perímetro urbano de Itajubá com destaque para o Rio Sapucaí.



Fonte: Bucker (2023).

A análise do uso e ocupação do solo (Figura 13) em Itajubá evidencia diversas problemáticas relacionadas ao equilíbrio entre urbanização, preservação ambiental e gestão de riscos, especialmente em um município com histórico de inundações. A classe de áreas impermeabilizadas apresenta a segunda maior extensão territorial, sendo superada apenas pela classe de pastagem/vegetação rasteira. A Tabela 2 apresenta a distribuição das áreas, em quilômetros quadrados, bem como suas respectivas porcentagens para as seis classes de uso identificadas no município.

Figura 13 - Mapa de uso e cobertura do solo de Itajubá (MG) do ano de 2024 (Imagem: CBERS 04A de 10 de maio de 2024. Índice Kappa: 98.88%).



Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Classes, extensão e porcentagens de área do uso e ocupação do solo na cidade de Itajubá (MG), ano 2024.

Classes	Área em Km²	(%) de Área
Solo exposto	2,59	6,08
Corpos d'água	0,36	0,85
Vegetação densa	10,05	23,60
Pastagem/ Vegetação rasteira	14,78	34,70
Área impermeabilizada	14,71	34,54
Sombras	0,1	0,23
Total	42,59	100

Fonte: Autoria própria.

Os dados de uso e ocupação do solo revelam que a maior área do perímetro urbano é dominada pela classe de pastagem/vegetação rasteira, que representa 34,70% da área total. Bucker (2023) afirma que essas áreas são predominantemente formadas por vegetações herbáceas, áreas de várzea, pastagens e uso agrícola, indicando um predomínio de ocupação mais extensa, com vegetação rasteira e zonas agrícolas, que cercam, em grande parte, as outras classes.

A classe de área impermeabilizada, que inclui as zonas urbanas construídas e asfaltadas, ocupa uma porção significativa do território urbano (34,54%). Ela está concentrada principalmente na porção central da cidade e se ramifica em várias direções, como oeste, sudoeste, sudeste e nordeste, correspondendo à urbanização e expansão das áreas urbanas.

A classe de vegetação densa, com 23,60% da área, está concentrada em fragmentos florestais localizados principalmente na porção leste do perímetro urbano, abrangendo áreas de morros e apresentando alguma continuidade. Os fragmentos na porção oeste são menores e mais espaçados, refletindo o processo de desmatamento e urbanização.

A classe de solo exposto, que representa 6,08% da área total, se localiza nos limites externos das áreas construídas e está associada à expansão da urbanização. Ela indica áreas desprovidas de vegetação, onde há um processo de degradação ou preparação para a construção de novas infraestruturas.

Por fim, a classe de corpos d'água, com 0,85% da área, é a menor e está representada pelo Rio Sapucaí e pequenas porções de corpos d'água espalhados pelo município.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO DA CIDADE DE ITAJUBÁ

4.2.1 Declividade e hipsometria

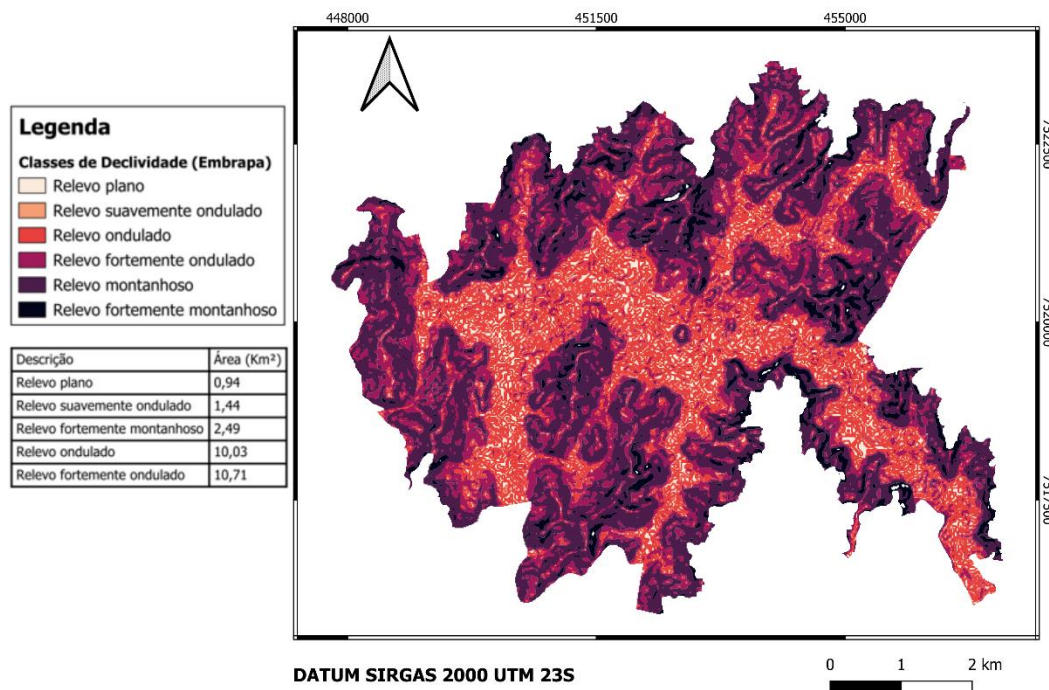
A declividade do perímetro urbano de Itajubá revela predominância de relevos mais planos ao longo do Rio Sapucaí e seus afluentes.

A topografia da cidade de Itajubá é predominantemente ondulada-montanhosa, com 10% de áreas planas, 12% de áreas onduladas e 78% de áreas montanhosas. O mapa de declividades (Figura 14) é crucial para identificar pontos de acúmulo de água e escoamento superficial, uma vez que áreas com declividade acentuada têm escoamento mais rápido, enquanto áreas mais planas podem acumular água em eventos de precipitação intensa.

Segundo Teixeira (2022), áreas planas estão sujeitas à dinâmica dos cursos d'água, incluindo terraços fluviais e planícies de inundação, além de áreas em topos de morros aplainados. Em contrapartida, áreas com declividade superior a 30° (~51%) são de uso restrito pelo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), sendo mais propensas a processos geodinâmicos. As encostas com declividade superior a 45°,

correspondendo a 100% na linha de maior declive, são definidas como Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2012). Assim, áreas de baixa declividade facilitam a aprovação de ocupação urbana, o que é observado em Itajubá, onde grande parte da população se concentra nas áreas de baixa declividade, às margens do Rio Sapucaí.

Figura 14 - Mapa de declividade do perímetro urbano de Itajubá (MG).

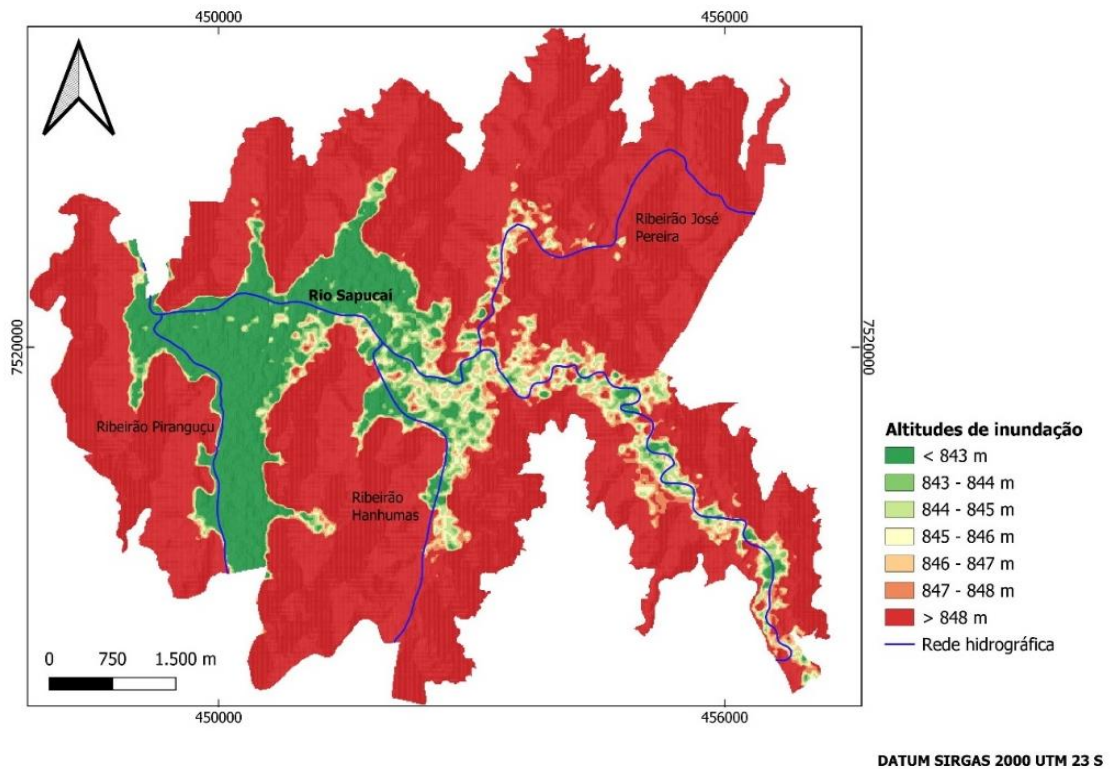


Fonte: Autoria própria.

O território de Itajubá está situado entre altitudes de 830 a 1.743 metros (Pedrosa, 2019), com as maiores elevações concentradas no Nordeste, enquanto o perímetro urbano varia entre 833 e 961 metros. Considerando o estudo de Martins (2022), em que as cotas de inundação variam de 844 m a 848 m, o mapa hipsométrico (Figura 15) deste trabalho foi elaborado com classes de elevação dentro dessas cotas.

O mapa hipsométrico mostra que altitudes abaixo da cota de inundação representam uma parte considerável da área urbanizada de Itajubá. Também se observa que entre os três ribeirões afluentes da bacia do Rio Sapucaí, as áreas próximas ao ribeirão Piranguçu têm maior probabilidade de alagamento, em contraste com o ribeirão José Pereira. A porção oeste de Itajubá, com áreas mais baixas, apresenta maior risco de alagamentos.

Figura 15 - Mapa hipsométrico considerando somente o intervalo entre as cotas de inundação de Martins (2022).



Fonte: Autoria própria.

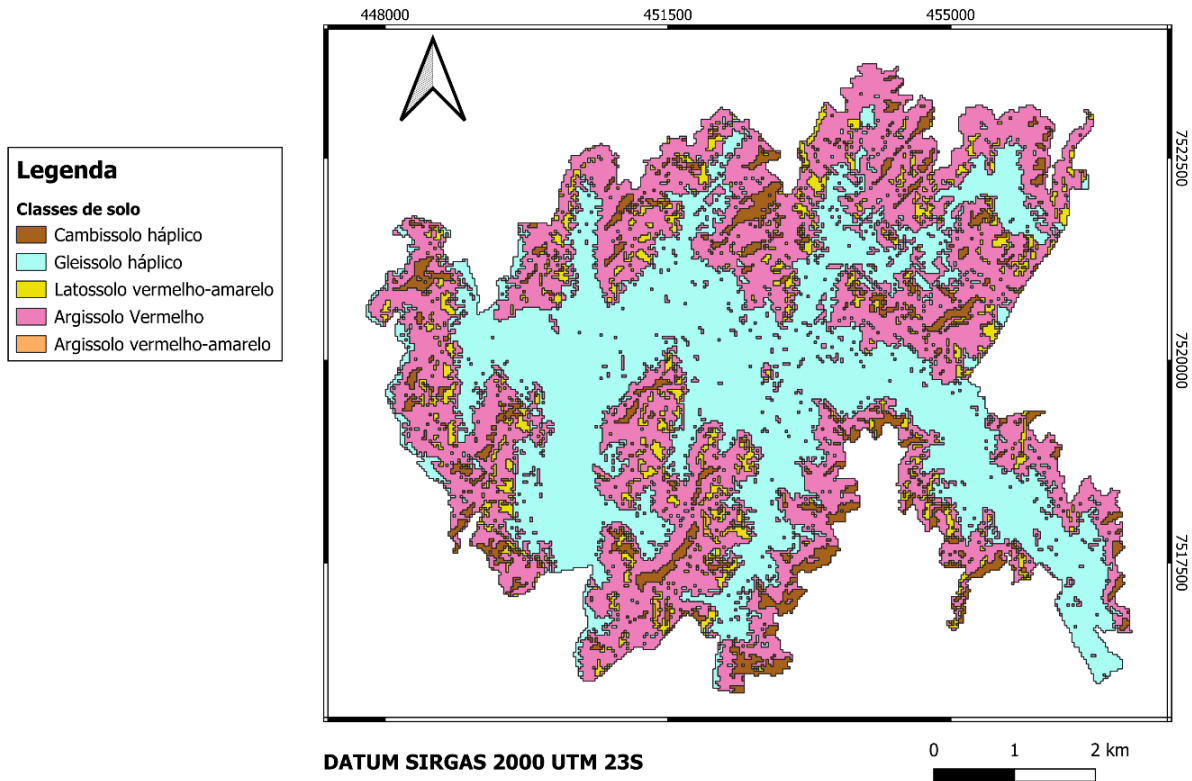
4.2.2 Pedologia

Segundo Gonçalves et al. (2021), as ordens de solos encontradas no perímetro urbano de Itajubá (MG) são: Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Gleissolo Háplico e Latossolo Vermelho-Amarelo (Figura 16).

Os Gleissolos Háplicos recobrem a maior parte do perímetro urbano e são responsáveis pelo acúmulo de água nas áreas mais planas do município.

Os Argissolos Vermelhos estão associados às áreas de relevo declivosas do perímetro urbano e devido as suas características texturais e a sua composição, apresentam maior pré-disposição à erosão, sendo encontrados junto aos Cambissolos Háplicos, Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos.

Figura 16 - Mapa pedológico do perímetro urbano de Itajubá.



Fonte: adaptado de Gonçalves et al. (2021).

4.3 ITAJUBÁ NO CONTEXTO DE EVENTOS EXTREMOS DE INUNDAÇÕES

O município de Itajubá, área de estudo do presente trabalho, já atendia aos critérios definidos pela ação conjunta dos Ministérios envolvidos no PAC 2 e no Programa 2040 de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres (GRRD), que resultou na lista dos 821 municípios críticos a serem priorizados. Naturalmente, Itajubá permaneceu na relação atualizada (Quadro 4) dos 1.942 municípios identificados em março de 2023.

Quadro 4 - Informações extraídas da lista dos 1.942 municípios mais suscetíveis às ocorrências de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais. Base de dados utilizada: de 1991 a 2022

Código (IBGE)	UF	Município	População Total (Censo 2022)	Pessoas em áreas mapeadas ao risco geo-hidrológico	Tipo de risco
6753132404	MG	Itajubá	93.073	26.801	Deslizamento Enxurrada Inundação

Fonte: BRASIL (2023).

As informações contidas na Nota Técnica de 2023 (BRASIL, 2023), destacam a urgência e relevância de determinar locais seguros para o assentamento de abrigos temporários no município de Itajubá. Dentre a população estimada de Itajubá de 93.073 habitantes, 26.801 residem em áreas mapeadas como de risco geo-hidrológico, abrangendo os três tipos de risco analisados: deslizamento, enxurrada e inundação. Isso equivale a 28,8% da população em situação de vulnerabilidade (BRASIL, 2023).

Os registros históricos das cheias em Itajubá (Quadro 5) evidenciam o potencial da bacia do rio Sapucaí para gerar enchentes e a vulnerabilidade do município a esses eventos. Pinheiro (2005) destaca que as enchentes estão diretamente relacionadas às chuvas frontais, caracterizadas por sua abrangência espacial em toda a bacia e por durarem mais de 24 horas.

Quadro 5 - Relato histórico de cheias em Itajubá

MÊS	ANO	PORTE	MÊS	ANO	PORTE
11	1821		01	1946	
12	1872		03	1947	
03	1874	Grande	03	1948	
03	1875		01	1949	Grande
02	1877		02	1950	
02	1879		01	1951	
01	1881	Grande	03	1952	

Continua

Continuação

01	1882		02	1956	Média
01	1883		01	1957	Grande
02	1884		02	1958	
01	1885		01	1959	
01	1891		03	1961	
11	1895		03	1962	
	1905	Grande	01	1963	
	1906		02	1964	
10	1918		01	1965	
02	1919		03	1966	
	1922		01	1967	
	1924	Localizada	10	1978	
	1926	Localizada	01	1979	
	1929	Grande	01	1980	
12	1930		01	1981	Grande
02	1931		03	1982	
01	1932		02	1983	
12	1933		01	1984	
12	1934		03	1985	
02	1935		03	1986	
03	1936		01	1987	Grande
12	1937		03	1988	
12	1938		01	1989	
01	1939		01	1991	Grande
02	1940		12	1994	
12	1941		02	1995	
03	1942		03	1996	
02	1943		03	1998	
03	1944		03	1999	
02	1945	Grande	01	2000	Grande

Fonte: Modificado de Moraes (2003).

4.3.1 Mapeamento da área de risco de inundação na cidade de Itajubá (MG)

Para obter um mapa final de suscetibilidade a inundação no município de Itajubá, Carvalho (2018) calculou parâmetros\índices morfométricos de cada sub-bacia que compõe a bacia na qual a cidade de Itajubá está inserida. Em seguida, aplicou o modelo HAND (*Height Above Nearest Drainage*) para toda a bacia e, por fim, cruzou os resultados destas duas etapas, obtendo a suscetibilidade final a inundação.

A porção urbanizada do município frequentemente sofre eventos inundacionais nas épocas de verão, mais especificamente janeiro e fevereiro, devido

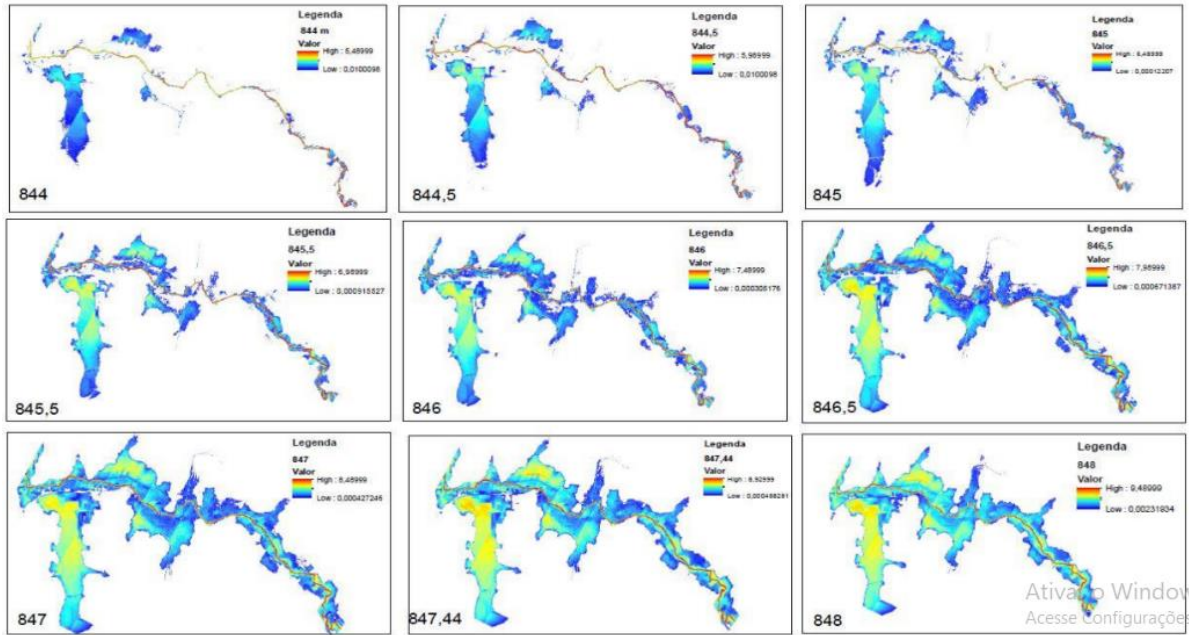
ao grande acúmulo de chuvas na região em um curto espaço de tempo. A suscetibilidade à inundação indica que no perímetro urbano, as regiões de planície de inundação pertencentes ao Rio Sapucaí e de seus afluentes que englobam os córregos urbanos de Itajubá, apresentam alta suscetibilidade de leste a oeste, e de noroeste a sudoeste, a esses eventos destrutivos (Bucker, 2023).

Martins (2022), visando a confecção de um modelo para estimativa de prejuízos causados pelas cheias nas residências e veículos na cidade de Itajubá, desenvolveu manchas de inundação para as cotas da lâmina d'água de 844 até 848, utilizando o MDE de resolução de 10 metros obtido pela empresa SAI – Serviços a Laser Aerotransportado. Após obter dois pontos com cotas altimétricas conhecidas, Martins (2022) conseguiu gerar a rampa de declividade. De acordo com o estudo realizado, a cota de montante está localizada na captação de água da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), localizada no bairro Santa Rosa, onde há um ponto de coleta de dados, e a cota de jusante está localizada na saída do bairro do Açude.

As manchas de inundação elaboradas por Martins (2022) apresentam áreas susceptíveis a inundação em diferentes cotas altimétricas e variam de 844 metros a 848 metros (Figura 17). Cada imagem destaca as áreas que seriam inundadas com o aumento do nível de água. A legenda em cada mapa indica os valores associados ao risco de inundação, onde as cores variam de azul (baixa intensidade ou menor risco) a amarelo/vermelho (alta intensidade ou maior risco).

Considerando a topografia local, à medida que as cotas altimétricas do terreno aumentam, as áreas inundadas diminuem: regiões de altitude mais baixa apresentam maior vulnerabilidade, enquanto áreas mais elevadas são menos suscetíveis. Esse fato foi determinante para a identificação e geração do mapa de intensidade de risco do presente trabalho.

Figura 17 - Mancha de inundação para o município de Itajubá com cotas da lâmina d'água variando de 844 a 848.

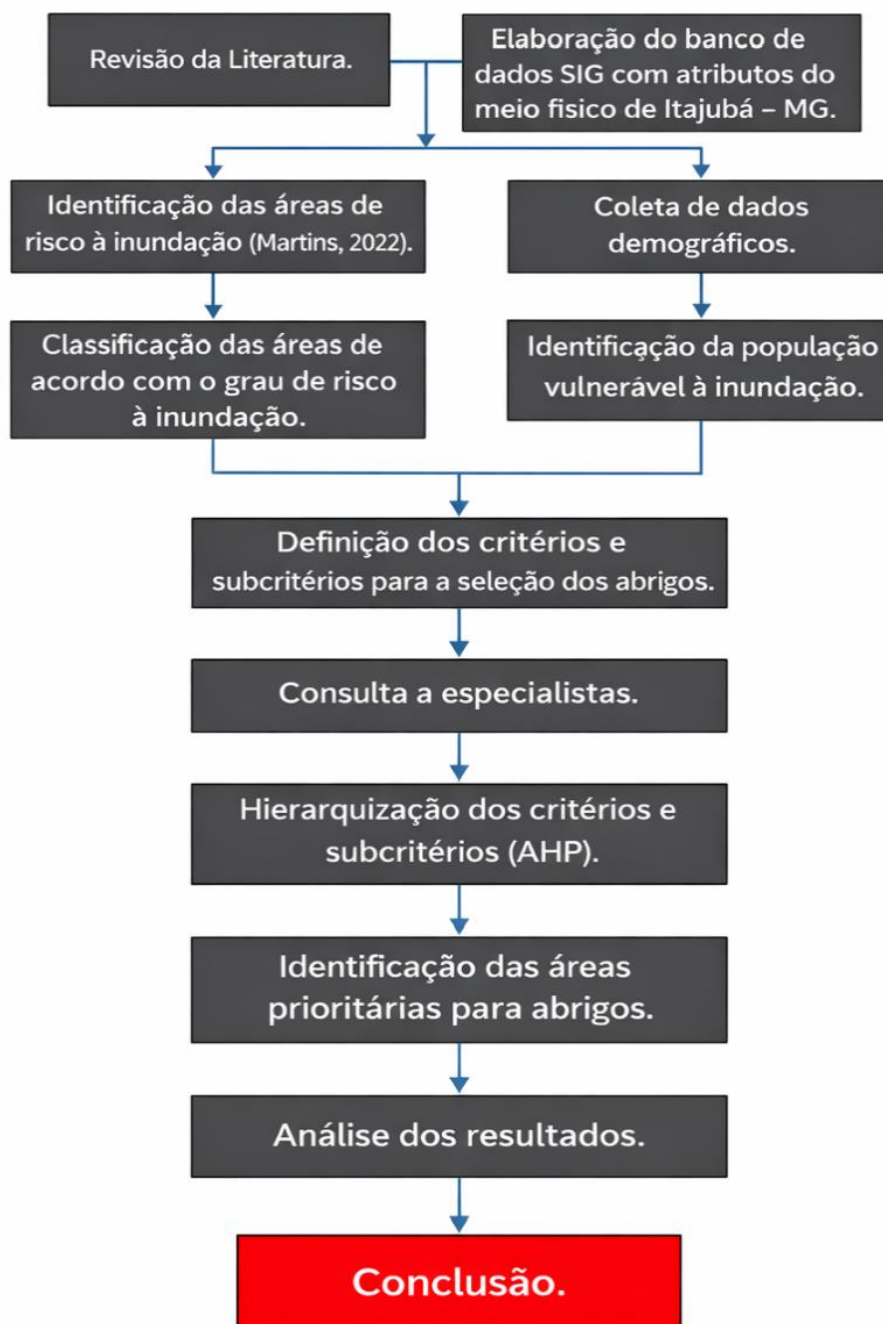


Fonte: Martins (2022).

5 METODOLOGIA

A metodologia, conforme indicado no fluxograma (Figura 18), baseou-se em uma revisão da literatura para fundamentar o estudo, seguida pela elaboração de um banco de dados em SIG contendo informações do meio físico de Itajubá (MG), identificação das áreas de risco à inundação de acordo com Martins (2022) e pela coleta de dados demográficos para identificar a população vulnerável às inundações.

Figura 18 - Fluxograma dos processos metodológicos adotados no trabalho.



Fonte: Autoria própria.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO

Para a realização desta etapa foram obtidas as manchas de inundação de MARTINS (2022), sendo destacadas as cotas de inundação 845 m, 846 m e 848 m e as instituições que estão em áreas seguras em relação a elas. Essas cotas foram escolhidas por apresentar uma variabilidade significativa da mancha de inundação,

apesar do pequeno intervalo de cota entre elas. As manchas de inundação de Martins (2022) referentes às cotas 842 metros até 848 metros, também foram necessárias para definição dos graus de risco de inundação do município.

5.2 DEFINIÇÃO DA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO

Para a elaboração do presente trabalho, um fator necessário a ser considerado para o deslocamento da população vulnerável situada em áreas de risco é a determinação das zonas seguras.

Diante disso, foi elaborado um mapa com a probabilidade de ocorrência de inundação no município de Itajubá, utilizando as cotas de inundação de Martins (2022),

As manchas de inundação por cotas, segundo Martins (2022), sobrepostas aos mapas do traçado urbano da cidade de Itajubá (MG), permitiu identificar sete classes de probabilidade (Tabela 3), variando de muito baixo, baixo, moderado, moderadamente alto, alto, muito alto e crítico.

Tabela 3 – Probabilidade de ocorrência de inundação com base nas cotas definidas por Martins (2022).

Probabilidade	Cotas definidas por Martins (2022)
Muito baixo	848 metros
Baixo	847 metros
Moderado	846 metros
Moderadamente alto	845 metros
Alto	844 metros
Muito alto	843 metros
Crítico	842 metros

Fonte: Autoria própria.

A escolha das cotas de inundação de Martins (2022) como base para a classificação da probabilidade se deve ao fato de que áreas mais baixas estão mais suscetíveis à inundação, enquanto áreas mais altas apresentam menor probabilidade de serem afetadas. Essa lógica de classificação foi aplicada com base na compreensão hidrológica do comportamento das inundações e na relação de

topografia entre as cotas altimétricas e de suscetibilidade à inundação.

O processo para a realização dos estudos de Martins (2022) envolveu a definição da linha d'água ao longo do trecho estudado, adotando uma cota de montante e utilizando a declividade de 0,68m/km, conforme determinado por Pinheiro (2005) para calcular a cota de jusante. Através da metodologia adotada, Martins (2022) gerou uma imagem *raster* de um plano inclinado no software Global Mapper 13, representando a declividade da linha d'água. O critério adotado foi: se a cota do terreno (representado pelo MDE) em determinado ponto fosse maior que a linha d'água, o valor da linha d'água seria mantido; caso contrário, utilizava-se os valores do terreno. O processo resultou na eliminação de pontos acima da linha d'água, permitindo a delimitação precisa das manchas de inundação para as cotas entre 842 e 848 metros.

5.3 IDENTIFICAÇÃO DA POPULAÇÃO VULNERÁVEL À INUNDAÇÃO

A identificação da população exposta às áreas de risco à inundação considerou a sobreposição de duas camadas temáticas: o mapa contendo os setores censitários e a mancha de inundação de Martins (2022) para a cota de 848 metros.

Os dados vetoriais dos setores censitários do IBGE (2022) apresentam, entre seus atributos, o campo *V0001*, que indica o número total de habitantes residentes em cada setor censitário (SIURB, 2022). Esses dados foram integrados à mancha de inundação elaborada por Martins (2022) para a estimativa da população vulnerável. As duas camadas foram processadas, utilizando a ferramenta de interseção espacial, que permitiu delimitar as áreas de sobreposição entre os setores censitários e a zona inundável.

Para cada feição resultante, foi calculada a área em quilômetros quadrados (km²) e determinada a proporção do setor inserida na área de inundação. Considerando a distribuição homogênea da população dentro de cada setor, estimou-se o número de habitantes vulneráveis a partir da expressão aplicada no Calculador de Campos do software QGIS:

$$Pop\ Vulnerável = V0001 \times \frac{área\ de\ interseção}{área\ do\ setor} \quad (3.5)$$

O resultado foi armazenado em um novo campo denominado *pop_vulnerável*, representando a população estimada em cada porção de setor atingida pela mancha de inundação.

Posteriormente, a soma de todos os valores do campo *pop_vulnerável* foi obtida por meio da ferramenta “Estatísticas da Coluna” do QGIS, resultando em 35.415 habitantes potencialmente expostos às inundações no perímetro urbano de Itajubá.

5.4 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS PARA ESCOLHA DOS LOCAIS DE ABRIGO E AHP

Para aplicar o método multicritério AHP em ambiente SIG, foi necessário, primeiramente, definir os critérios que seriam adotados para a escolha dos locais de abrigo.

A definição dos critérios e subcritérios para a seleção dos locais de abrigo foi embasada revisão teórica, nas características do meio físico e de infraestrutura da cidade e na consulta a especialistas que compõem o corpo docente da Universidade Federal de Itajubá, Corpo de Bombeiros e Prefeitura do Município de Itajubá. Os critérios adotados foram os seguintes: (i) concentração de pontos de abrigos, (ii) altitude (modelo hipsométrico), (iii) tamanho da lâmina d’água e (iv) distância dos rios.

i) O mapa de concentração dos possíveis abrigos foi elaborado utilizando o método de Kernel, onde locais mais concentrados possuem maior relevância em relação aos locais mais dispersos.

Os possíveis abrigos temporários foram definidos com base no Plano de Contingência (Plancon) de Itajubá do ano de 2014 em que escolas e creches foram selecionadas como possíveis abrigos temporários em situação emergencial. Com o objetivo de expandir o universo de opções além dos abrigos definidos pelo Plancon, o presente trabalho acrescentou universidades, Igrejas, ginásios e clubes campestres (Tabela 4) que podem ser utilizados como abrigos temporários para a população vulnerável, considerando as estruturas necessárias para a definição de um abrigo adequado. O Plano de Contingência (PLANCON) do município de Itajubá já estabelece a capacidade de acomodação dos abrigos temporários previamente cadastrados, conforme apresentado no Apêndice A. No entanto, para a estimativa da capacidade de acomodação dos abrigos temporários adicionais propostos no presente estudo, adotaram-se os parâmetros estabelecidos pelo

Proyecto Esfera (2018), o qual recomenda uma área mínima de 3,5 m² de espaço habitacional por pessoa em abrigos coletivos, desconsiderando-se as áreas destinadas ao preparo de alimentos, instalações sanitárias e áreas de banho.

Com base nesse critério, procedeu-se à mensuração da área útil interna das edificações passíveis de utilização como abrigo temporário por meio do software *Google Earth*, obtendo-se a área em metros quadrados. Posteriormente, a capacidade de acomodação foi estimada pela razão entre a área útil disponível e o valor mínimo de espaço habitacional por pessoa recomendado Proyecto Esfera (2018).

Adicionalmente, a capacidade de acomodação associada à algumas instituições de ensino superior foram estimadas a partir das informações oficiais de área útil das salas de aula constantes em documentos institucionais. No caso da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), a área total das salas de aula corresponde a 6.863,20 m², conforme indicado no Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2024–2028, a partir da qual foi estimada a capacidade teórica de acomodação seguindo os parâmetros do Proyecto Esfera (2018). De forma análoga, para o Centro Universitário de Itajubá (FEPI), adotou-se a área total de 4.700 m² referente às salas de aula, conforme informado no Projeto Político-Pedagógico de 2022, utilizando-se o mesmo critério de área mínima por pessoa para a estimativa da capacidade de acomodação de abrigo temporário.

Tabela 4 - Abrigos temporários sugeridos pelo Plancon de Itajubá e propostos nesta pesquisa.

Seq.	Origem	Instituição	Tipo	Nº de Acomodações	Zona
1	Plancon	Desembargador Fco. Pereira Rosa	Escola	120	Urbana
2	Plancon	Prof. Geralda Cerávolo Rodrigues	Escola	90	Urbana
3	Plancon	E.M. Ana Junqueira Ferraz	Escola	60	Rural
4	Plancon	E.M. Coronel Silvestre	Escola	30	Rural
5	Plancon	E.M. Durval Braga	Escola	40	Urbana
6	Plancon	E.M. Francisco Florêncio da Silva	Escola	50	Rural
7	Plancon	CIEM Cyrillo Rodrigues de Souza	Escola	100	Urbana
8	Plancon	E.M. Francisco Pereira Coutinho	Escola	160	Urbana
9	Plancon	E.M. Olimpio José Joaquim	Escola	40	Rural

Continua

Continuação

10	Plancon	E.M. Padre Donato	Escola	100	Urbana
11	Plancon	E.M. Prof. Carmo Cascardo	Escola	80	Urbana
12	Plancon	E.M. São Judas Tadeu	Escola	80	Urbana
13	Plancon	E.M. São Vicente de Paulo	Escola	60	Urbana
14	Plancon	E.M. Wenceslau Neto	Escola	80	Urbana
15	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da silva	Creche	40	Urbana
16	Plancon	C.M.E.I Maria Adami Lamóglia	Creche	80	Urbana
17	Plancon	C.M.E.I Sebastião Carlos de Oliveira	Creche	50	Urbana
18	Plancon	C.M.E.I Padre Moye	Creche	40	Urbana
19	Plancon	C.M.E.I Irmã Maria Auxiliadora	Creche	70	Urbana
20	Plancon	Lar de meimei	Creche	50	Urbana
21	Plancon	Casa da Criança	Creche	60	Urbana
22	Plancon	Os Pequenininos	Creche	50	Urbana
23	Plancon	E.M. Alcides Faria	Escola	30	Rural
24	Plancon	E.M. Dr. Antônio Salomon	Escola	90	Urbana
25	Plancon	E.M Dr. Xavier Lisboa	Escola	110	Urbana
26	Plancon	E.M. Isaura pereira dos santos	Escola	90	Urbana
27	Plancon	E.M Santo Agostinho	Escola	80	Urbana
28	Plancon	E.M São Sebastião	Escola	80	Urbana
29	Plancon	E.M Teodomiro Santiago	Escola	80	Urbana
30	Plancon	E.M. Professor Rafael Magalhães	Escola	80	Urbana
31	Plancon	C.M.E.I Gasparina Maia	Creche	100	Urbana
32	Plancon	C.M.E.I Maria Emilia Mauad	Creche	40	Urbana
33	Plancon	C.M.E.I Sebastião G de Oliveira	Creche	80	Urbana
34	Plancon	C.M.E.I Vivi Sanches de Mendonça	Creche	40	Urbana
35	Plancon	C.M.E.I Nossa Senhora de Lourdes	Creche	50	Urbana
36	Plancon	C.M.E.I Professora Ailema S. Gama	Creche	100	Urbana
37	Plancon	C.M.E.I Professora Nair Prado	Creche	100	Urbana
38	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da silva - Moquem	Creche	90	Urbana
39	Plancon	Criança Feliz	Creche	30	Urbana
40	Sugestão do autor	Santuário Nossa Senhora da Agonia	Igreja	184	Urbana
41	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora das Graças	Igreja	250	Urbana
42	Sugestão do autor	Igreja São Benedito	Igreja	116	Urbana
43	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora da Soledade	Igreja	199	Urbana
44	Sugestão do autor	Igreja Santo Antônio	Igreja	125	Urbana

Continua

Continuação

45	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora do Perpétuo Socorro	Igreja	69	Urbana
46	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora de Fátima	Igreja	97	Urbana
47	Sugestão do autor	Igreja São José Operário	Igreja	188	Urbana
48	Sugestão do autor	Igreja Batista de Itajubá	Igreja	45	Urbana
49	Sugestão do autor	Igreja Sagrado Coração de Jesus	Igreja	77	Urbana
50	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora Aparecida	Igreja	71	Urbana
51	Sugestão do autor	Igreja São Sebastião	Igreja	17	Urbana
52	Sugestão do autor	Igreja Sagrada Família	Igreja	75	Urbana
53	Sugestão do autor	Igreja Santa Teresinha do Menino Jesus	Igreja	56	Urbana
54	Sugestão do autor	Igreja Santa Isabel	Igreja	67	Urbana
55	Sugestão do autor	Igreja São Paulo Apóstolo	Igreja	50	Urbana
56	Sugestão do autor	Instituto Padre Nicolau	Igreja	82	Urbana
57	Sugestão do autor	Igreja Santa Luzia	Igreja	61	Urbana
58	Sugestão do autor	Capela Nossa Senhora do Rosário	Igreja	57	Urbana
59	Sugestão do autor	Igreja de São Pedro	Igreja	100	Rural
60	Sugestão do autor	Igreja Nossa senhora Auxiliadora	Igreja	39	Rural
61	Sugestão do autor	Capela São Francisco de Assis	Igreja	69	Urbana
62	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Varginha	Ginásio	266	Urbana
63	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Prefeito Tigre Maia (Tigrão)	Ginásio	371	Urbana
64	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo da Unifei	Ginásio	343	Urbana
65	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Rebourgeon	Ginásio	268	Urbana
66	Sugestão do autor	Universidade Federal de Itajubá	Universidade	1961	Urbana
67	Sugestão do autor	Clube Recr. Esportivo de Servidores da Prefeitura de Itajubá (CRESPI)	Clube campestre	77	Urbana
68	Sugestão do autor	Atlético Futebol Clube	Clube campestre	372	Urbana
69	Sugestão do autor	Clube Itajubense	Clube campestre	225	Urbana

Continua

Continuação

70	Sugestão do autor	Clube 16 de julho	Clube campestre	191	Urbana
71	Sugestão do autor	Country Clube Itajubá	Clube campestre	255	Urbana
72	Sugestão do autor	Clube Yuracan	Clube campestre	87	Urbana
73	Sugestão do autor	Sede Social Clube Itajubense	Clube campestre	69	Urbana
74	Sugestão do autor	Diretório Acadêmico da Unifei	universidade	155	Urbana
75	Sugestão do autor	Prédio Central da Unifei	Universidade	321	Urbana
76	Sugestão do autor	Centro Universitário FEPI	Universidade	1.343	Urbana
77	Sugestão do autor	Faculdade de Medicina de Itajubá (FMIT)	Universidade	1.466	Urbana
78	Sugestão do autor	Faculdade Wenceslau Braz (FWB)	Universidade	234	Urbana
79	Sugestão do autor	Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas do Sul de Minas (FACESM)	Universidade	1.857	Urbana
80	Sugestão do autor	Centro de Educação profissional	Universidade	286	Urbana
81	Sugestão do autor	SERVICO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (Senai)	Centro de Ensino	646	Urbana

Fonte: Autoria própria.

Ao todo foram definidos oitenta e um (81) abrigos temporários, sendo setenta e quatro (74) localizados dentro do perímetro urbano de Itajubá e sete (7) localizados nas áreas rurais do município. A capacidade total estimada de acomodação dos abrigos temporários, englobando os abrigos já cadastrados no PLANCON e aqueles sugeridos pelo autor do presente trabalho, corresponde a 15.687 pessoas.

ii) Para a caracterização do relevo, foram elaborados os mapas temáticos de hipsometria, sendo utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros, obtido na plataforma ASF Data Search Vertex (ASF, 2011).

iii) O mapa de profundidade de inundação foi gerado através das cotas de inundação propostas por Martins (2022). A profundidade é a lâmina d'água após o transbordamento da água que já se encontra fora da calha do rio.

iv) E, por fim, o mapa de distância dos rios, onde foram gerados *buffers* de distância fixa em intervalos de 100 metros até 600 metros.

Na sequência, foi feita a padronização e igualadas as classes dos critérios espaciais utilizados no modelo multicritério. Essa etapa consistiu na elaboração de matrizes de comparação par a par com base na escala de Saaty (1980a), que permite atribuir pesos relativos entre classes de cada critério, considerando sua influência na escolha de áreas seguras para instalação de abrigos temporários.

As matrizes foram construídas para os critérios definidos anteriormente e a estruturação das comparações seguiu o princípio de que quanto mais favorável uma classe for à localização de abrigos seguros, maior será seu peso relativo em relação às demais. Portanto, foram determinadas 6 classes para cada critério avaliado.

Para a construção das matrizes comparativas, cada classe de critério foi previamente hierarquizada de acordo com sua representatividade na análise, utilizando-se valores da escala fundamental de Saaty (1980a). Nesse processo, foram atribuídos pesos diretos às classes com base em seu grau de influência, variando entre 1 e 9, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Importância das classes e seus respectivos pesos.

Classes	Pesos
Menos importantes	1,00
Intermediárias	3,00 a 5,00
Importantes	7,00 a 9,00

Fonte: Autoria própria, adaptado de SAATY (1980).

5.5 HIERARQUIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS

Para a hierarquização dos critérios e subcritérios que possam influenciar na seleção dos abrigos temporários comunitários ou coletivos, foi aplicado o método

AHP, o qual permite a organização hierárquica com base em comparações par a par e pesos relativos por meio de consultas à especialistas dentre pesquisadores, funcionários da prefeitura de Itajubá, do corpo de bombeiros de Itajubá e de docentes da Universidade Federal de Itajubá.

Para isso, foram enviados e-mails para 16 especialistas, contendo um convite para participar da pesquisa, um tutorial de preenchimento (Apêndice B) e uma planilha para ser preenchida (Apêndice C). Dos 16 especialistas convidados, somente 11 responderam.

As respostas dos especialistas que determinaram os critérios e subcritérios relevantes, mas não atingiram o CR (Grau de Consistência) menor que 0,1, foram descartadas da análise (Quadro 6).

Quadro 6 - Grau de Consistência (CR) da valoração dos critérios dos especialistas.

Número de especialistas	Função/Cargo	Grau de Consistência (CR) dos critérios analisados	Válido/não válido
Especialista 1	Docente/Pesquisador	0,094	Sim
Especialista 2	Docente/Pesquisador	0,004	Sim
Especialista 3	Docente/Pesquisador	0,086	Sim
Especialista 4	Docente/Pesquisador	0,062	Sim
Especialista 5	Docente/Pesquisador	0,003	Sim
Especialista 6	Docente/Pesquisador	0,496	Não
Especialista 7	Docente/Pesquisador	Não respondeu	-
Especialista 8	Pesquisador	0,004	Sim
Especialista 9	Pesquisador	0,0324	Sim
Especialista 10	Pesquisador	0,095	Sim
Especialista 11	Pesquisador	0,011	Sim
Especialista 12	Funcionário/prefeitura	0,011	Sim
Especialista 13	Funcionário/prefeitura	Não respondeu	-
Especialista 14	Corpo de bombeiros	Não respondeu	-
Especialista 15	Corpo de bombeiros	Não respondeu	-
Especialista 16	Corpo de Bombeiros	Não respondeu	-

Fonte: Autoria própria.

Após a fase de definição dos critérios e subcritérios em relação aos aspectos considerados importantes pelos especialistas, foi gerada uma planilha (Tabela 6) com a média geométrica das matrizes de julgamento de dez especialistas, visto que o método analítico multicritério AHP utiliza escalas multiplicativas (1 a 9) e a média geométrica preserva a proporcionalidade entre os julgamentos. É o método sugerido por Saaty (1980) e Saaty & Vargas (1991) para agregação de preferências de um grupo.

Tabela 6 - Média geométrica da valoração dos critérios determinados pelos especialistas.

Ordem	Variáveis	Profundidade	Hipsométrico	Distância dos rios	Concentração
1	Profundidade	1	1,78	3,95	4,51
2	Hipsométrico	0,56	1	2,34	2,75
3	Distância dos rios	0,25	0,43	1	1,58
4	Concentração	0,22	0,36	0,63	1
SOMA		2,04	3,57	7,92	9,84

Fonte: Autoria própria.

Após determinar a média geométrica dos critérios valorados pelos especialistas, foi elaborada a matriz auxiliar de prioridade média local em que os valores dos critérios foram divididos pela soma dos pesos dos critérios resultando na Tabela 7.

Tabela 7 - Matriz auxiliar de prioridade média local.

Ordem	Variáveis	Profundidade	Hipsométrico	Distância dos rios	Concentração
1	Profundidade	0,49	0,50	0,50	0,46
2	Hipsométrico	0,28	0,28	0,30	0,28
3	Distância dos rios	0,12	0,12	0,13	0,16
4	Concentração	0,11	0,10	0,08	0,10

Fonte: Autoria própria.

A soma e a média da Matriz auxiliar de prioridade média local (Tabela 8) é importante para determinar o autovetor prioritário que representa a prioridade relativa de cada critério.

Tabela 8 - Soma, média e autovetor prioritário da matriz auxiliar de prioridade média local.

Soma	Média	Autovetor prioritário
1,95	0,49	48,66
1,13	0,28	28,27
0,53	0,13	13,27
0,39	0,10	9,81

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, a matriz original de comparações é multiplicada pelo autovetor prioritário (tabela 9).

Tabela 9 - Matriz auxiliar de base média local ou matriz de comparação par a par multiplicada pelo autovetor.

Matriz auxiliar de base média local				Autovetor prioritário
1	1,78	3,95	4,51	48,66
0,56	1	2,34	2,75	28,27
0,25	0,43	1	1,58	13,27
0,22	0,36	0,63	1	9,81

Fonte: Autoria própria.

O produto da matriz auxiliar de base média local com o autovetor prioritário resulta na matriz auxiliar para o vetor prioritário A/A" (Tabela 10).

Tabela 10 - Razão entre cada elemento da matriz original (A) e o quociente entre os pesos dos critérios (A').

Matriz auxiliar para o vetor prioritário A/A"							
1	48,66	1,78	28,27	3,95	13,27	4,51	9,81
0,56	48,66	1	28,27	2,34	13,27	2,75	9,81
0,25	48,66	0,43	28,27	1	13,27	1,58	9,81
0,22	48,66	0,36	28,27	0,63	13,27	1	9,81

Fonte: Autoria própria.

No cálculo da matriz critério de consistência (Tabela 11), o valor de λ_{\max} é obtido a partir da média dos valores resultantes da divisão entre o vetor produto da matriz original pelo vetor de prioridades e o próprio vetor de prioridades.

Tabela 11 - Matriz critério de consistência e valor de λ_{\max} .

Matriz Critério de Consistência				Soma	Média
48,65854	50,31573	52,41256	44,22145	195,6083	4,02002
27,33626	28,26726	31,04947	26,9643	113,6173	4,019394
12,31862	12,08003	13,269	15,49221	53,15986	4,006319
10,78903	10,279	8,398103	9,805199	39,27134	4,005155
					16,05089
				Y'm	4,012722

Fonte: Autoria própria.

Obtendo o valor de λ_{\max} utiliza-se a fórmula para encontrar o Índice de consistência (Equação 3.2) que resultou no valor de 0,0042.

De acordo com Saaty (1989), RI é o Índice de Consistência Aleatória, são valores fixos usados como referência e calculado em laboratório em função do número de fatores estudados (n). Portanto, considerando os fatores como profundidade da lâmina d'água, hipsometria, distância do Rio Sapucaí e seus afluentes e a concentração dos possíveis abrigos temporários, temos que $n = 4$, logo $RI = 0,9$. Sendo assim:

$$Cr = Cr = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0042}{0,9} = 0,005 \quad (3.2)$$

Valores de CR inferiores a 0,1 indicam que não há inconsistência significativa nos julgamentos realizados (TEIXEIRA, 2022; SAATY, 1980). Dessa forma, os pesos atribuídos pelos especialistas são considerados consistentes e adequados para a aplicação do método multicritério AHP.

5.5.1 Aplicação da análise multicritério AHP em ambiente SIG

A aplicação do método AHP em ambiente SIG é a fase final da realização do estudo para identificar áreas adequadas à instalação de abrigos temporários.

A partir de vários arquivos rasters é possível definir as ponderações referentes a cada classe de cada mapa, para a análise multicritério. Para isso, utiliza-se o plugin *Análise Multicritério Ponderada – AMP*.

Para utilizar a ferramenta, foi necessário padronizar os arquivos rasters, isto é,

o *plugin* AMP só permite a ponderação com raster que possui banda única em formato *.Tiff* com as mesmas dimensões, tamanhos de pixels, classes e Sistema de Referências de Coordenadas (SRC) (Figura 19).

Figura 19 - Dimensões, tamanho do Pixel e Sistema de e referência de coordenadas (SRC) utilizadas para a padronização dos rasters utilizados no método AHP.

Dimensões	X: 790 Y: 651 Bandas: 1
Origem	447759.4702999999863096,7523688.7707000002264977
Tamanho do Pixel	12,-12

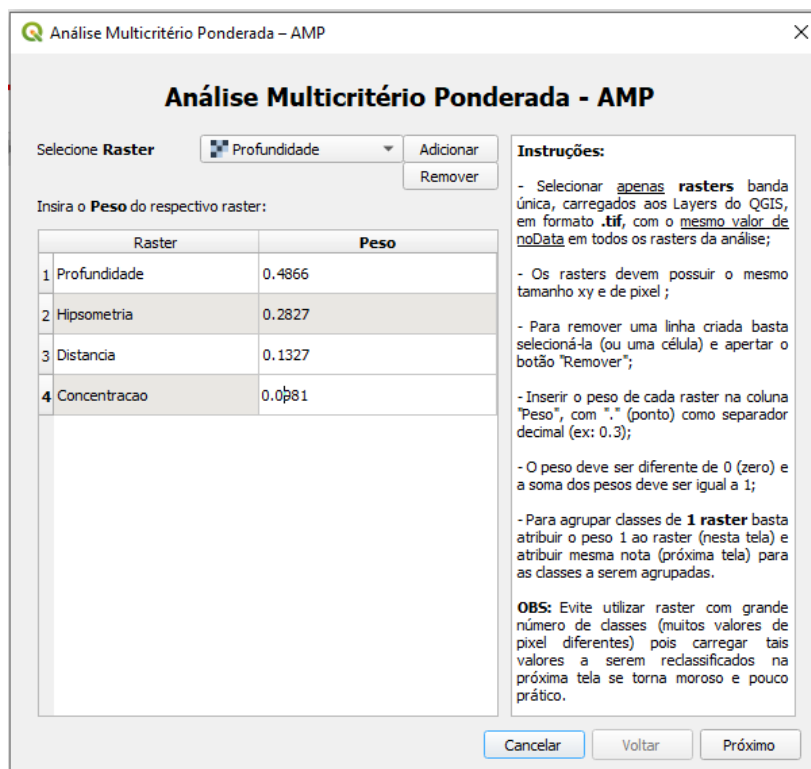
Sistema de referência de coordenadas (SRC)

Nome	EPSG:31983 - SIRGAS 2000 / UTM zone 23S
Unidades	metros

Fonte: Autoria própria.

As camadas vetoriais utilizadas no estudo, profundidade, modelo Kernel da concentração de abrigos e buffers de distância dos rios foram inicialmente convertidas para formato raster. Em seguida, esses dados raster foram padronizados, adotando a hipsometria como referência base para garantir uniformidade espacial e comparabilidade entre as diferentes camadas temáticas. Com a padronização dos rasters, foi possível utilizar os pesos da média algébrica das matrizes dos especialistas para aplicar na ferramenta *AMP* (Figura 20).

Figura 20 - Imagem do Qgis 3.34 com os pesos definidos pela média algébrica dos especialistas.



Fonte: Autoria própria.

Após o preenchimento dos pesos definidos pelos especialistas, iniciou-se o preenchimento das notas definidas para cada classe. Foram definidas 6 classes para ambos os rasters utilizados no estudo, sendo os valores apresentados na Tabela 10.

O resultado da aplicação do método AHP em ambiente SIG indicou as áreas com maior adequação para a localização prioritária de abrigos temporários. No processamento dos dados, ao categorizar o raster final, foram definidas 5 classes, sendo uma classe definida como “no data”, ou seja, algumas áreas do perímetro urbano não possuíam dados suficientes para serem consideradas na análise. Porém, essa ausência de informação não comprometeu a qualidade nem a confiabilidade do resultado final.

5.6 IDENTIFICAÇÃO DOS ABRIGOS TEMPORÁRIOS

Com o resultado final da aplicação do método analítico multicritério AHP em ambiente SIG foi possível determinar a localização dos abrigos temporários utilizando

os abrigos definidos pelo Plancon de Itajubá e aqueles sugeridos pelo autor do presente trabalho. Atendendo à necessidade de validação espacial dos resultados, as manchas de inundação foram sobrepostas às classes do mapa de áreas prioritárias para abrigos temporários em Itajubá (MG). Para essa etapa, adotou-se a mancha de inundação correspondente ao cenário mais crítico, representada pela cota de 848 m, garantindo uma abordagem conservadora e compatível com os princípios da gestão de riscos e desastres.

Essa sobreposição permitiu verificar a coerência entre as classes de adequabilidade obtidas pelo método AHP e a efetiva exposição das áreas às inundações, reforçando a identificação das zonas inadequadas e a maior segurança relativa das áreas classificadas como adequadas e ideais. A partir do mapa final de adequabilidade, os abrigos temporários foram analisados espacialmente, verificando-se sua localização em relação às áreas classificadas.

Ressalta-se que os possíveis pontos de abrigo definidos abrangem exclusivamente o perímetro urbano do município, não incluindo sete escolas definidas pelo Plancon que estão situadas em áreas rurais. Essa abordagem visa assegurar que os abrigos estejam em locais estrategicamente acessíveis e com infraestrutura adequada para atender às necessidades da população durante eventos extremos. Para fins de planejamento e estimativa de atendimento à população, priorizou-se a análise dos abrigos localizados fora das áreas inadequadas, uma vez que estes representam, de forma mais realista, a capacidade efetivamente utilizável durante eventos de inundação.

6 RESULTADOS

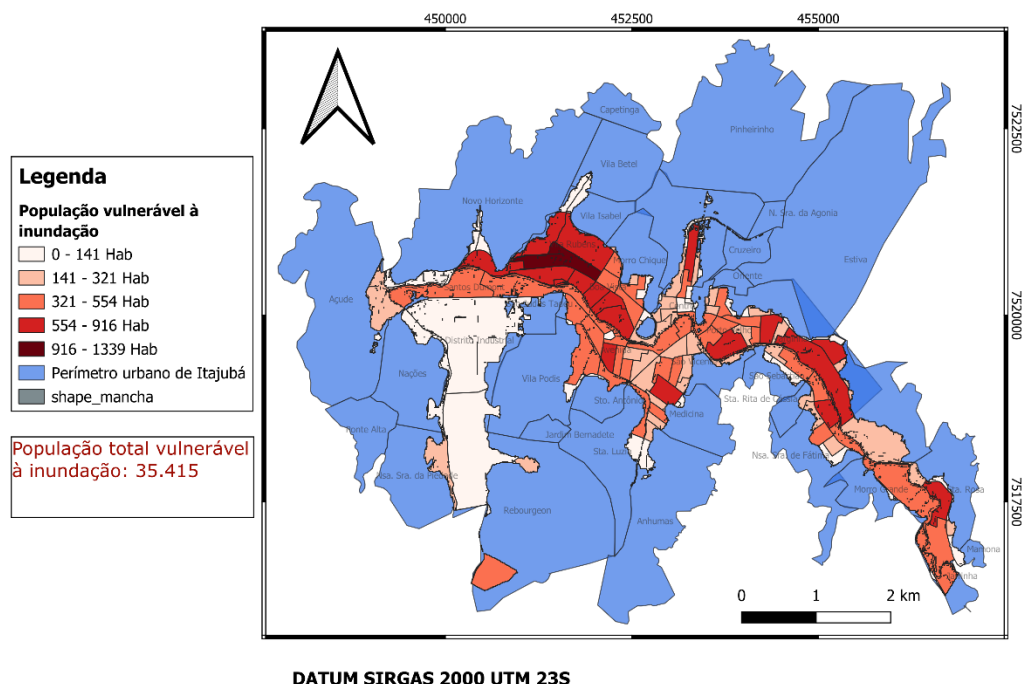
O presente capítulo tem como objetivo apresentar e discutir os resultados obtidos nesta pesquisa.

Cabe salientar que os mapas de densidade demográfica, declividade, hipsométrico, traçado urbano, pedologia e de uso e ocupação do solo foram apresentados na seção de caracterização da área de estudo.

6.1 POPULAÇÃO VULNERÁVEL A INUNDAÇÃO.

O mapa da população vulnerável (Figura 21) foi elaborado com simbologia graduada, evidenciando a concentração populacional nas áreas de maior risco e permitindo a identificação das regiões mais críticas.

Figura 21 - População vulnerável a inunda o no município de Itajubá

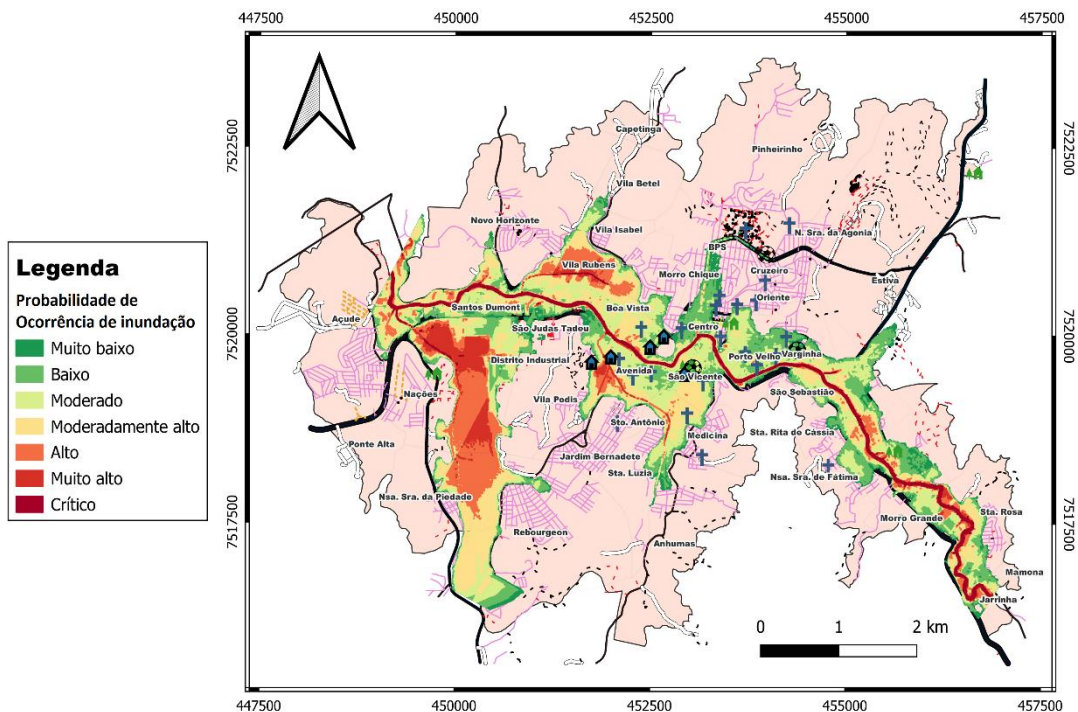


Fonte: Autoria própria.

6.2 PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO

Conforme já relatado nas seções de revisão bibliográfica e caracterização da área de estudo, a cidade de Itajubá está inserida em um contexto de alto risco à inundação. Nesse contexto, utilizando as manchas de inundação elaboradas por Martins (2022) e considerando as cotas de inundação entre 842 e 848, o mapa de probabilidade de ocorrência de inundação (Figura 22) indica que boa parte da área urbana de Itajubá localiza-se em áreas com probabilidade de ocorrência moderada a moderadamente alta, tendo a maior concentração de probabilidade crítica nas margens do rio Sapucaí e nos bairros Boa Vista e Distrito Industrial. A soma de fatores como baixa altitude, relevo suavemente ondulado e predominância de solo Gleissolo Háplico de alta saturação e baixa infiltração colabora para a região ser considerada de maior probabilidade a ocorrência de inundação.

Figura 22 – Probabilidade de ocorrência de inundação no município de Itajubá.

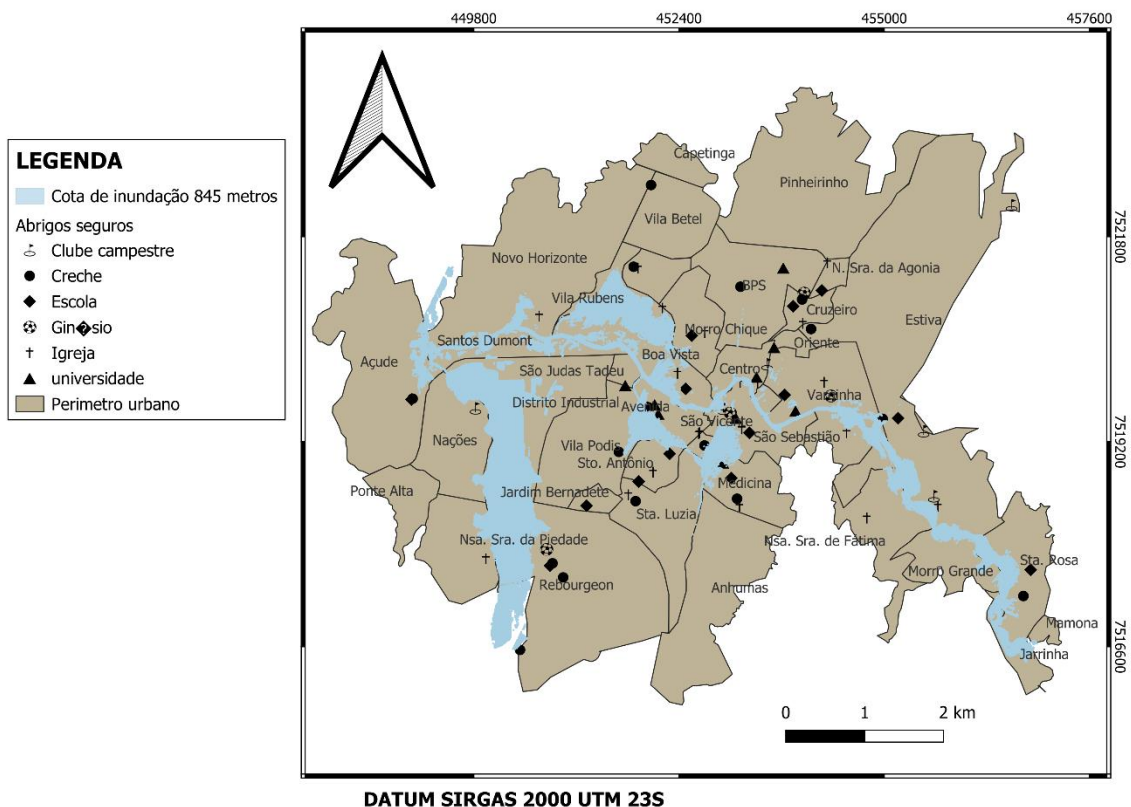


Fonte: Autoria própria.

6.3 RELAÇÃO ENTRE O AUMENTO DE COTAS DE INUNDAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ABRIGOS

Com base nas cotas de inundação propostas por Martins (2022), foram elaborados mapas das manchas de inundação para os níveis de 845 m (figura 23), 846 m (Figura 24) e 848 m (Figura 25), contemplando os possíveis locais de abrigos temporários. A análise espacial desses mapas permitiu identificar os abrigos que se mantêm em áreas seguras nas três situações simuladas. Observa-se que pequenas variações altimétricas, de apenas 1 a 2 metros, resultam em alterações significativas na extensão da área inundada, evidenciando a sensibilidade do território às mudanças no nível da água e reforçando a importância da escolha criteriosa das cotas para a análise.

Figura 23 - Localização de abrigos seguros para a cota de 845 m de inundação.



Fonte: Autoria própria.

Para melhor compreensão, foram adicionados os locais dos possíveis abrigos que se encontram fora dessas cotas e gerada a Quadro 7, com a instituição e o tipo

de abrigo.

Quadro 7 - Abrigos que estão localizados fora da área de inundação de 845 m.

Seq.	Origem	Instituição	Tipo
1	Plancon	Desembargador Fco. Pereira Rosa	Escola
2	Plancon	CIEM Cyrillo Rodrigues de Souza	Escola
3	Plancon	E.M. Francisco Pereira Coutinho	Escola
4	Plancon	E.M. Padre Donato	Escola
5	Plancon	E.M. Prof. Carmo Cascardo	Escola
6	Plancon	E.M. São Judas Tadeu	Escola
7	Plancon	E.M. São Vicente de Paulo	Escola
8	Plancon	E.M. Wenceslau Neto	Escola
9	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da silva	Creche
10	Plancon	C.M.E.I Maria Adami Lamóglia	Creche
11	Plancon	C.M.E.I Sebastião Carlos de Oliveira	Creche
12	Plancon	C.M.E.I Padre Moye	Creche
13	Plancon	C.M.E.I Irmã Maria Auxiliadora	Creche
14	Plancon	Lar de meimei	Creche
15	Plancon	Casa da Criança	Creche
16	Plancon	Os Pequenininos	Creche
17	Plancon	E.M. Dr. Antônio Salomon	Escola
18	Plancon	E.M Dr. Xavier Lisboa	Escola
19	Plancon	E.M. Isaura pereira dos santos	Escola
20	Plancon	E.M Santo Agostinho	Escola
21	Plancon	E.M Teodomiro Santiago	Escola
22	Plancon	E.M. Professor Rafael Magalhães	Escola
23	Plancon	C.M.E.I Gasparina Maia	Creche
24	Plancon	C.M.E.I Maria Emilia Mauad	Creche
25	Plancon	C.M.E.I Vivi Sanches de Mendonça	Creche
26	Plancon	C.M.E.I Nossa Senhora de Lourdes	Creche
27	Plancon	C.M.E.I Professora Ailema S. Gama	Creche
28	Plancon	C.M.E.I Professora Nair Prado	Creche
29	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da silva - Moquem	Creche
30	Plancon	Criança Feliz	Creche
31	Sugestão do autor	Satuário Nossa Senhora da agonia	Igreja
32	Sugestão do autor	Paroquia Nossa Senhora da Graça	Igreja
33	Sugestão do autor	Paroquia São Benedito	Igreja
34	Sugestão do autor	Nossa Senhora da soledade	Igreja

Continua

Continuação

35	Sugestão do autor	Igreja Santo Antônio	Igreja
36	Sugestão do autor	Nossa Senhora do perpétuo Socorro	Igreja
37	Sugestão do autor	Nossa Senhora de Fátima	Igreja
38	Sugestão do autor	Paroquia São José do Operário	Igreja
39	Sugestão do autor	Igreja Batista de Itajubá	Igreja
40	Sugestão do autor	Sagrado coração de Jesus	Igreja
41	Sugestão do autor	Igreja nossa Senhora da Aparecida	Igreja
42	Sugestão do autor	Igreja São Sebastião	Igreja
43	Sugestão do autor	Paroquia Sagrada Familia	Igreja
44	Sugestão do autor	Padroeira SantaTeresinha do Menino Jesus	Igreja
45	Sugestão do autor	Igreja Santa Isabel	Igreja
46	Sugestão do autor	Igreja São Paulo Apóstolo	Igreja
47	Sugestão do autor	Instituto Padre Nicolau	Igreja
48	Sugestão do autor	Igreja Santa Luzia	Igreja
49	Sugestão do autor	Capela Nossa Senhora do Rosário	Igreja
50	Sugestão do autor	Capela são Francisco de Assis	Igreja
51	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo de Varginha	Ginásio
52	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Tigrão	Ginásio
53	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Unifei	Ginásio
54	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Rebourgeon	Ginásio
55	Sugestão do autor	Universidade Federal de Itajubá	Universidade
56	Sugestão do autor	CRESPI	Clube campestre
57	Sugestão do autor	Clube Itajubense	Clube campestre
58	Sugestão do autor	Clube 16 de julho	Clube campestre

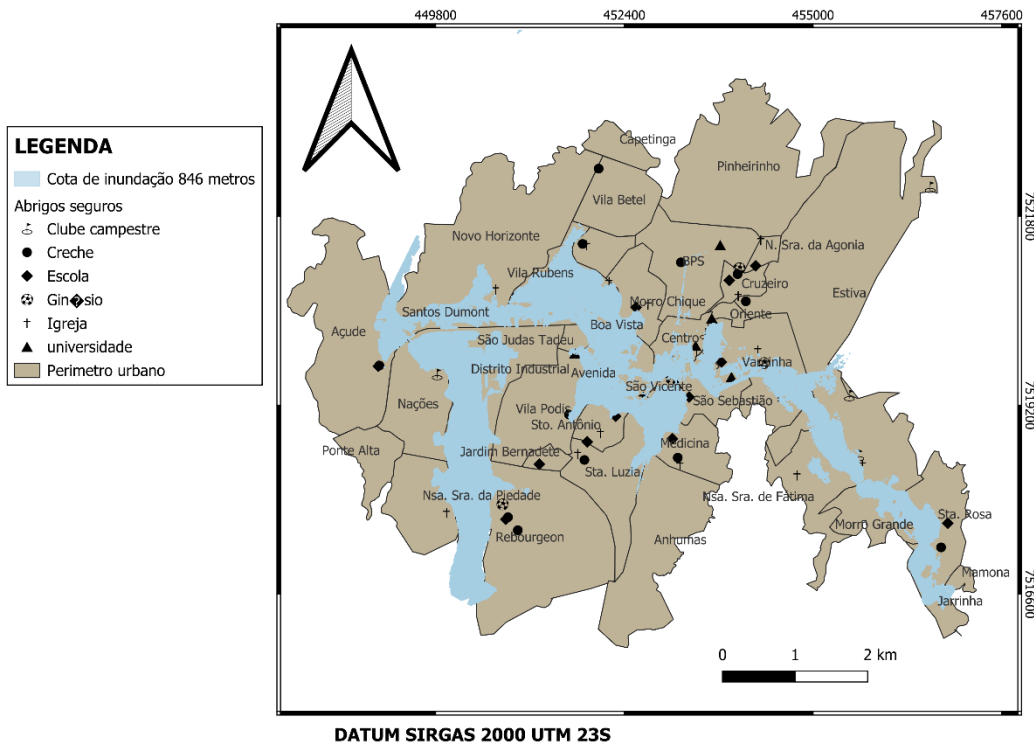
Continua

Continuação

59	Sugestão do autor	Country clube Itajubá	Clube campestre
60	Sugestão do autor	Yuracan	Clube campestre
61	Sugestão do autor	Sede Social Clube itajubense	Clube campestre
62	Sugestão do autor	Diretorio acadêmico unifei	universidade
63	Sugestão do autor	Prédio Central Unifei	Universidade
64	Sugestão do autor	FEPI	Universidade
65	Sugestão do autor	FMIT	Universidade
66	Sugestão do autor	FWB	Universidade
67	Sugestão do autor	FACESM	Universidade
68	Sugestão do autor	Centro de educação profissional	Universidade
69	Sugestão do autor	Senai	Universidade

Fonte: Autoria própria.

Figura 24 - Localização de abrigos seguros para a cota de 846 m de inundação.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 8 - Abrigos que estão localizados fora da área de inundação de 846 m.

Seq.	Origem	Instituição	Tipo
1	Plancon	Desembargador Fco. Pereira Rosa	Escola
2	Plancon	E.M. Durval Braga	Escola
3	Plancon	CIEM Cyrillo Rodrigues de Souza	Escola
4	Plancon	E.M. Francisco Pereira Coutinho	Escola
5	Plancon	E.M. Padre Donato	Escola
6	Plancon	E.M. Prof. Carmo Cascardo	Escola
7	Plancon	E.M. São Judas Tadeu	Escola
8	Plancon	E.M. São Vicente de Paulo	Escola
9	Plancon	E.M. Wenceslau Neto	Escola
10	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da silva	Creche
11	Plancon	C.M.E.I Sebastião Carlos de Oliveira	Creche
12	Plancon	C.M.E.I Padre Moye	Creche
13	Plancon	C.M.E.I Irmã Maria Auxiliadora	Creche
14	Plancon	Lar de meimei	Creche
15	Plancon	Os Pequeninos	Creche
16	Plancon	E.M. Dr. Antônio Salomon	Escola
17	Plancon	E.M. Isaura pereira dos santos	Escola
18	Plancon	E.M Teodomiro Santiago	Escola
19	Plancon	C.M.E.I Gasparina Maia	Creche
20	Plancon	C.M.E.I Maria Emilia Mauad	Creche
21	Plancon	C.M.E.I Vivi Sanches de Mendonça	Creche
22	Plancon	C.M.E.I Nossa Senhora de Lourdes	Creche
23	Plancon	C.M.E.I Professora Nair Prado	Creche
24	Plancon	Criança Feliz	Creche
25	Sugestão do autor	Satuário Nossa Senhora da agonia	Igreja
26	Sugestão do autor	Paroquia Nossa Senhora da Graça	Igreja
27	Sugestão do autor	Paroquia São Benedito	Igreja
28	Sugestão do autor	Nossa Senhora da soledade	Igreja
29	Sugestão do autor	Igreja Santo Antônio	Igreja
30	Sugestão do autor	Nossa Senhora do perpétuo Socorro	Igreja
31	Sugestão do autor	Nossa Senhora de Fátima	Igreja
32	Sugestão do autor	Sagrado coração de Jesus	Igreja
33	Sugestão do autor	Igreja São Sebastião	Igreja
34	Sugestão do autor	Paroquia Sagrada Familia	Igreja

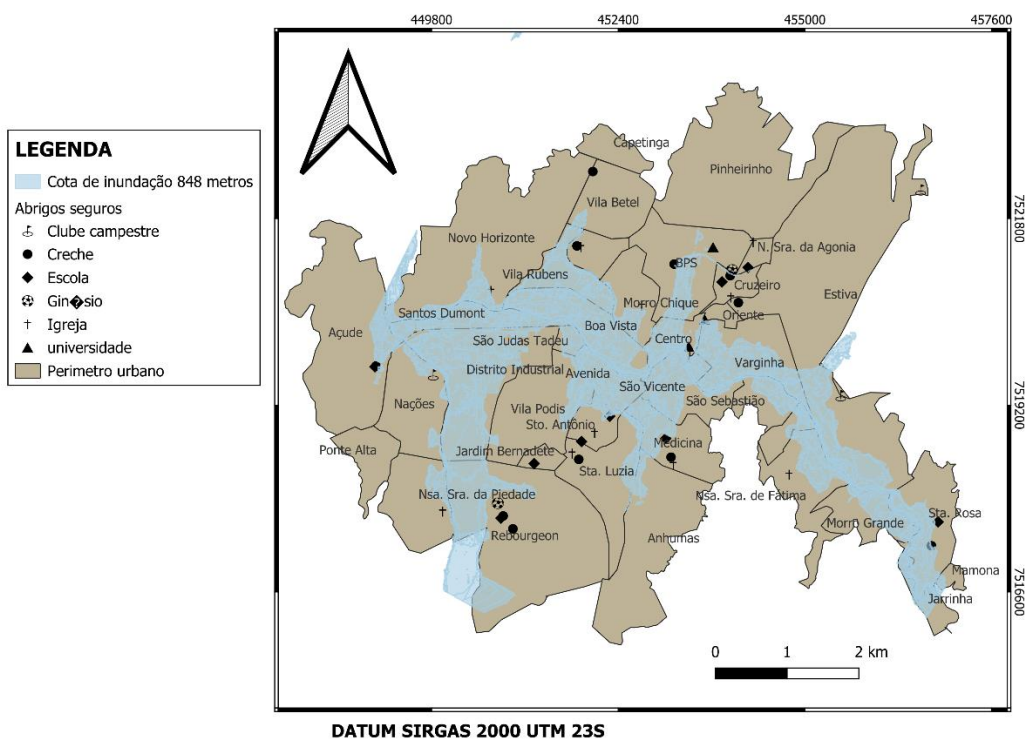
Continua

Continuação

35	Sugestão do autor	Padroeira Santa Teresinha do Menino Jesus	Igreja
36	Sugestão do autor	Igreja Santa Isabel	Igreja
37	Sugestão do autor	Igreja São Paulo Apóstolo	Igreja
38	Sugestão do autor	Instituto Padre Nicolau	Igreja
39	Sugestão do autor	Igreja Santa Luzia	Igreja
40	Sugestão do autor	Capela Nossa Senhora do Rosário	Igreja
41	Sugestão do autor	Capela São Francisco de Assis	Igreja
42	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo de Varginha	Ginásio
43	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Tigrão	Ginásio
44	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Unifei	Ginásio
45	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Rebourgeon	Ginásio
46	Sugestão do autor	Universidade Federal de Itajubá	Universidade
47	Sugestão do autor	CRESPI	Clube campestre
48	Sugestão do autor	Clube Itajubense	Clube campestre
49	Sugestão do autor	Clube 16 de julho	Clube campestre
50	Sugestão do autor	Country clube Itajubá	Clube campestre
51	Sugestão do autor	Sede Social Clube Itajubense	Clube campestre
52	Sugestão do autor	Diretório acadêmico unifei	Universidade
53	Sugestão do autor	Prédio Central Unifei	Universidade
54	Sugestão do autor	FEPI	Universidade
55	Sugestão do autor	FWB	Universidade
56	Sugestão do autor	Centro de educação profissional	Universidade

Fonte: Autoria própria.

Figura 25 - Localização de abrigos seguros para a cota de 848 m de inundação.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 9 - Abrigos que estão localizados fora da área de inundação de 848 m.

Seq.	Origem	Instituição	Tipo
1	Plançon	Desembargador Fco. Pereira Rosa	Escola
2	Plançon	E.M. Durval Braga	Escola
3	Plançon	CIEM Cyrillo Rodrigues de Souza	Escola
4	Plançon	E.M. Francisco Pereira Coutinho	Escola
5	Plançon	E.M. Padre Donato	Escola
6	Plançon	E.M. São Judas Tadeu	Escola
7	Plançon	E.M. Wenceslau Neto	Escola
8	Plançon	C.M.E.I Alex Honório da silva	Creche
9	Plançon	C.M.E.I Sebastião Carlos de Oliveira	Creche
10	Plançon	C.M.E.I Padre Moye	Creche
11	Plançon	C.M.E.I Irmã Maria Auxiliadora	Creche
12	Plançon	Lar de meimei	Creche
13	Plançon	Os Pequenininos	Creche
14	Plançon	E.M. Dr. Antônio Salomon	Escola
15	Plançon	E.M. Isaura pereira dos santos	Escola
16	Plançon	C.M.E.I Gasparina Maia	Creche
17	Plançon	C.M.E.I Maria Emilia Mauad	Creche

Continua

Continuação

18	Plancon	C.M.E.I Vivi Sanches de Mendonça	Creche
19	Plancon	C.M.E.I Professora Nair Prado	Creche
20	Plancon	Criança Feliz	Creche
21	Sugestão do autor	Satuário Nossa Senhora da agonia	Igreja
22	Sugestão do autor	Paroquia Nossa Senhora da Graça	Igreja
23	Sugestão do autor	Nossa Senhora da soledade	Igreja
24	Sugestão do autor	Igreja Santo Antônio	Igreja
25	Sugestão do autor	Nossa Senhora do perpétuo Socorro	Igreja
26	Sugestão do autor	Nossa Senhora de Fátima	Igreja
27	Sugestão do autor	Paroquia Sagrada Familia	Igreja
28	Sugestão do autor	Igreja Santa Isabel	Igreja
29	Sugestão do autor	Igreja Santa Luzia	Igreja
30	Sugestão do autor	Capela Nossa Senhora do Rosário	Igreja
31	Sugestão do autor	Capela são Francisco de Assis	Igreja
32	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Unifei	Ginásio
33	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Rebourgeon	Ginásio
34	Sugestão do autor	Universidade Federal de Itajubá	Universidade
35	Sugestão do autor	CRESPI	Clube campestre
36	Sugestão do autor	Clube Itajubense	Clube campestre
37	Sugestão do autor	Country clube Itajubá	Clube campestre
38	Sugestão do autor	Prédio Central Unifei	Universidade
39	Sugestão do autor	FWB	Universidade

Fonte: Autoria própria.

Com base na análise espacial das manchas de inundação para diferentes cotas, foi possível avaliar a quantidade de abrigos temporários situados fora das áreas de risco.

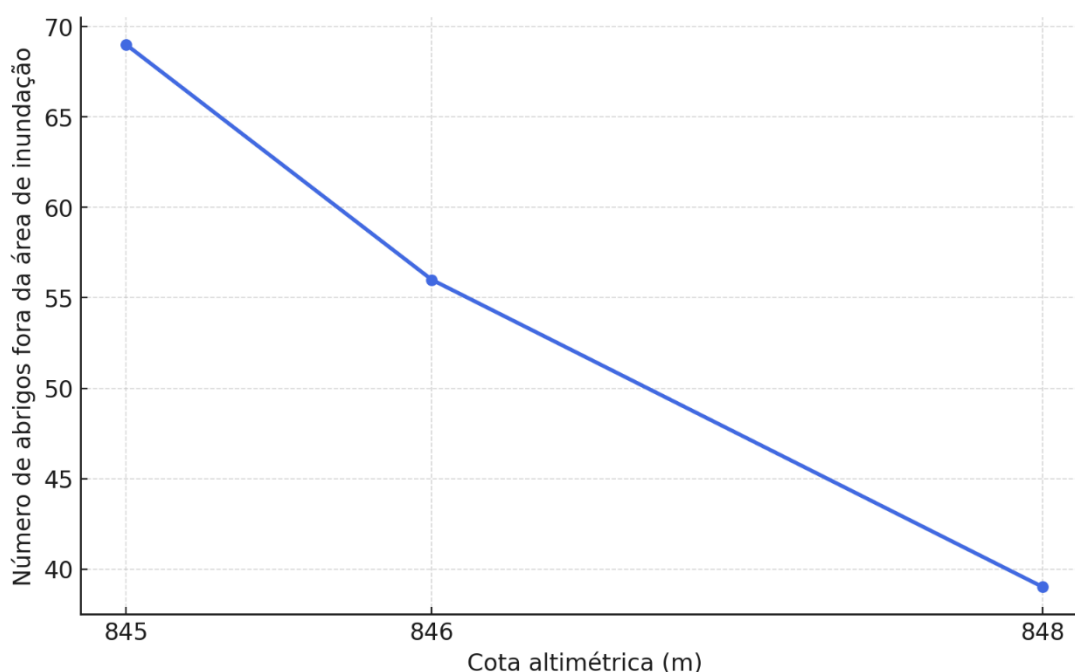
Na cota de 845 metros, 69 instituições encontram-se fora da mancha de inundação, das quais 30 (43,5%) constam no PLANCON e 39 (56,5%) foram sugeridas pelo autor deste trabalho.

Na cota de 846 metros, o número total de abrigos seguros reduz para 56, sendo 24 (42,9%) pertencentes ao PLANCON e 34 (57,1%) oriundos das sugestões do presente estudo.

Já para a cota de 848 metros, o total de abrigos fora da área inundada cai para 39 instituições, das quais 20 (51,3%) fazem parte do PLANCON e 19 (48,7%) foram propostas por este trabalho.

A comparação entre as cotas evidencia uma redução progressiva no número total de abrigos em áreas seguras, à medida que o nível da água aumenta (Figura 26), com uma diminuição de aproximadamente 43,5% do total de abrigos entre as cotas de 845 m e 848 m.

Figura 26 - Redução de abrigos em áreas seguras conforme elevação da cota.

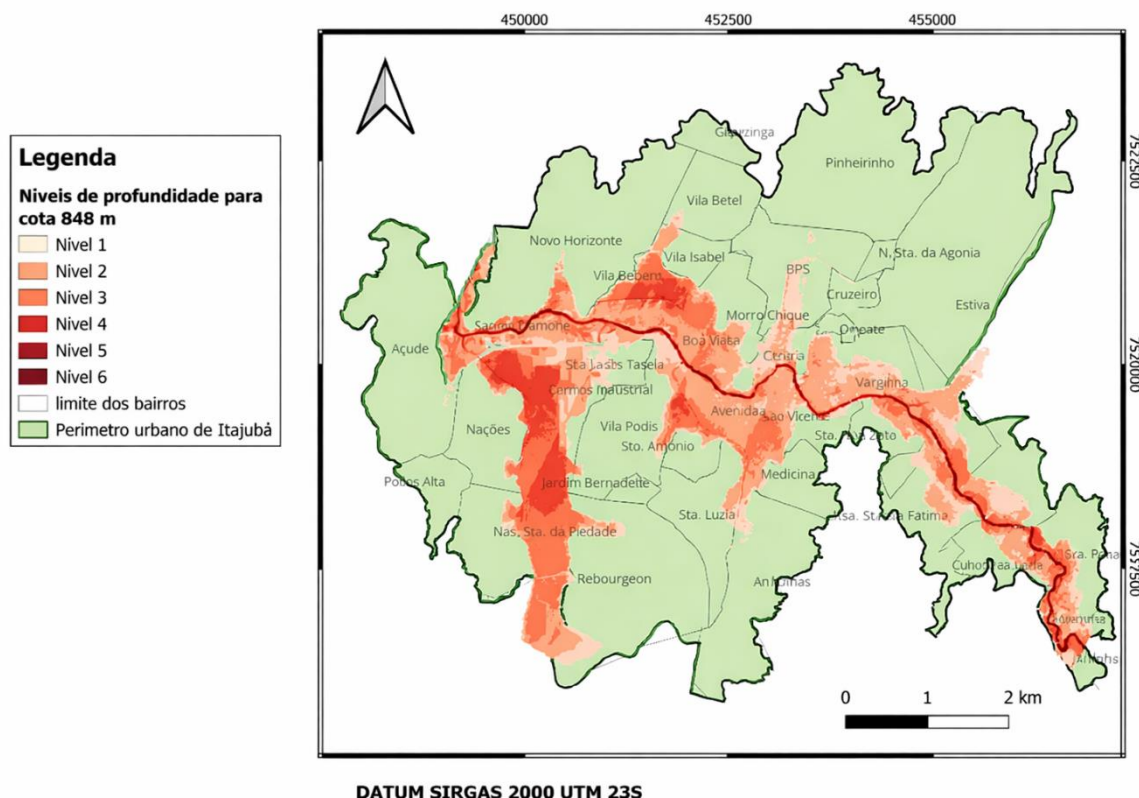


Fonte: Autoria própria.

6.4 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREA PRIORITÁRIAS PARA ABRIGOS TEMPORÁRIOS

O mapa de profundidade de inundação (Figura 27) foi gerado através das cotas de inundação propostas por Martins (2022). A profundidade é a lâmina d'água após o transbordamento da água que já se encontra fora da calha do rio.

Figura 27 - Profundidade da lâmina d'água originada pelas manchas de inundação de Martins (2022).

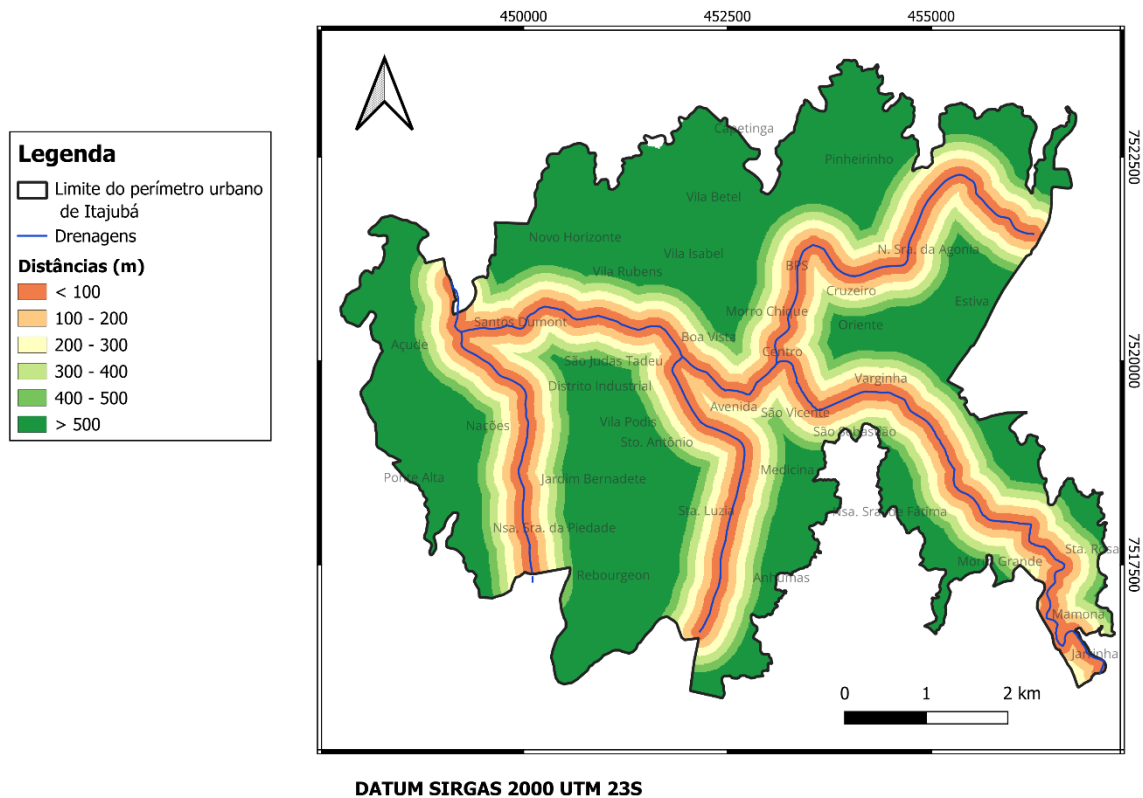


Fonte: Autoria própria.

As classes do mapa hipsométrico bem como sua resolução espacial e dimensões, foram definidas de modo a garantir a padronização dos arquivos raster utilizados na aplicação do método AHP. Ressalta-se que o mapa hipsométrico já foi previamente apresentado na caracterização da área de estudo.

O mapa de distância dos rios e seus afluentes (Figura 28) é um fator determinante na avaliação da vulnerabilidade de uma área à ocorrência de inundações. A variável "distância dos rios" foi considerada como um critério de natureza restritiva. Isso significa que áreas localizadas próximas aos cursos d'água recebem menor peso de adequação, uma vez que apresentam maior risco de serem atingidas por inundações. Em contrapartida, as áreas mais afastadas dos rios tendem a ser classificadas como mais seguras para a instalação de estruturas temporárias de abrigo.

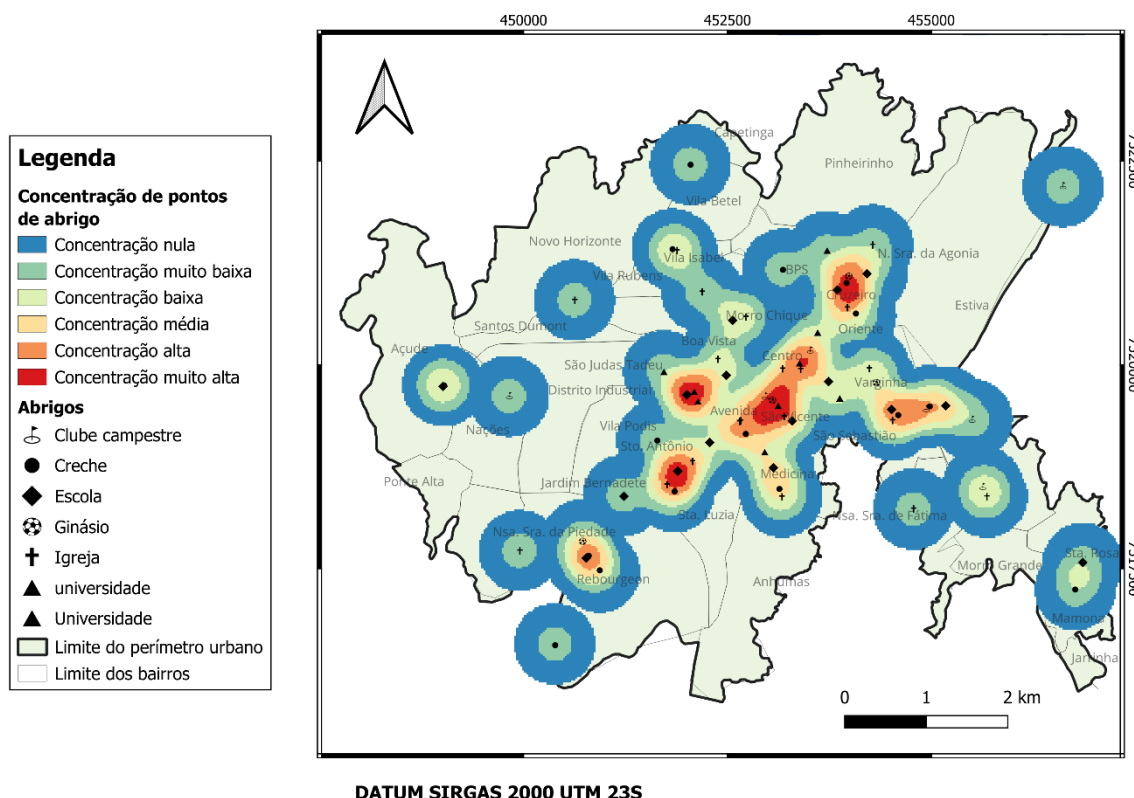
Figura 28 - Mapa do buffer de distância fixa do rio Sapucaí e seus afluentes.



Fonte: Autoria própria.

A concentração de pontos de abrigo (Figura 29) foi analisada por meio da técnica de estimativa de densidade Kernel, gerando uma superfície contínua que expressa o grau de concentração espacial desses elementos. Este critério foi inserido no modelo AHP como uma variável indicadora da distribuição atual da infraestrutura de acolhimento. Ou seja, a densidade dos pontos de abrigo indica áreas dentro do perímetro urbano em que a disponibilidade de infraestrutura é maior.

Figura 29 - Mapa de densidade de kernel indicando a concentração dos pontos de abrigos temporários.



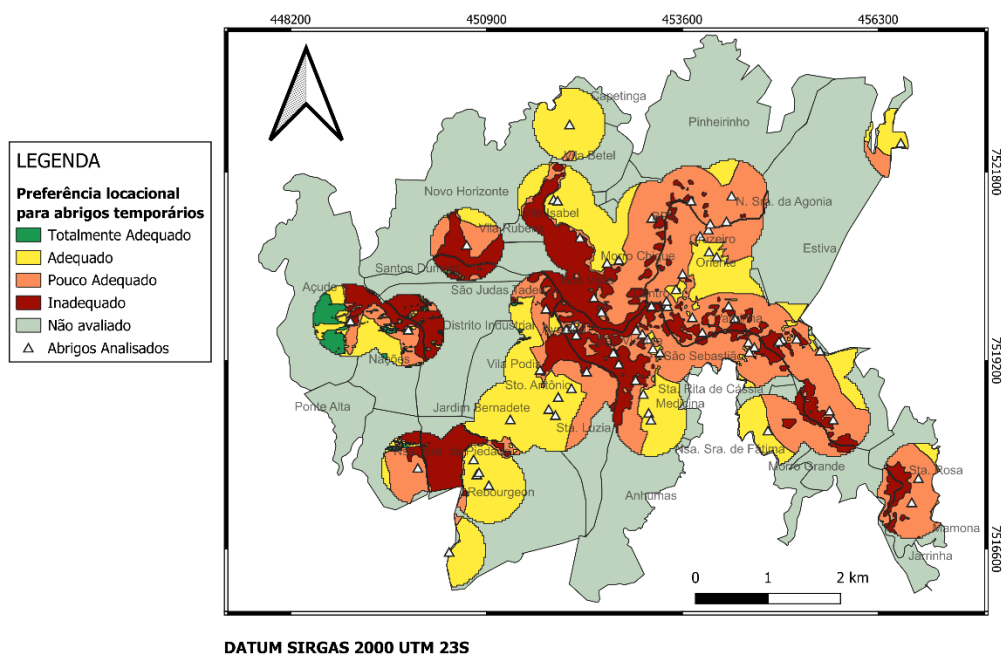
Fonte: Autoria própria.

Os critérios e subcritérios para a seleção de abrigos foram estabelecidos e validados por especialistas, utilizando o método de Análise Multicritério AHP para hierarquizá-los. Por fim, as áreas prioritárias para instalação de abrigos foram mapeadas, os resultados analisados e as conclusões apresentadas, destacando os locais mais adequados para a gestão de desastres.

Como resultado da aplicação do método multicritério AHP em ambiente SIG, na Figura 30 tem-se a apresentação do mapa final de adequação locacional, produto da ponderação dos critérios definidos com base nas avaliações dos especialistas

A análise espacial da preferência locacional para abrigos temporários revelou uma discrepância significativa entre a localização atual dos abrigos existentes e as áreas classificadas como mais adequadas à instalação dessas estruturas. O modelo multicritério indicou cinco classes de adequação: Totalmente Adequado, Adequado, Pouco Adequado, Inadequado e Não Avaliado.

Figura 30 – Mapa de áreas prioritárias para abrigos temporários em Itajubá (MG).



Fonte: Autoria própria.

A análise espacial dos abrigos temporários foi realizada a partir da relação entre a localização das instituições e as classes de adequabilidade definidas pelo método AHP, considerando a sobreposição com a mancha de inundação do cenário crítico. Ressalta-se que a lógica de análise varia conforme a classe de adequabilidade, de modo a refletir de forma mais realista a capacidade potencial de atendimento à população em situações de inundação.

Nas áreas classificadas como inadequadas (Figura 31), foram considerados apenas os abrigos localizados fora dessas áreas, uma vez que aqueles inseridos nelas apresentam elevada exposição ao risco. Nessa condição, foram identificadas 55 instituições fora das áreas inadequadas, totalizando uma capacidade de 12.932 acomodações (Quadro 10).

Continuação

11	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da Silva	Creche	40
12	Plancon	C.M.E.I Maria Adami Lamóglia	Creche	80
13	Plancon	C.M.E.I Sebastião Carlos de Oliveira	Creche	50
14	Plancon	C.M.E.I Padre Moya	Creche	40
15	Plancon	C.M.E.I Irmã Maria Auxiliadora	Creche	70
16	Plancon	Lar de Meimei	Creche	50
17	Plancon	Casa da Criança	Creche	60
18	Plancon	Os Pequeninios	Creche	50
19	Plancon	E.M. Dr. Antônio Salomon	Escola	90
20	Plancon	E.M. Santo Agostinho	Escola	80
21	Plancon	E.M. São Sebastião	Escola	80
22	Plancon	E.M. Teodomiro Santiago	Escola	80
23	Plancon	C.M.E.I Gasparina Maia	Creche	100
24	Plancon	C.M.E.I Maria Emilia Mauad	Creche	40
25	Plancon	C.M.E.I Vivi Sanches de Mendonça	Creche	40
26	Plancon	C.M.E.I Nossa Senhora de Lourdes	Creche	50
27	Plancon	C.M.E.I Professora Nair Prado	Creche	100
28	Sugestão do autor	Santuário Nossa Senhora da Agonia	Igreja	184
29	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora das Graças	Igreja	250
30	Sugestão do autor	Igreja São Benedito	Igreja	116
31	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora da Soledade	Igreja	199
32	Sugestão do autor	Igreja Santo Antônio	Igreja	125
33	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora do Perpétuo Socorro	Igreja	69
34	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora de Fátima	Igreja	97
35	Sugestão do autor	Igreja Sagrado Coração de Jesus	Igreja	77
36	Sugestão do autor	Igreja Sagrada Família	Igreja	75

Continua

Continuação

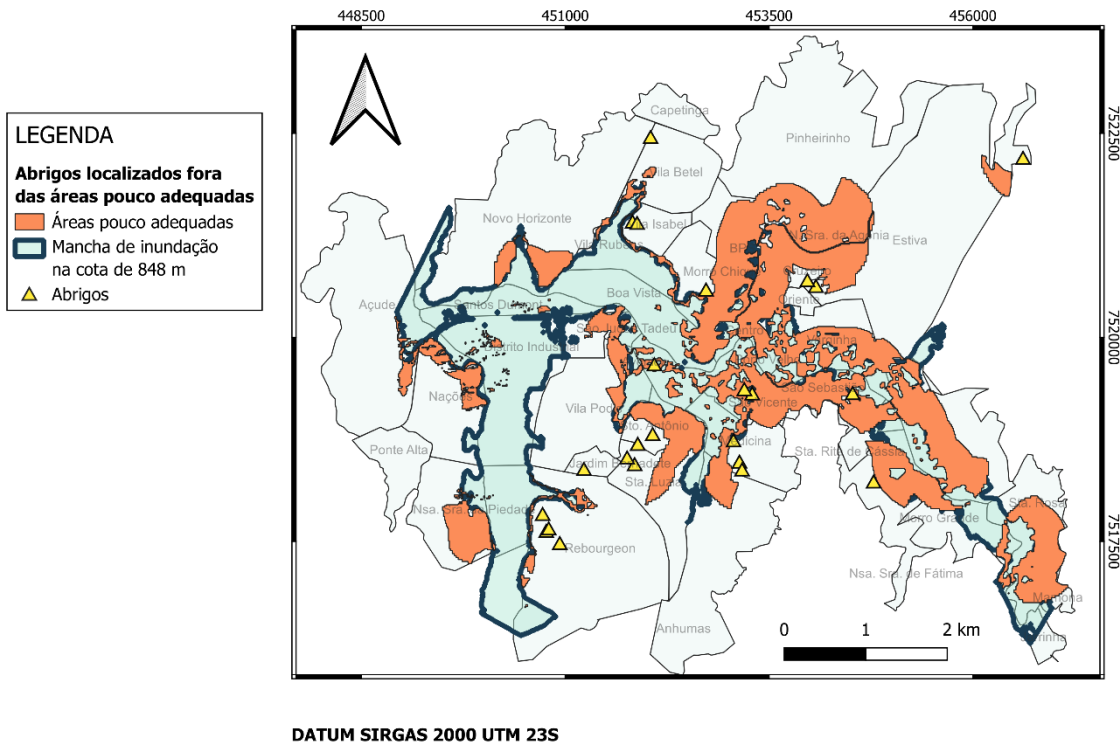
37	Sugestão do autor	Igreja Santa Isabel	Igreja	67
38	Sugestão do autor	Igreja Santa Luzia	Igreja	61
39	Sugestão do autor	Capela São Francisco de Assis	Igreja	69
40	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Rebourgeon	Ginásio	268
41	Sugestão do autor	Universidade Federal de Itajubá	Universidade	1961
42	Sugestão do autor	Clube Itajubense	Clube campestre	225
43	Sugestão do autor	Clube 16 de Julho	Clube campestre	191
44	Sugestão do autor	Country Clube Itajubá	Clube campestre	255
45	Sugestão do autor	CRESPI	Clube campestre	77
46	Sugestão do autor	Sede Social Clube Itajubense	Clube campestre	69
47	Sugestão do autor	Prédio Central da UNIFEI	Universidade	321
48	Sugestão do autor	Centro Universitário FEPI	Universidade	1343
49	Sugestão do autor	Faculdade de Medicina de Itajubá (FMIT)	Universidade	1466
50	Sugestão do autor	Faculdade Wenceslau Braz (FWB)	Universidade	234
51	Sugestão do autor	FACESM	Universidade	1857
52	Sugestão do autor	Centro de Educação Profissional	Universidade	286
53	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Varginha	Ginásio	266
54	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Prefeito Tigre Maia (Tigrão)	Ginásio	371
55	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo da UNIFEI	Ginásio	343
Total de acomodações				12932

Fonte: Autoria própria.

De forma semelhante, nas áreas classificadas como pouco adequadas (Figura 32), a análise também priorizou os abrigos localizados fora dessas áreas, resultando na identificação de 24 instituições, com uma capacidade estimada de 3.736

acomodações (Quadro 11).

Figura 32 - Abrigos localizados fora das áreas pouco adequadas.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 11 - Instituições que estão fora das áreas pouco adequadas para abrigos temporários.

Seq.	Origem	Instituição	Tipo	Nº de Acomodações
1	Plancon	Desembargador Fco. Pereira Rosa	Escola	120
2	Plancon	Prof. Geralda Cerávolo Rodrigues	Escola	90
3	Plancon	E.M. Durval Braga	Escola	40
4	Plancon	CIEM Cyrillo Rodrigues de Souza	Escola	100
5	Plancon	E.M. São Judas Tadeu	Escola	80

Continua

Continuação

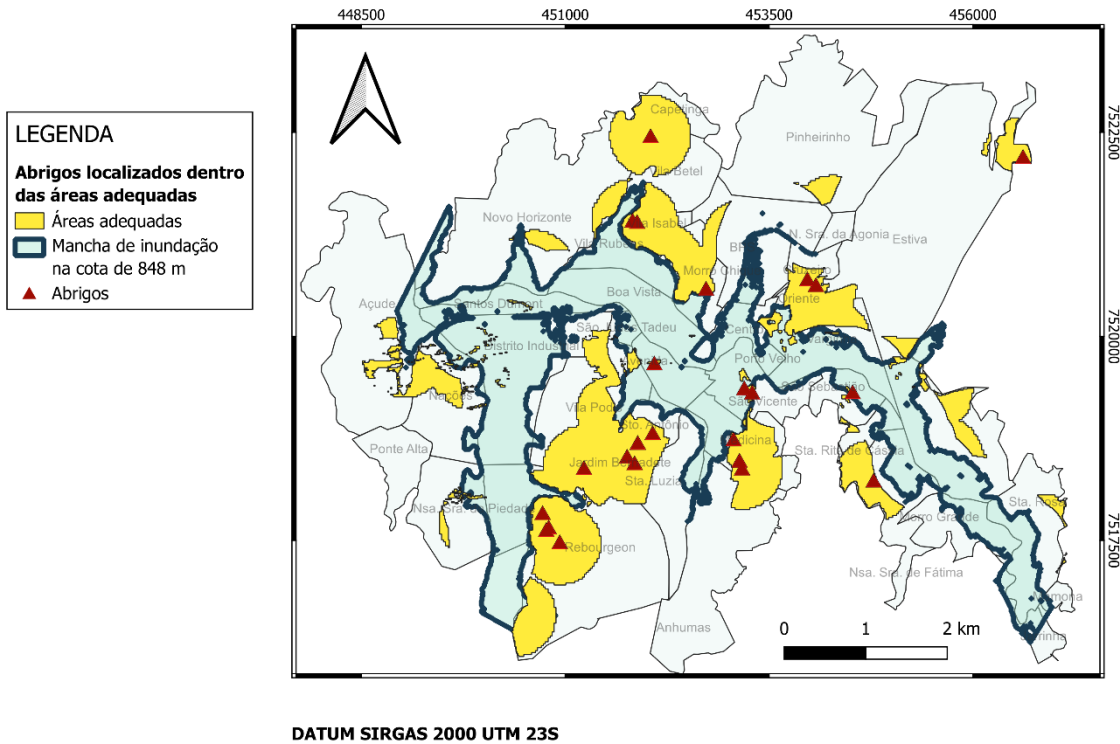
6	Plancon	E.M. São Vicente de Paulo	Escola	60
7	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da Silva	Creche	40
8	Plancon	C.M.E.I Sebastião Carlos de Oliveira	Creche	50
9	Plancon	C.M.E.I Padre Moye	Creche	40
10	Plancon	C.M.E.I Irmã Maria Auxiliadora	Creche	70
11	Plancon	Os Pequenininos	Creche	50
12	Plancon	Criança Feliz	Creche	30
13	Plancon	C.M.E.I Vivi Sanches de Mendonça	Creche	40
14	Sugestão do autor	Capela São Francisco de Assis	Igreja	69
15	Sugestão do autor	Igreja Santo Antônio	Igreja	125
16	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora do Perpétuo Socorro	Igreja	69
17	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora de Fátima	Igreja	97
18	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora Aparecida	Igreja	71
19	Sugestão do autor	Igreja São Sebastião	Igreja	17
20	Sugestão do autor	Igreja Santa Isabel	Igreja	67
21	Sugestão do autor	Igreja Santa Luzia	Igreja	61
22	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Rebourgeon	Ginásio	268
23	Sugestão do autor	Clube Itajubense	Clube campestre	225
24	Sugestão do autor	FACESM	Universidade	1857
Total de acomodações				3736

Fonte: Autoria própria.

Para as áreas classificadas como adequadas (Figura 33), a lógica de análise se inverteu, passando a considerar exclusivamente os abrigos localizados dentro dessas áreas, por representarem os locais com melhores condições de segurança frente aos cenários de inundação analisados. Nessa classe, foram identificadas 25

instituições com capacidade total de 5.697 acomodações (Quadro 12).

Figura 33 - Abrigos temporários localizados em áreas adequadas.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 12 - Instituições que estão dentro das áreas adequadas para abrigos temporários.

Seq.	Origem	Instituição	Tipo	Nº de Acomodações
1	Plancon	Desembargador Fco. Pereira Rosa	Escola	120
2	Plancon	Prof. Geralda Cerávolo Rodrigues	Escola	90
3	Plancon	E.M. Durval Braga	Escola	40
4	Plancon	CIEM Cyrillo Rodrigues de Souza	Escola	100
5	Plancon	E.M. São Judas Tadeu	Escola	80
6	Plancon	E.M. São Vicente de Paulo	Escola	60
7	Plancon	C.M.E.I Alex Honório da Silva	Creche	40
8	Plancon	C.M.E.I Sebastião Carlos de Oliveira	Creche	50
9	Plancon	C.M.E.I Padre Moye	Creche	40
10	Plancon	C.M.E.I Irmã Maria Auxiliadora	Creche	70

Continua

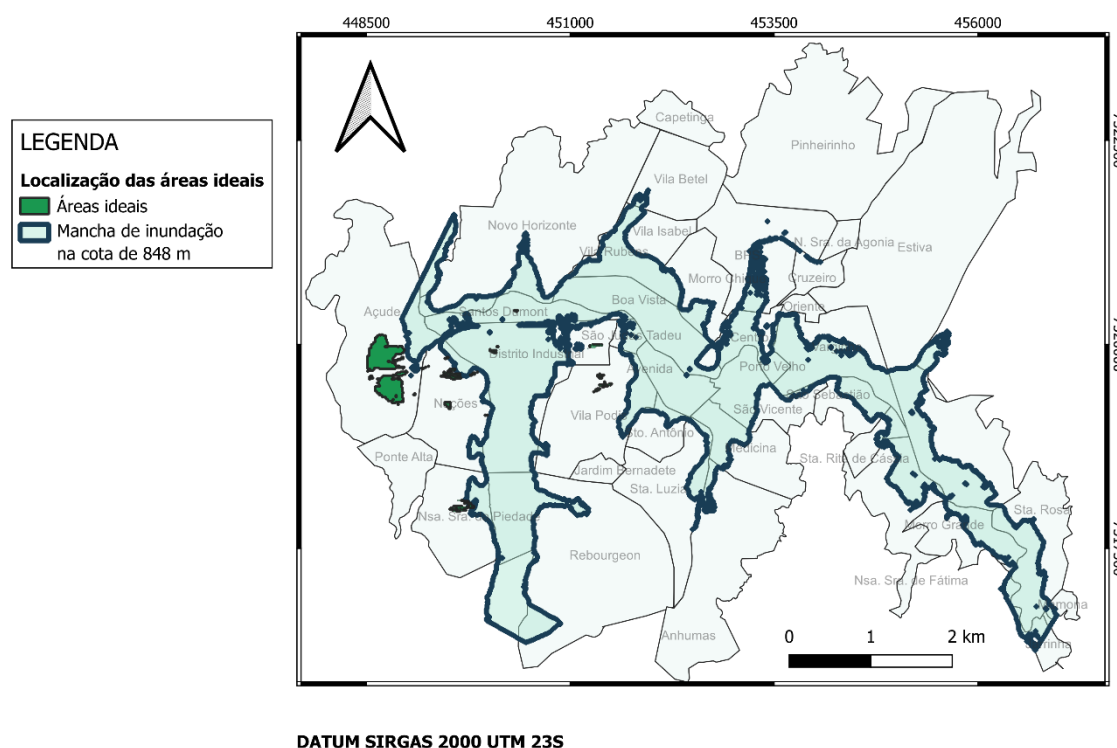
Continuação

11	Plancon	Os Pequeninos	Creche	50
12	Plancon	C.M.E.I Vivi Sanches de Mendonça	Creche	40
13	Plancon	Criança Feliz	Creche	30
14	Sugestão do autor	Igreja Santo Antônio	Igreja	125
15	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora do Perpétuo Socorro	Igreja	69
16	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora de Fátima	Igreja	97
17	Sugestão do autor	Igreja Nossa Senhora Aparecida	Igreja	71
18	Sugestão do autor	Igreja São Sebastião	Igreja	17
19	Sugestão do autor	Igreja Santa Isabel	Igreja	67
20	Sugestão do autor	Igreja Santa Luzia	Igreja	61
21	Sugestão do autor	Capela São Francisco de Assis	Igreja	69
22	Sugestão do autor	Ginásio Poliesportivo Rebourgeon	Ginásio	268
23	Sugestão do autor	Universidade Federal de Itajubá	Universidade	1961
24	Sugestão do autor	Clube Itajubense	Clube	225
25	Sugestão do autor	Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas (FACESM)	Universidade	1857
Total de acomodações				5697

Fonte: Autoria própria

Por fim, nas áreas classificadas como totalmente adequadas (Figura 34), não foram registradas instituições de abrigo, indicando que, embora essas áreas apresentem elevada aptidão do ponto de vista espacial, atualmente não concentram equipamentos com potencial de acolhimento temporário.

Figura 34 - Localização das áreas totalmente adequadas para localização de abrigos temporários.



Fonte: Autoria própria.

Nota-se que existe uma subutilização de áreas seguras do ponto de vista locacional. As áreas que representam a melhor localidade para abrigos temporários estão situadas em regiões onde a mancha de inundação associada à cota altimétrica de 848 metros não alcança, localizadas a uma distância superior a 500 metros do Rio Sapucaí e com altitudes acima de 847,5 metros.

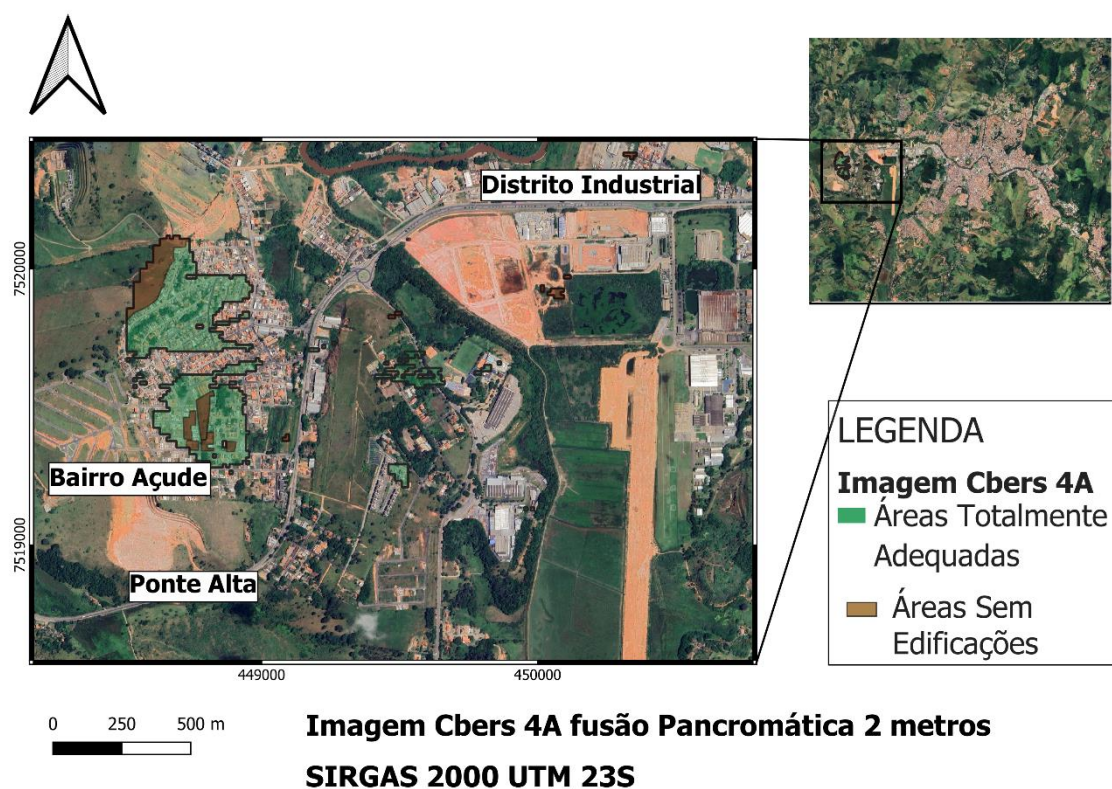
Cabe salientar que essa região possui construções civis, conforme observado na imagem do satélite CBERS-4A, com resolução espacial de 2 metros, datada de 04/09/2024 (Figura 35). A área dos polígonos que representam as áreas ideais foi calculada no software QGIS, utilizando a ferramenta de cálculo de campos, a partir da função \$area, totalizando aproximadamente 121.049 m² de área útil.

As barracas *ShelterBox* apresentam dimensões aproximadas de 4,5 × 4,5 m, correspondendo a uma área de projeção horizontal de 20,25 m² por unidade, com capacidade estimada para abrigar grupos familiares de até quatro pessoas. A partir dessas dimensões, foi realizado um cálculo inicial de ocupação máxima, desconsiderando as edificações localizadas na área, obtido pela razão entre a área

segura e a área ocupada por cada barraca.

Após a exclusão das áreas ocupadas por edificações existentes e por vegetação densa, a área efetivamente viável para a implantação de barracas *ShelterBox* foi estimada em aproximadamente 268,51 m². Mantendo-se como critério as dimensões físicas das barracas (4,5 × 4,5 m), correspondentes a uma área de projeção horizontal de 20,25 m² por unidade, procedeu-se ao recálculo da capacidade de ocupação da área.

Figura 35 - Localização das áreas ideais para a localização de abrigos temporários *ShelterBox* em Itajubá, sem considerar as edificações.



Fonte: Autoria própria.

Com base nesse valor, estimou-se a possibilidade de implantação de 13 barracas *ShelterBox*, resultando em uma capacidade potencial de atendimento de aproximadamente 52 pessoas, considerando grupos familiares de quatro indivíduos por unidade. Esse resultado evidencia a expressiva redução da capacidade de abrigamento quando consideradas as restrições impostas pela ocupação urbana existente, reforçando a importância da análise espacial detalhada para a definição de

áreas realmente aptas à implantação de abrigos temporários.

6.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados confirmam que o município de Itajubá apresenta grande parte da área urbana inserida em classes de risco moderado a moderadamente alto e concentração de risco crítico nas margens do rio Sapucaí, especialmente nos bairros Boa Vista e Distrito Industrial. Esse padrão está associado à combinação de baixas altitudes, relevo suavemente ondulado e predominância de solos do tipo Gleissolo Háptico, que favorecem a saturação hídrica e reduzem a capacidade de infiltração.

A análise das manchas de inundação para as cotas de 845 m, 846 m e 848 m evidenciou a alta sensibilidade do território a pequenas variações no nível da água. Entre as cotas de 845 m e 848 m, o número de abrigos situados fora das áreas inundadas foi reduzido de 69 para 39 instituições, representando uma diminuição de aproximadamente 43,5%. Esse resultado demonstra que cenários de inundação mais severos comprometem de forma significativa a capacidade de abrigamento do município. Observa-se, ainda, que nas cotas de 845 m e 846 m, mais de 56% dos abrigos seguros não constam no PLANCON, indicando limitações do planejamento oficial frente a cenários críticos.

A aplicação do método multicritério AHP revelou uma discrepância entre a distribuição espacial atual dos abrigos e as áreas classificadas como mais adequadas do ponto de vista locacional (Tabela 12).

Tabela 12 - Distribuição dos abrigos temporários por classe de adequabilidade

Classe de adequabilidade	Critério espacial adotado	Número de instituições	Capacidade de acomodação
Áreas inadequadas	Instituições fora da área	55	12.932
Áreas pouco adequadas	Instituições fora da área	24	3.736
Áreas adequadas	Instituições dentro da área	25	5.697
Áreas totalmente adequadas	Instituições dentro da área	0	0

Fonte: Autoria própria

Nas áreas classificadas como inadequadas, foram considerados apenas os

abrigos localizados fora dessas áreas, resultando na identificação de 55 instituições seguras, com capacidade total de 12.932 acomodações. De forma semelhante, nas áreas classificadas como pouco adequadas, também foram analisados exclusivamente os abrigos situados fora dessas áreas, totalizando 24 instituições, com capacidade estimada de 3.736 acomodações. Esses resultados indicam que parte relevante da capacidade atual de abrigamento depende da exclusão de áreas de maior exposição ao risco.

Em contrapartida, para as áreas classificadas como adequadas, a análise considerou apenas os abrigos localizados dentro dessas áreas, por representarem os setores mais seguros do território frente aos cenários de inundação analisados. Nessa classe, foram identificadas 25 instituições, com capacidade total de 5.697 acomodações. Já nas áreas classificadas como totalmente adequadas, não foram registradas instituições de abrigo, evidenciando a subutilização de setores com elevada aptidão locacional, situados fora da mancha de inundação do cenário crítico, a mais de 500 metros do rio Sapucaí e em cotas superiores a 847,5 m.

A área total dessas zonas prioritárias foi estimada em aproximadamente 121.049 m², indicando potencial para ampliação da capacidade de acolhimento. Entretanto, a análise da implantação de barracas *ShelterBox* evidenciou limitações impostas pela ocupação urbana existente. A exclusão das áreas edificadas e de vegetação densa reduziu a área viável para 268,51 m², possibilitando a implantação de apenas 13 barracas e o atendimento de cerca de 52 pessoas. Esse contraste evidencia a importância de análises espaciais detalhadas e realistas para evitar a superestimação da capacidade de abrigamento em contextos urbanos consolidados.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a aplicação integrada de técnicas de geoprocessamento, modelagem espacial e avaliação multicritério por meio do método AHP para a identificação de áreas adequadas à instalação de abrigos temporários em contextos de risco hidrológico, tomando como estudo de caso o município de Itajubá, Minas Gerais. A população vulnerável foi identificada a partir da combinação de dados demográficos do IBGE com as áreas de risco à inundação, possibilitando não apenas a quantificação, mas também a localização espacial dos grupos mais expostos a eventos extremos.

Cabe salientar que existem discrepâncias relevantes em relação à quantidade de pessoas vulneráveis à inundação no município de Itajubá, a depender da fonte e da metodologia adotada. A Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR, elaborada em 2023 pela Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento e pela Secretaria Adjunta VI – Recursos Hídricos, indica um total de 26.801 pessoas situadas em áreas mapeadas ao risco geo-hidrológico. Em contrapartida, ao estimar a população exposta à inundação por meio da sobreposição dos dados do Censo Demográfico do IBGE (2022) com a mancha de inundação proposta por Martins (2022), o presente trabalho identificou aproximadamente 35.415 pessoas expostas ao risco de inundação no município. Ressalta-se que essa estimativa não contempla a população vulnerável a outros processos, como movimentos de massa e enxurradas, o que indica que o contingente populacional suscetível a desastres hidrometeorológicos pode ser ainda maior.

Os resultados obtidos evidenciam que os objetivos gerais e específicos propostos foram plenamente atendidos, abrangendo desde a definição das áreas de risco e a caracterização da população vulnerável até a hierarquização de critérios e a aplicação do método AHP para a priorização de locais potencialmente aptos à instalação de abrigos temporários. A abordagem metodológica adotada permitiu uma análise integrada do território, superando avaliações pontuais e desarticuladas, comuns em planejamentos emergenciais tradicionais.

A análise espacial revelou que uma parcela significativa da infraestrutura de abrigos atualmente prevista no município encontra-se concentrada em áreas com alta suscetibilidade a inundações, localizadas predominantemente em regiões centrais, de

menor altitude e próximas aos principais cursos d'água. Esses locais foram classificados majoritariamente como “Inadequados” ou “Pouco Adequados” pelo modelo AHP, evidenciando fragilidades na estratégia atual de alocação desses equipamentos urbanos e a necessidade de sua reavaliação sob critérios técnicos mais rigorosos.

Diante desse cenário, a avaliação da capacidade de abrigo adotou abordagens distintas, conforme a classe de adequação locacional. Nas áreas classificadas como inadequadas, foram considerados apenas os abrigos localizados fora dessas áreas, resultando na identificação de 55 instituições consideradas seguras, com capacidade total de 12.932 acomodações. De forma semelhante, nas áreas classificadas como pouco adequadas, também foram analisados exclusivamente os abrigos situados fora dessas áreas, totalizando 24 instituições, com capacidade estimada de 3.736 acomodações. Esses resultados indicam que parte relevante da capacidade atual de abrigo no município depende da exclusão de áreas com maior exposição ao risco, evidenciando a limitação estrutural da rede de abrigos frente a cenários de inundação mais severos.

Em contrapartida, para as áreas classificadas como adequadas, a lógica de análise foi invertida, considerando-se apenas os abrigos localizados no interior dessas áreas, por representarem os setores mais seguros do território frente aos cenários de inundação analisados. Nessa classe, foram identificadas 25 instituições, com capacidade total de 5.697 acomodações. Já nas áreas classificadas como totalmente adequadas, não foram registradas instituições de abrigo, evidenciando a subutilização de setores com elevada aptidão locacional, situados fora da mancha de inundação do cenário crítico, a mais de 500 metros do rio Sapucaí e em cotas superiores a 847,5 m. Ou, de outra forma, também pode ser evidenciada a falta de planejamento para o enfrentamento de eventos extremos de inundação da cidade.

A avaliação da disponibilidade de abrigos considerando diferentes cenários de cota de inundação (845 m, 846 m e 848 m) evidenciou uma redução expressiva no número de instituições situadas fora das áreas de risco, à medida que o nível da água se eleva. A diminuição de 69 para 39 abrigos seguros entre os cenários extremos analisados reforça a elevada vulnerabilidade do município frente à intensificação de eventos extremos, além de sublinhar a importância da variável altimétrica como elemento central no planejamento emergencial e na definição de áreas seguras.

No que se refere à viabilidade de implantação de abrigos temporários ao ar livre, os resultados obtidos no bairro Cruzeiro evidenciam limitações significativas impostas pela ocupação urbana consolidada. Embora a área tenha sido inicialmente classificada como segura, a exclusão das áreas edificadas reduziu a superfície efetivamente disponível para a instalação de barracas *ShelterBox*, resultando em uma capacidade de atendimento de apenas 52 pessoas. Esse valor representa aproximadamente 0,15% da população vulnerável estimada no município, demonstrando que soluções baseadas exclusivamente na implantação de barracas em áreas abertas dentro do perímetro urbano são insuficientes para atender à demanda em escala municipal.

A combinação de critérios técnicos como altitude, distância dos rios, profundidade da inundação, declividade, uso e ocupação do solo e densidade de abrigos possibilitou a construção de um mapa de adequação locacional robusto, capaz de orientar decisões mais seguras e fundamentadas quanto à instalação de novos abrigos ou à realocação de estruturas existentes. Tais critérios encontram-se alinhados às recomendações da literatura nacional e internacional sobre planejamento de abrigos temporários em áreas sujeitas a inundações, bem como às características físicas, topográficas e urbanas do município de Itajubá. A hierarquização desses critérios, realizada por meio do método AHP, evidenciou a predominância das variáveis físicas, especialmente altitude e distância dos cursos d'água, sobre os fatores de infraestrutura na determinação da adequação locacional.

Observou-se, ainda, que áreas classificadas como "Totalmente Adequadas", especialmente no bairro Açude, permanecem subutilizadas, apesar de apresentarem condições físicas, topográficas e logísticas mais favoráveis, o que indica potencial para a ampliação e descentralização da rede de abrigos temporários no município.

Dessa forma, o modelo desenvolvido demonstra potencial de replicabilidade em outros municípios com características semelhantes, contribuindo para a mitigação de riscos em áreas urbanas sujeitas a inundações. Além disso, os resultados obtidos fornecem subsídios técnicos concretos para a revisão e atualização dos Planos de Contingência Municipal (PLANCON), bem como para a formulação de políticas públicas voltadas à prevenção, preparação e resposta a desastres. Recomenda-se, portanto, a adoção sistemática de ferramentas de análise espacial e de métodos

multicritério como instrumentos de apoio à gestão de riscos e ao ordenamento urbano, promovendo maior resiliência territorial.

Nesse contexto, este trabalho apresenta uma contribuição tanto do ponto de vista científico quanto social, ao oferecer uma abordagem metodológica integrada e aplicada à realidade local, capaz de auxiliar na prevenção de riscos e no aumento da segurança da população do município de Itajubá frente a eventos hidrológicos extremos.

8 REFERÊNCIAS

ASF- ALASKA SATELLITE FACILITY. *Data Search Vertex: ALOS PALSAR Digital Elevation Model (DEM), resolução espacial de 12,5 m*. Fairbanks: ASF, 2011. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ALMEIDA, L. T.; ABREU, M. C.; FRAGA, M. S.; SILVA, D. D.; CECÍLIO, R. A. Aspectos morfométricos relacionados ao estudo de enchentes na Bacia do Rio Sapucaí, Minas Gerais. *Revista Nativa*, 2012.

ALVINO-BORBA, A.; GUERRA, P. M.; MOREIRA, L. A. G.; SACHT, H. M.; ALMEIDA, J. A.; MATA-LIMA, H. Desastres naturais no Brasil e no mundo: uma análise holística com ênfase nos impactos dos eventos hidrológicos e meteorológicos. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 73718-73740, 2020.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 39-52.

ANA- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Atlas de vulnerabilidade a inundações*. Brasília: ANA, 2014.

ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; GARÇON, E. A. M.; SILVA, G. B. S.; GOMES, D.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C. *Indicativo de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6917–6922.

BARBOSA, A. A.; OLIVEIRA, G. M.; OLIVEIRA, T. J. Histórico de enchentes em Itajubá/MG. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 9, n. 4, p. 125-140, 2015.

BEDIN, É. P.; FARIA, L. C. Estudo sobre a infraestrutura verde e o desenvolvimento urbano sustentável. *Cidades Verdes*, v. 8, n. 21, 2020, p. 167. ISSN eletrônico 2317-8604.

BLOG JORNAL À JANELA. Enchentes em Itajubá. 2011. Disponível em: <https://ajaneladobraz.blogspot.com/2011/01/enchentes-em-itajuba.html>. Acesso em: 05 mar. 2024.

BOLFE, É. L.; ANDRADE, R. G.; VICENTE, L. E.; BATISTELLA, M.; GREGO, C. R.; VICTORIA, D. C. Uso de geotecnologias no monitoramento de sistemas de

integração lavoura-pecuária-floresta. In: BUNGENSTAB, D. J. (ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-Floresta: A produção sustentável. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. p. 73-80.

BRASIL, F.; SILVA, G. M.; CARNEIRO, R.; ALMEIDA, M. E. Gestão democrática das cidades e instituições participativas: tendências no contexto brasileiro recente. *Economia Global e Gestão*, v. XVII, p. 117-134, 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012.

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Inundações. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/inundacao/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

BRASIL. Administração de abrigos temporários. Escola Virtual.Gov, [2025]. Disponível em: https://cdn.evg.gov.br/cursos/1155_EVG/scorms/modulo02_scorm01/mod2-aula1.html. Acesso em: 04/02/2025

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. *Diário Oficial da União*, n. 247, 22 dez. 1997, Seção 1, p. 30841-30843.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **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. Ministério do Desenvolvimento Regional. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec>. Acesso em: 12 dez. 2024.

BUCKER, P. O. M. Capacidade de uso e ocupação dos solos urbanos de Itajubá (MG). 2023. Dissertação (Mestre em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2023.

BUENO, L. S. Uso e ocupação do solo: uma estratégia para o Zoneamento

Sustentável. Caçador: EdUNIARP, 2020. 117 p.

BUSCH, A.; AMORIM, S. A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas. 2011. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br>. Acesso em: 16 dez. 2024.

CÂMARA, Gilberto. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2004. (MTC-M12). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

CARVALHO, M. B. Mapeamento das suscetibilidades a inundações e movimentos de massa usando SIG no município de Itajubá, MG. 2018. Tese (Mestrado acadêmico em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Itajubá.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAJUBÁ – FEPI. Projeto Político-Pedagógico. Itajubá, MG: Centro Universitário de Itajubá – FEPI, 2021. Disponível em: <https://fepi.br/wp-content/uploads/2021/11/ESTETICA-E-COSMETICA-1.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro. 2026.

CNM- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. Panorama dos desastres no Brasil: 2013 a 2024. Brasília: CNM, 2025.

COPASA- Companhia de Saneamento de Minas Gerais; IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí: Resumo Executivo. Belo Horizonte: IGAM, 2010. 97 p. COPASA, 2010 (pg 31).

CORSI, A. C.; AZEVEDO, P. B. M.; GRAMANI, M. F. Valoração de danos decorrente da inundação em São Luiz do Paraitinga. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 1, n. 2, p. 124-142, 2012.

COSTA, F. G., Abrigo temporário de São José do Vale do Rio Preto no desastre de 2011: uma comparação com o Projeto Esfera — Niterói. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2015. Disponível em: <https://defesacivil.uff.br/wp-content/uploads/sites/325/2020/10/Fernando-Costa-2015.pdf>

COSTA, F. G., Flauzino, R. F., Navarro, M. B. M. A., & Cardoso, T. A. O. (2017). Abrigos temporários em desastres: a experiência de São José do Rio Preto, Brasil. *Saúde em Debate*, 41(especial), 327-337.

DUARTE, L. e Teodoro, A. C. GIS Open-Source Plugins Development: A 10-

Year Bibliometric Analysis on Scientific Literature. *Geomatics*, 1(2), 206-245, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-7418/1/2/13>. Acesso em: 9 nov. 2025.

EM-DAT. Generate list events. Université Catholique de Louvain–Belgium. Disponível em: http://www.emdat.be/disaster_list/index.html. Acesso em: 05 mar. 2015.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistemas de informação geográfica e sua evolução*. Brasília, DF: Embrapa, 2007. (Apostila/Relatório Técnico). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

ESFERA. *Manual Esfera: Carta Humanitária e normas mínimas para a resposta humanitária*. 4. ed. Genebra: Esfera, 2018. Disponível em: <https://spherestandards.org/wp-content/uploads/Sphere-Handbook-2018-BRPortuguese.pdf>. Acesso em: 04/02/2025

FADEL, A. W. Incorporação do risco de prejuízo no gerenciamento de medidas de controle de inundação. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FERREIRA, D. Sistema de informações geográficas participativo (SIG-P) na prevenção de desastres ambientais: estudo de caso do Morro do Baú em Ilhota/SC. 2012. Dissertação (Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

FLAUZINO, B. K.; MELLONI, E. G. P.; PONS, N. A. D.; LIMA, O. de. Mapeamento da capacidade de uso da terra como contribuição ao planejamento de uso do solo em sub-bacia hidrográfica piloto no Sul de Minas Gerais. *Geociências*, v. 35, n. 2, p. 277-287, 2016.

FOLHA DE S.PAULO. Rio inunda 80% de Itajubá e 5 morrem. 2000. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff0501200012.htm>. Acesso em: 09 nov. 2022.

FONTES, A. R. M.; BARBASSA, A. P. Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbana. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 2, p. 137-142, abr./jun. 2003.

FRANÇA, S. L. A. A participação popular nos planos diretores municipais: uma estratégia de gestão democrática. São Paulo: Grupo de Trabalho, Participação e

Poder Público, 2007.

FRANCOIS, Atilio. Ferramentas de análise de rede QGis: caminho mais curto. Blog SIG & Territórios, 11 jul. 2023. Disponível em: <https://www.sigterritorios.com>. Acesso em: 17 dez. 2024.

FREIMAN, F. P.; CARVALHO, C. O. Modelagem espacial de áreas suscetíveis a inundações baseada em um modelo multicritério híbrido e Sistema de Informação Geográfica: um estudo de caso aplicado à bacia do rio Bengalas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 3, p. 1145, 2020.

FREITAS, Carlos Machado de [et al.]. Guia - Preparação para resposta à emergência em saúde pública por inundações graduais. Rio de Janeiro: ENSP, Fiocruz, 2021. 227 p.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. *Ateliê Geográfico, Goiânia*, v. 5, n. 3, p. 239–254, 2011.

G1. Imagens marcantes da tragédia de 2011 na região serrana do RJ. 2011. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2021/01/11/confira-imagens-marcantes-da-tragedia-de-2011-na-regiao-serrana-do-rj.ghtml>. Acesso em: 16 dez. 2024.

GONÇALVES, T. G.; PONS, N.A.D.; MELLONI, E. G. P.; MANCINI, M.; CURI, N. Digital soil mapping: Predicting soil classes distribution in large areas based on existing soil maps from similar small areas. *CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA (ONLINE)*, v. 45, p. 1-17, 2021.

GOULART, L. P.; MATSUOKA, J. V. Análise das Áreas Suscetíveis a Alagamentos e Inundações na Área Urbana do Município de Uberlândia - MG Utilizando Geoprocessamento e o Método de Análise Hierárquica AHP. *Gestão, Tecnologia e Ciências*, v. 10, n. 34, 2021.

ITAJUBÁ. Plano de Contingência para Inundações do Município de Itajubá – PLANCON. Itajubá: Prefeitura Municipal de Itajubá, 2021. Disponível em: <https://meteorologia.unifei.edu.br/hidrologia/docs/PLANCON/PLANCON.pdf>. Acesso em: 12/11/2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico 2022: resultados preliminares*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2024.

JANZANTTI, P. H. F., & CRAVO, S. C. O geoprocessamento como meio operacional e estratégico para defesa fronteiriça. *Revista Brasileira de Estudos de Defesa*, 5(1), 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.26792/rbed.v5n1.2018.75063>. Acesso em: 9 nov. 2025.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

LEITE, M. E.; ROCHA, A. M. Mapeamento da susceptibilidade à inundação em áreas urbanas: o caso da cidade de Montes Claros-MG. *Geosul*, v. 31, n. 62, p. 125-150, 2016.

LIU, B.; LI, Y.; ZHANG, Y.; WU, Z.; PAN, Y.; LI, M. Multi-criteria decision-making method for emergency shelter site selection considering flood risk: a case study of Zhuhai, China. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 24, p. 100892, 2025.

LOCH, C.; ERBA, D. A. Cadastro técnico multifinalitário: Rural e Urbano. 21. ed. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007. 147 p.

LONDE, L. R.; COUTINHO, M. P.; DI GREGÓRIO, L. T.; SANTOS, L. B. L.; SORIANO, É. Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 4, p. 133-152, 2014.

MARCELINO, E. V. Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos. Caderno Didático nº 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

MARTINS, A. Impactos Socioeconômicos de Inundações do Rio Sapucaí na Cidade de Itajubá-MG. 2022. Tese (Mestrado profissional em Engenharia Hídrica) – Universidade Federal de Itajubá.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: Inovações na análise geográfica. *Revista da ANPEGE*, v. 7, p. 99-109, 2011.

MIALHE, P. J.; MOSCHINI, L. E. Uso de análise multicritério em sistemas de informação geográfica para modelagem de áreas de risco de ataques de morcegos hematófagos *Desmodus rotundus*. *Vet. e Zootec.*, v. 31, p. 1-15, 2024.

MORAES, J. M. Rio Sapucaí – Vereda da visão de uma Alvorada. ACR & Associados, 2003. 128 p.

MORAIS, Wilton Costa de; OLIVEIRA, Amanda Gondim de; QUEIROZ, Paulo Gabriel Gadelha. Uma visualização educacional gráfica do algoritmo de Dijkstra. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2023.

MOSE, L. Geotecnologias na gestão de riscos e desastres em cidades no Brasil. Portal Coordenadas. 2022. Disponível em:

<https://blog.img.com.br/governo/geotecnologias-na-gestao-de-riscos-e-desastres/>

NAPPI, M. M. L., & SOUZA, J. C. Modelo Multicritério de Decisão com Foco na Logística Humanitária a partir de Medidas de Desempenho para Abrigos Temporários. IX Sustentável, 3(1), 2017, 134–135.

NUNES, E. F.; AGUILAR, V. Z.; LIMA, A. P. A. S.; ABREU, S. M. B. M.; REZENDE, E. J. C. Abrigos para situação de emergência. Estudos em Design, v. 26, n. 2, 2018, p. 166.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE; ALVES, G. J. Stream flow regime of springs in the Mantiqueira Mountain Range region, Minas Gerais State. Cerne, v. 20, n. 3, p. 343-349, 2014.

ONU. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1992: Rio de Janeiro, RJ. Agenda 21. Rio de Janeiro: ONU, 1992.

PARSIAN, S.; AMANI, M.; MOGHIMI, A.; GHORBANIAN, A.; MAHDAVI, S. Flood Hazard Mapping Using Fuzzy Logic, Analytical Hierarchy Process, and Multi-Source Geospatial Datasets. Remote Sensing, v. 13, p. 4761, 2021.

PAZ, A. R. Hidrologia aplicada: texto básico. Disciplina ministrada na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004.

PEDROSA, P. T. de M. Morfologia urbana e suas vivências: estudo de caso sobre uma nova centralidade urbana em Itajubá/MG. 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/1981>. Acesso em: 9 nov. 2025.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Piedade - MG. Revista do Departamento de Geografia, v. 23, p. 4-26, 2012.

PINHEIRO, M. V. Avaliação técnica e histórica das enchentes em Itajubá – MG. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá.

PINTO, V. C. Direito urbanístico: plano diretor e direito de propriedade. São

Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.

PROYECTO ESFERA. Carta Humanitária y Normas Mínimas para la Respuesta Humanitária: normas mínimas sobre acción de salud. Ginebra: Consejo Internacional de Organizaciones Voluntarias, 2010.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Versão 3.34. Open Source Geospatial Foundation, 2024. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 4 mar. 2026.

REIS, J. B. C. dos; PONS, N. A. D.; LOPES, E. S. S. Monitoramento e alerta de inundação no município de Itajubá (MG) por regressão polinomial. *Geociências*, v. 35, n. 1, p. 134-148, 2016.

REIS, R. L. C.; REIS, M. S.; REIS, A. C. P. Avaliação das enchentes em Itajubá. *Revista de Geografia e Meio Ambiente*, v. 7, p. 112-127, 2017.

REZENDE, D. A.; ULTRAMARI, C. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. *Revista de Administração Pública (RAP)*, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 255-271, mar./abr. 2007.

RIÊRA, R. I. M. Projeto de Lei Nº4358/2018. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Itajubá. Disponível em: <https://itajuba.siscam.com.br/Documentos/Documento/40715>. Acesso em: 05 mar. 2024.

ROSAS, P. Itajubá e as Enchentes. AENAI, 2019. Disponível em: aenai.com.br/assets/paginas/itajuba-e-as-enchentes.html. Acesso em: 4 nov. 2022.

ROSAS-CHAVOYA, M.; MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, F.; GUTIÉRREZ-ÁLVAREZ, J.; et al. *QGIS: a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development*. Universidad de La Rioja, 2022. Disponível em: <https://www.unirioja.es/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, v. 9, n 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1980a. 287 p

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill, 1980b.

SAATY, T. L. “A scaling method for priorities in hierarchical structures”. *Journal of Mathematical Psychology*, v.15, n.3, p. 234-281, 1977.

SARLAS, T. L. B. Elaboração de manchas de inundação para o município de Santa Rita do Sapucaí/MG, utilizando SIG. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

SIRVINSKAS, L. P. Manual de Direito Ambiental. 4. ed. revista, atualizada e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2006.

SIURB. *Dicionário de variáveis — Agregados por setores censitários, Censo 2022*. 2022. Disponível em: <https://siurb.rio/portal/home/item.html?id=554c36237966407fbb674396ecc641f5>. Acesso em: 11 nov. 2025.

TIANGTRONG, A.; MANGMOON, T.; APIRAK, S.; AMORNWECH, N.; NOIPOW, N.; JAN, C. Optimized shelter planning in flood-prone areas using geographic information systems (GIS) and the analytical hierarchy process (AHP): an analysis of Ubon Ratchathani, Thailand. *Natural Hazards*, v. 121, n. 18, p. 21097–21119, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-025-07604-6>.

TEIXEIRA, D. L. S. Vulnerabilidade socioambiental a inundações: estudo de caso de uma sub-bacia no sul de Minas Gerais. 2022. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2022.

TOMINAGA, L, SANTORO, J; AMARAL, R. (org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

TROUW, R. A. J.; NUNES, R. P. M.; CASTRO, E. M. O.; TROUW, Camilo Correia; MATOS, Gabriel Corrêa de. Geologia da folha Itajubá SF.23-Y-B-III. 2008. Relatórios Técnicos. Brasil, Minas Gerais: CPRM; UFRJ. Escala 1:100.000. Dados vetoriais.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Ciência & Cultura*, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 43-48, out./dez. 2003.

UN-Habitat. World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2020 Available at: www.unhabitat.org.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI. Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2024–2028. Itajubá, MG: Universidade Federal de Itajubá, 2023. Disponível em: <https://sdi.unifei.edu.br/wp-content/uploads/2024/03/PDI-2024-2028-Unifei.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro. 2026.

VASCONCELOS, V. V.; PINHO, C. M. D.; SULAIMAN, S. N.; PAZ, D. P.; MORAIS, G. M.; SILVA, J. J. Geoprocessamento aplicado à gestão de riscos. In: Caminhos participativos para a gestão de riscos e desastres: um projeto de pesquisa e extensão universitária. Universidade Federal do ABC, 2022. p. 193-206.

VILLANOVA, L. B; TONIOLO, M. A; PUGA, B. P. Planejamento urbano e regional para o enfrentamento das mudanças climáticas: estudo de caso na região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 20, n. 1, 2024.

WELERSON, Camila Coelho; SILVA, Benedito Cláudio da. Análise do impacto do crescimento urbano em uma microbacia hidrográfica no município de Itajubá/MG. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 3, p. 1114-1131, 2019.

ZUQUETTE, L. V. Riscos, desastres e eventos naturais perigosos: Fontes de Eventos Perigosos. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Capacidade de acomodação dos abrigos temporários previamente cadastrados (Plano de Contingência (PLANCON) do município de Itajubá).



PLANO DE CONTINGÊNCIA

Informações Estrutura Física das Instituições Municipais de Ensino						
Instituição	Nº de salas	Nº San. Masc	Nº San. Fem	Nº Chuveiros	Acomodação	
1 C.I.E.M. Desembargador Fco. Pereira Rosa	12	02	02	02	120	
2 C.I.E.M. Profª. Geralda Cerávolo Rodrigues	09	02	02	00	90	
3 E.M. Alcides Faria	03	01	02	00	30	
4 E.M. Ana Junqueira Ferraz	06	03	02	01	60	
5 E.M. Coronel Silvestre	03	01	02	01	30	
6 E.M. Dr. Antônio Salomon	09	01	01	00	90	
7 E.M. Dr. Xavier Lisboa	11	03	03	00	110	
8 E.M. Durval Braga	04	01	02	00	40	
9 E.M. Francisco Florêncio da Silva	05	02	02	02	50	
10 CEM Cyrillo Rodrigues da Souza	10	02	02	00	100	
11 E.M. Francisco Pereira Coutinho	16	06	06	02	160	
12 E.M. Olimpio José Joaquim.	04	01	02	00	40	
13 E.M. Padre Donato	10	02	02	00	100	
14 E.M. Profª Isaura Pereira dos Santos	09	06	06	02	90	
15 E.M. Prof. Carmo Cascardo	08	06	07	02	80	
16 E.M. Santo Agostinho	08	06	10	01	80	
17 E.M. São Justus Tadeu	08	02	02	00	80	
18 E.M. São Sebastião	08	04	05	02	80	
19 E.M. São Vicente de Paulo	06	06	06	01	60	
20 E.M. Teodomiro Santiago	08	05	09	03	80	
21 E.M. Wencelau Neto	08	07	08	02	80	
22 E.M. Professor Rafael Magalhães	08	04	05	03	80	
23 C.M.E.I. Alex Honório da Silva	04	01	01	01	40	
24 C.M.E.I. Alex Honório da Silva - Anexo Moquem	05	02	02	03	50	
25 C.M.E.I. Gasparina Maia	10	07	07	06	100	
26 C.M.E.I. Maria Adami Lamóglia	08	01	01	09	80	
27 C.M.E.I. Maria Emília Maud	04	04	04	04	40	
28 C.M.E.I. Sebastião Carlos de Oliveira	05	01	01	03	50	
29 C.M.E.I. Sebastião G. de Oliveira	08	04	03	02	80	
30 C.M.E.I. Vívli Sanchez de Mendonça	04	04	04	01	40	
31 C.M.E.I. Nossa Sra. de Lourdes	05	03	03	04	50	
32 C.M.E.I. Padre Moye	04	01	01	01	40	
33 C.M.E.I. Irmã Mª. Auxiliadora	07	01	03	02	70	
34 C.M.E.I. Professora Allema S. Gama	10	05	05	06	100	
35 C.M.E.I. Professora Nair Prado	10	05	05	06	100	
36 Lar de Meimei	05	03	03	04	50	
37 Casa da Criança	06	01	01	02	60	
38 Os Pequenininhos	05	03	04	04	50	
39 Criança Feliz	03	03	04	02	30	

APÊNDICE B

Solicitação de Colaboração Técnica – Definição da Matriz AHP para Seleção de Abrigos Temporários.

Prezados(as),

Venho por meio deste documento solicitar a sua colaboração para contribuir com o desenvolvimento da minha dissertação de mestrado, intitulada “**Definição de Locais Potenciais para Abrigos Temporários em Situações de Inundação no Município de Itajubá/MG utilizando o Método AHP**” que está sendo desenvolvida no POSMARH (Programa de PósGraduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UNIFEI).

I. Contextualização do Estudo

O município de Itajubá, localizado no sul do estado de Minas Gerais, encontra-se inserido na planície de inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí. Desde sua fundação em 1819, já no ano de 1821, a cidade enfrentava eventos de cheias, que se intensificaram com o crescimento urbano desordenado e a ocupação de áreas suscetíveis a inundações. Segundo dados da Associação de Engenheiros e Agrônomos de Itajubá (AENAI, 2019), foram registradas 74 enchentes nos últimos 126 anos, sendo 13 de grande magnitude. Com base em dados históricos e utilizando técnicas de geoprocessamento, o presente trabalho visa propor uma metodologia científica para a identificação dos locais mais adequados para a instalação de abrigos temporários, com foco na gestão eficiente de desastres e no planejamento urbano sustentável.

II. Objetivo da Colaboração

Para garantir a robustez metodológica do processo decisório, será utilizado o método de Análise Hierárquica de Processos (AHP), desenvolvido por Thomas Saaty (1977)¹. A AHP possibilita estruturar e hierarquizar critérios e subcritérios de decisão por meio de comparações paritárias e atribuição de pesos relativos, baseando-se no julgamento de especialistas.

Dessa forma, a participação de especialistas que atuam no meio acadêmico, na Prefeitura de Itajubá e no corpo de bombeiros e áreas afins é essencial para:

1. Validar os critérios propostos com base na bibliografia técnica, nos aspectos físicos e de infraestrutura urbana de Itajubá, bem como na experiência prática dos profissionais.
2. Realizar o julgamento comparativo entre os critérios, preenchendo a matriz AHP.
3. Garantir a legitimidade, coerência e aplicabilidade prática dos resultados obtidos para a realidade local.

¹ Saaty, T. L. (1977). "A scaling method for priorities in hierarchical structures." *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. DOI: 10.1016/0022-2496(77)90033-5

III. Critérios

Foram definidos 4 critérios importantes para a tomada de decisão com o objetivo de encontrar a melhor localização para possíveis abrigos temporários no município de Itajubá.

Os critérios utilizados foram:

1. Profundidade (tamanho da lâmina d'água).
2. Altitude (modelo hipsométrico).
3. Distância do Rio Sapucaí e seus afluentes.
4. Concentração dos possíveis abrigos temporários (citados no plancon de Itajubá e escolhidos pelo autor, orientadora e coorientador do trabalho).

Esses critérios foram embasados em revisão bibliográfica e em produtos cartográficos elaborados a partir de dados do Modelo Digital de Elevação ALOS PALSAR, mapas temáticos de declividade e hipsometria, e infraestrutura urbana.

IV. Importância da Contribuição dos Especialistas

Sua colaboração é fundamental para a construção de uma base técnica sólida e participativa, orientada para a resolução de problemas reais enfrentados pela população de Itajubá em períodos de eventos hidrológicos extremos. Com o seu apoio, será possível definir estratégias mais eficazes e seguras para a alocação de abrigos temporários, com respaldo técnico e sensibilidade social.

Junto com esse documento, será enviada a planilha AHP e um tutorial de preenchimento. A planilha em formato excel já possui as formulas definidas. A função do especialista será somente refletir quais critérios julgue mais importante na determinação dos melhores locais para os abrigos temporários e preencher as cédulas da planilha 1 que estão grifadas de **verde**.

Desde já, agradeço pela atenção e pelo comprometimento em contribuir com uma pesquisa que visa minimizar os impactos dos desastres naturais sobre a população mais vulnerável do município de Itajubá.

Atenciosamente,

André Vilelaⁱ

ⁱAndré Vilela

Tel: (84)99694-3079, Email: almendesvilela@gmail.com

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nívea Adriana Dias Pons

Tel: (35)99146-9657, Email: npons@unifei.edu.br

Coorientador: Prof. Dr. Benedito Cláudio da Silva

Tel: (35)99144-2262, Email: silvabenedito@unifei.edu.br

APÊNDICE C

Tutorial de Preenchimento da Matriz AHP

V. Objetivo do Tutorial

Preencher manualmente uma matriz de comparação par a par do método AHP (Analytic Hierarchy Process) criado por Thomas Saaty (1977), garantindo que o resultado final seja coerente e consistente (com $CR < 0,1$).

Este método será utilizado para suporte à decisão na escolha da melhor localização de abrigos em áreas de risco.

VI. Passo 1 – Lista dos critérios a serem comparados

Foram definidos 4 critérios importantes para a tomada de decisão com o objetivo de encontrar a melhor localização para possíveis abrigos temporários no município de Itajubá.

Os critérios utilizados foram:

1. Profundidade (tamanho da lâmina d'água)
2. Altitude (modelo hipsométrico)
3. Distância do Rio Sapucaí e seus afluentes.
4. Concentração dos possíveis abrigos temporários (citados no plancon de Itajubá e escolhidos pelo autor, orientadora e coorientador do trabalho).

Passo 2 – Preenchimento da matriz AHP.

Como temos 4 critérios, a matriz será 4x4. A diagonal principal é sempre 1, pois cada critério comparado consigo mesmo tem o mesmo peso.

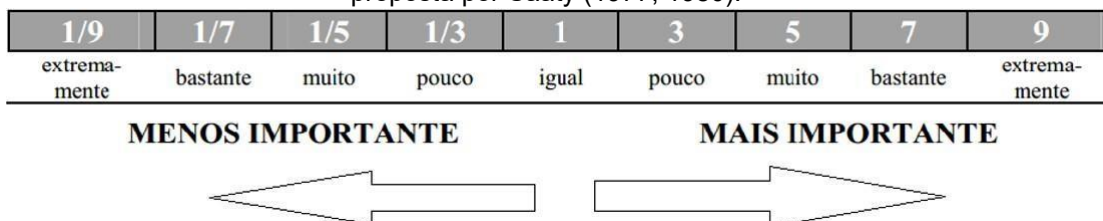
A matriz será disponibilizada no formato Excel para o preenchimento dos valores de cada critério.

Critério/Critério	Profundidade	Hipsométrico	Distância dos rios	Concentração
Profundidade	1	?	?	?
Hipsométrico	?	1	?	?
Distância dos rios	?	?	1	?
Concentração	?	?	?	1

VII. Passo 3 – Preencha as comparações par a par (escala de Saaty)

A escala de Saaty (Figura 1) serve para comparar o quanto um critério é mais importante que o outro:

Figura 1 Escala fundamental de comparação pareada (1–9) do método AHP, conforme proposta por Saaty (1977, 1980).



Fonte: Botelho (2005).

De acordo com sua concepção se o critério A for mais importante que o critério B, por exemplo, então o critério A terá um valor x inteiro referente ao critério B e o critério B terá um valor inversamente proporcional ao critério A, no caso $1/x$.

Se você atribui um valor x (por exemplo, 5) para dizer que o **Critério A é 5 vezes mais importante que o Critério B**, então:

- A célula $A \times B$ recebe 5
- E automaticamente, a célula $B \times A$ recebe $1/5$
- Isso garante a **reciprocidade** da matriz, que é uma das bases da consistência da AHP.

IMPORTANTE!

Para o resultado final ser coerente e consistente o valor do CR precisa ser menor que 0,1. O CR já será calculado automaticamente ao preencher os valores dos critérios na planilha.

VIII. Referências

Saaty, T. L. (1977). *A scaling method for priorities in hierarchical structures*. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234–281.

Botelho, F.C. (2005). *Decomposição da elasticidade-preço no varejo com uso de dados escaneados*. *Pesquisa Operacional*, 25(2).