

**Área:** Sustentabilidade | **Tema:** Cidades Sustentáveis e Inteligentes

**CARACTERIZAÇÃO DE ÁREA SUSCETÍVEL A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES EM PASSO FUNDO**  
**- RS**

**CHARACTERIZATION OF AN AREA SUSCEPTIBLE TO FLOODS AND INUNDATIONS IN PASSO**  
**FUNDO - RS**

Sidnei Matana Júnior, Yohan Casiraghi, Gabriela Weimer Berres, Marcos Antonio Leite Frandoloso e

Francisco Dalla Rosa

**RESUMO**

A mudança nos padrões de precipitação ocorrido ao longo das últimas décadas estabelece a discussão sobre os riscos decorrentes das precipitações em áreas urbanas. Entre estes riscos, estão enchentes, inundações e alagamentos, influenciadas por diferentes condicionantes. O objetivo do trabalho é caracterizar uma área de risco, suscetível a inundações e alagamentos, na cidade de Passo Fundo, no norte do Rio Grande do Sul. A caracterização utilizou software SIG (Sistema de Informação Geográfica) para elaboração de mapas temáticos para identificar condicionantes naturais, redes de infraestrutura, demais condicionantes do meio construído e também para propor soluções visando a mitigação dos riscos para a área. A análise demonstrou que a área, predominantemente residencial, é suscetível a riscos, dada a proximidade com arroios, declividades e superfícies impermeáveis, apesar da existência de infraestrutura de rede pluvial, sendo propostas estratégias de mitigação baseadas no conceito de infraestrutura verde como implantação de superfícies drenantes, jardins de chuva e parque linear. Os dados coletados neste estudo fornecerão subsídios para elaborar a carta de risco da área, aprofundando as análises em estudos futuros, auxiliando a tomada de decisão do poder público para prevenir e mitigar os riscos como inundações e alagamentos, conforme a suscetibilidade identificada, contribuindo também para o Objetivo 11 - Cidades e comunidades sustentáveis da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas.

**Palavras-Chave:** cidades resilientes, cidades sustentáveis, área de risco,

**ABSTRACT**

The change in precipitation patterns that has occurred over the past decades establishes the discussion about the risks arising from rainfall in urban areas. These risks include floods, inundations and overflow, influenced by different conditions. The objective of the work is to characterize a risk area, susceptible to inundations and floods, in the city of Passo Fundo, in the north of Rio Grande do Sul. The characterization used GIS software (Geographic Information System) to prepare thematic maps to identify conditions infrastructure networks, other constraints of the built environment and also to propose solutions aimed to mitigating risks for the area. The analysis showed that the area, predominantly residential, is susceptible to risks, given the proximity to streams, the topography with slopes and impermeable surfaces, despite the existence of rain network infrastructure, from the analysis, mitigation strategies were proposed, based on the concept of green infrastructure such as the implementation of draining surfaces, rain gardens and a linear park. The data collected in this study will provide subsidies to elaborate the risk letter of the area, deepening the analysis in future studies, assisting the decision making of the public power to prevent and mitigate risks such as floods and floods, according to the identified susceptibility, also contributing to Goal 11 - Sustainable cities and communities on the United Nations Agenda 2030.

**Keywords:** resilient cities, sustainable cities, risk areas

# CARACTERIZAÇÃO DE ÁREA SUSCETÍVEL A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES EM PASSO FUNDO - RS

## 1 INTRODUÇÃO

Ao analisar dados de precipitação ao longo das décadas, é possível perceber uma mudança no comportamento dos eventos naturais, como o aumento da temperatura terrestre, e a mudança no regime de chuvas em todo o planeta. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, é provável que a frequência de precipitações intensas e ciclones extratropicais aumentem com o aquecimento contínuo do planeta, induzido pelo aumento das concentrações de gases do efeito de estufa (IPCC, 2018). Conforme Goulart e Fogaça (2018), o cenário de precipitação para a região Sul do Brasil indica um aumento das precipitações entre 5% e 10% até 2040 e de 15% a 20% entre 2041 e 2070. Esse prognóstico estabelece um cenário de discussão acerca dos riscos que podem ser provocados por este aumento de precipitações, em especial nas áreas urbanas.

Entre os riscos associados às chuvas nos ambientes urbanos, ocorrem enchentes, inundações e alagamentos. A enchente está associada à elevação do nível dos cursos d'água, sem transbordamento e de modo temporário, enquanto as inundações consideram o extravasamento que atinge áreas de várzea, sendo que as inundações urbanas decorrem de ações antrópicas e naturais, intensificada pelo processo de urbanização. Os alagamentos estão relacionados ao aumento do escoamento superficial de águas pluviais, em função da urbanização e impermeabilização do solo, alterando o curso natural das águas (CASTELHANO, 2020). A ocorrência destes eventos afeta principalmente as comunidades mais vulneráveis, pois as mesmas na maioria das vezes não são capazes de lidar com os riscos, como também possuem dificuldades para retornar ao estado de normalidade, conforme a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016).

Para Castelhana (2020), o caráter socioambiental desses riscos e o caráter multidisciplinar reforçam a importância dos estudos sobre as consequências das chuvas nos meios urbanos. Além disso, o Objetivo 11 dos 17 Objetivos para o Desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU, 2020) trata das cidades e comunidades sustentáveis, tendo na meta 11.b aumentar até 2020 o número de cidades que adotem estratégias e planos que incluam diretrizes de resiliência a desastres e mitigação de mudanças climáticas, bem como implantar o gerenciamento holístico dos riscos associados a desastres, conforme o Marco Sendai 2015-2030, que aborda a redução de riscos em todos os níveis.

Muitos trabalhos focaram na definição dos conceitos de resiliência urbana em detrimento da análise de como implantar as estratégias e políticas que promovam este processo, além do questionamento de como as políticas públicas afetam a resiliência urbana. Os instrumentos de planejamento, como Planos Municipais de Saneamento, podem contribuir no sentido de mitigar riscos, através da identificação de áreas críticas, suscetíveis a alagamentos e enchentes, pela implantação de sistemas de monitoramento e também de medidas de controle (GODSCHALK, 2003; MEEROW, NEWELL E STULTS, 2016; PICKETT, CADENASSO E GROVE, 2004; VALE, 2014, apud SHAMSUDDIN, 2020).

A análise multicritério usando softwares SIG (Sistema de Informação Geográfica), considerando elementos como infraestrutura de drenagem, presença e proximidade aos corpos hídricos, altitude, declividade e uso do solo permitem uma abordagem importante na gestão e mitigação dos riscos nas áreas urbanas (ALVES et al., 2017). Nesse contexto, o objetivo da pesquisa é caracterizar uma área de risco, suscetível a alagamentos e inundações no município de Passo Fundo, localizado no norte do Rio Grande do Sul, utilizando software SIG e a partir

dos levantamentos propor ações de mitigação a partir do conceito de infraestrutura verde e cidades-esponjas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O risco de desastres naturais decorre de fatores como ameaças, referentes aos eventos como deslizamentos, incêndios, furacões, secas, entre outros, o nível de exposição, referente ao tempo e espaço em que estão inseridos pessoas, edificações e bens naturais e vulnerabilidade, que diz respeito à intensidade em que uma pessoa ou ativos podem ser afetados pelas ameaças. Nesse contexto, a mudança climática é considerada como uma condicionante de alteração ou intensificação destes eventos (BID, 2020).

O balanço hídrico nas cidades é afetado pelas ações antrópicas, como construções, pavimentos e resíduos sólidos, modificando a velocidade de escoamento superficial, os volumes que infiltram no solo ou que sofrerão evapotranspiração, além dos níveis freáticos. No meio urbano, os riscos relativos aos índices pluviométricos e influenciados pela ação antrópica são as inundações e alagamentos. Por decorrerem das chuvas, os três fenômenos podem ser considerados naturais, porém, é necessário considerar o modo como as ações antrópicas influenciam na magnitude ou frequência destes fenômenos que, associadas a outras variáveis como impermeabilização e compactação do solo e alteração de cursos naturais, os tornam riscos híbridos (CASTELHANO, 2020).

A inundação urbana ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem de seus leitos e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros, por consequência da falta de capacidade de transporte de um ou mais sistemas (TUCCI, 2004). Suas consequências, de acordo com a Organização das Nações Unidas – ONU (ONU, 2020), a ocorrência desses problemas pode resultar danos diretos e perdas de ativos físicos e ambientais, incluindo pertences e abrigo humano, sistemas e produção ecológica em setores econômicos, como também questões relacionadas à saúde e à perda de vidas humanas. Por isso as inundações são consideradas um dos desastres naturais mais caros devido aos grandes danos causados. Em um estudo de desastres naturais na América Latina e Caribe, entre 2000 e 2019, o Brasil está entre os 15 principais países do mundo com a maior população exposta ao risco de inundação de rios, sendo que neste período 7.406.000 pessoas foram afetadas por inundações (ONU, 2020).

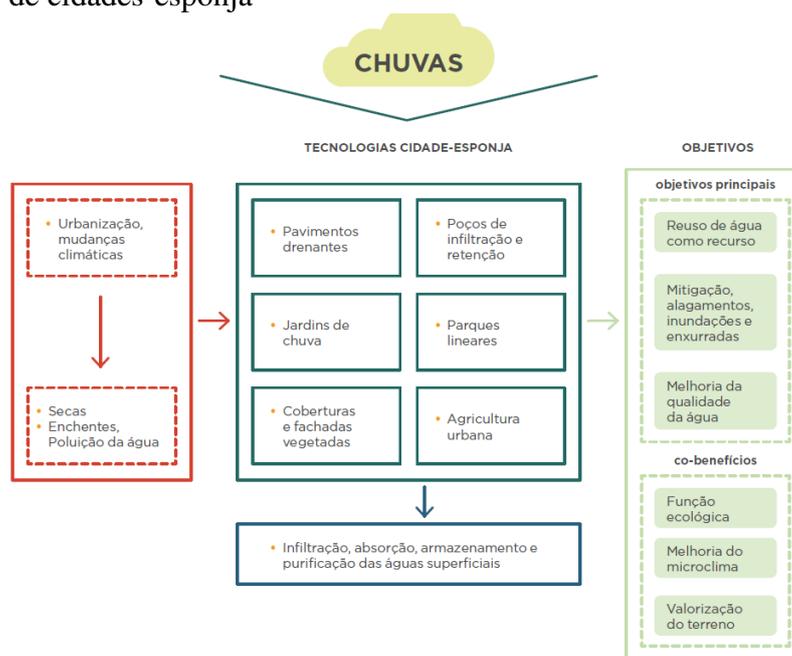
Por estes motivos, há esforços de pesquisas e projetos com o objetivo de aumentar a resiliência de comunidades expostas a riscos ou residentes em áreas suscetíveis (PRATES, 2019). Spaans e Waterhout (2017) conceituam resiliência urbana como a capacidade que indivíduos, comunidades, sistemas, entre outros em uma cidade tem de sobreviver, independentemente de que tipos de tensões crônicas e choques agudos que experimentam, se adaptando e crescendo. Para uma ocupação urbana resiliente às mudanças climáticas é fundamental que seja realizado um planejamento urbano eficiente, pois os aspectos da forma urbana interferem diretamente nos deslocamentos de pessoas e bens pela cidade, bem como nos padrões de consumo de recursos naturais. Assim pode ser construída uma relação de equilíbrio entre o homem e a natureza, com cidades adaptadas para reduzir suas respectivas vulnerabilidades (APOLLARO e ALVIM, 2017).

Há medidas estruturais e não-estruturais que podem ser levadas em consideração ao analisar as possíveis estratégias de gestão ao risco de alagamentos e inundações. São caracterizadas como medidas estruturais as obras de engenharia pesada e estruturas, nas quais necessitam de um investimento maior, como por exemplo defesas contra as cheias e canais de drenagem, como também medidas complementares ou alternativas, tais como zonas úmidas e tampões naturais. As medidas não-estruturais se organizam em quatro objetivos básicos que

geralmente não exigem pesados investimentos como as estruturais, porém necessitam de um maior conhecimento sobre a área. O primeiro objetivo é o planejamento e gerenciamento de emergência incluindo alerta e evacuação, o segundo objetivo é uma maior preparação da população através de campanhas de conscientização, o terceiro objetivo é ter condições para evitar inundações pelo planejamento do uso do solo e o quarto objetivo é a aceleração da recuperação e uso do pós-inundação para aumentar a resiliência através da melhoria de projetos de construção e da própria construção (JHA, BLOCH e LAMOND, 2012).

Conforme o guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 2020), o conceito de cidades-esponjas ou sistemas de drenagem sustentáveis, utiliza a infraestrutura verde para que as águas pluviais sejam absorvidas nos locais próprios ou próximos da precipitação, reproduzindo o ciclo natural das águas, ao invés de produzir o escoamento destas. Este conceito permite reduzir impactos como alagamentos, inundações, enxurradas e outros eventos relacionados às chuvas. Dentre as estratégias desse conceito, está a combinação das infraestruturas cinzas, impermeáveis e construídas, com a infraestrutura verde, composta pela vegetação, áreas verdes, pavimentos permeáveis, espaços para agricultura urbana, entre outras estratégias, dispostas em diversas escalas urbanas. A figura 1 apresenta o esquema de funcionamento de uma cidade-esponja:

Figura 1 - Conceito de cidade-esponja



Fonte: BID (2020).

Os parques lineares constituem uma estratégia para recuperação de corpos hídricos, permitindo restabelecer ecossistemas, recuperar áreas degradadas, conectar áreas verdes, auxiliar no controle de inundações, além da possibilidade de uso para lazer, educação ambiental (BID, 2020). Corredores verdes urbanos também contribuem para constituir uma cidade resiliente, através da mitigação de impactos da expansão urbana, através da criação de microclimas, melhora da drenagem e atribuindo qualidade ao espaço urbano (CORTEZ, MOURA E MACHADO, 2019). Jardins de chuva podem ser utilizados como estratégia para aumentar a permeabilidade dos espaços urbanos, que contribuem para redução da erosão e a utilização das espécies de plantas adequadas, preferencialmente espécies nativas, permite reter parte da água e dos poluentes que seriam infiltrados no solo ou seriam carreados no caso de

superfícies impermeabilizadas (KATSIFARAKIS, VAFEIADIS E THEODOSSIOU, 2015). Além disso, essa infraestrutura permite o aumento da umidade do ar, mitigação de ilhas de calor, qualidade paisagística dos espaços abertos, redução da velocidade de escoamento das águas pluviais e a irrigação da vegetação do entorno (BID, 2020).

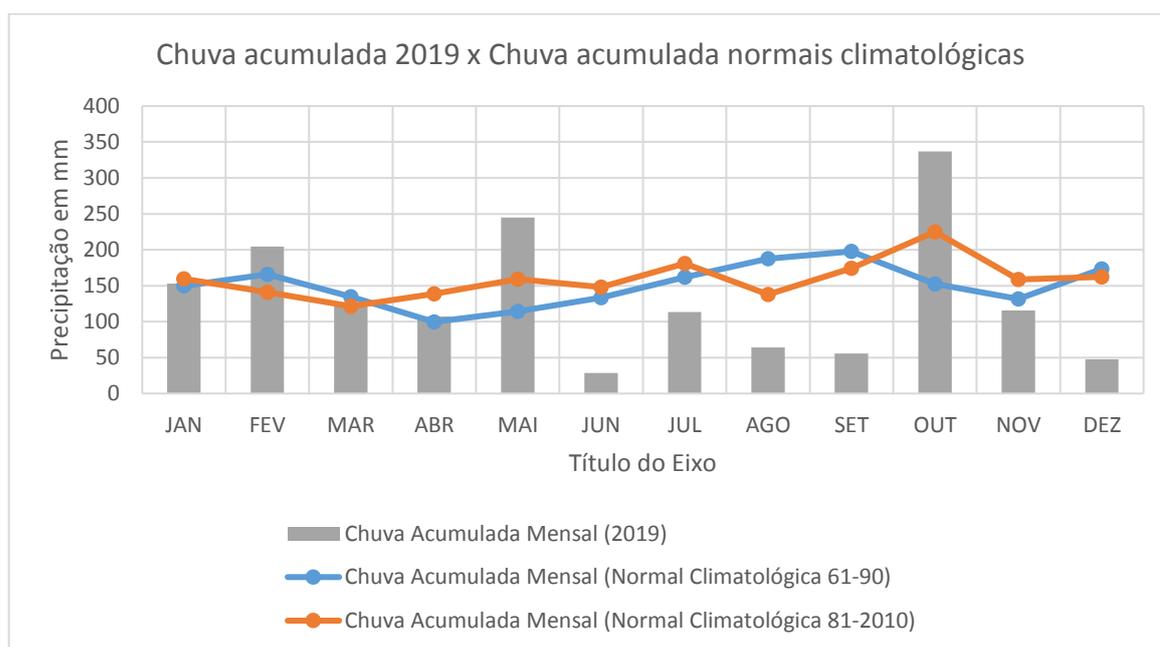
### 3 METODOLOGIA

A área de estudo foi definida a partir do Plano de Saneamento Básico do Município de Passo Fundo (PASSO FUNDO, 2014), o qual indica pontos suscetíveis a inundações e alagamentos na área urbana do município. Para a área escolhida, foram indicados três locais de risco, os quais serão avaliados em conjunto, de acordo com os procedimentos de análise descritos a seguir.

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada em Passo Fundo, cidade de médio porte da região norte do Rio Grande do Sul. Com população estimada de 203.275 habitantes (IBGE, 2019), o município constitui um polo regional, devido à oferta de serviços de saúde, educação e comércio diversificado, sendo o 12º município mais populoso do estado. O clima de Passo Fundo é do tipo fundamental úmido (*f*), variedade subtropical (*Cfa*), conforme a classificação Köppen (EMBRAPA, 2001). Os períodos de chuva são distribuídos durante o ano, com os meses de março, julho, agosto e novembro caracterizados como menos chuvosos e o mês de outubro o mais chuvoso (PASSO FUNDO, 2019a). Porém, nos últimos dez anos as precipitações do período chuvoso vêm consistentemente ultrapassando os valores máximos de chuva, enquanto os períodos menos chuvosos em alguns anos, tem valores muito abaixo da média (INMET, 2020). A figura 2 apresenta a comparação da distribuição pluviométrica das normais climatológicas e do ano de 2019:

Figura 2- Comparação entre a chuva acumulada mensal em 2019 e as normais climatológicas



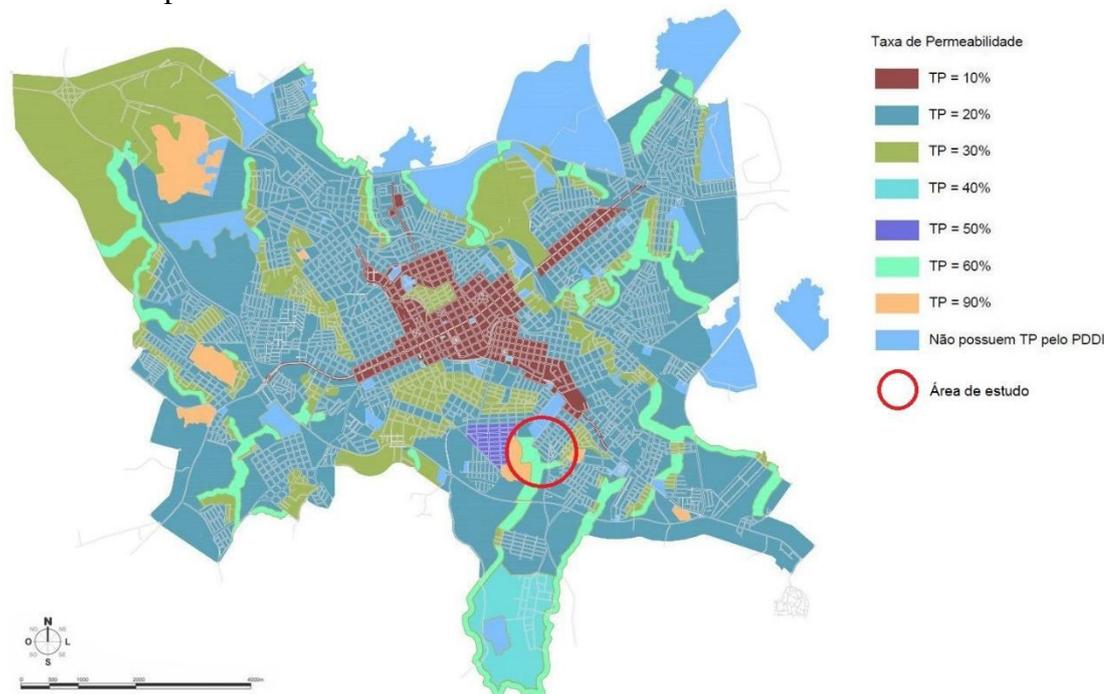
Fonte: INMET (2020).

Após a identificação dos dados das normais em relação a precipitação, observou-se que o ano de 2019 apresentou valores adversos aos identificados no período de 1961 até 1990, a título de exemplo, o mês de setembro registra a precipitação total de 206,8 mm na série histórica e no ano de 2019 a precipitação no mesmo mês não chegou a 100mm e o mês de outubro, na série histórica apresenta 167,1mm de precipitação, registrou valores acima dos 300mm no ano de 2019, demonstrando a alteração nos padrões das chuvas no município, sendo que estas alterações estão também relacionadas a eventos sazonais que influenciam a precipitação na região sul do Brasil.

O município de Passo Fundo teve seu primeiro plano de saneamento entre 1919 e 1923, analisando a topografia, sistemas de esgoto e abastecimento de água, além da previsão de áreas verdes em locais de difícil execução de esgoto sanitário (GOSCH, 2002). Após o primeiro Plano Diretor em 1953 e suas revisões em 1984 e 2006, o novo plano de saneamento (PASSO FUNDO, 2014) passa a vigorar em 2014, caracterizando a cidade através de diagnósticos dos serviços de captação e abastecimento de água potável, drenagem urbana e manejo de águas pluviais, coleta e destinação de esgoto sanitário, resíduos sólidos e serviços de limpeza urbana e também prognósticos e métodos de avaliação das metas do plano.

Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico (PASSO FUNDO, 2014) são estabelecidas diferentes taxas de permeabilidade para cada zona da cidade, sendo a percentagem correspondente à porção mínima do lote correspondente a área permeável do solo, sendo a área central da cidade a área com a menor taxa de permeabilidade. A figura 3 demonstra a localização de cada uma das áreas com as respectivas taxas de permeabilidade.

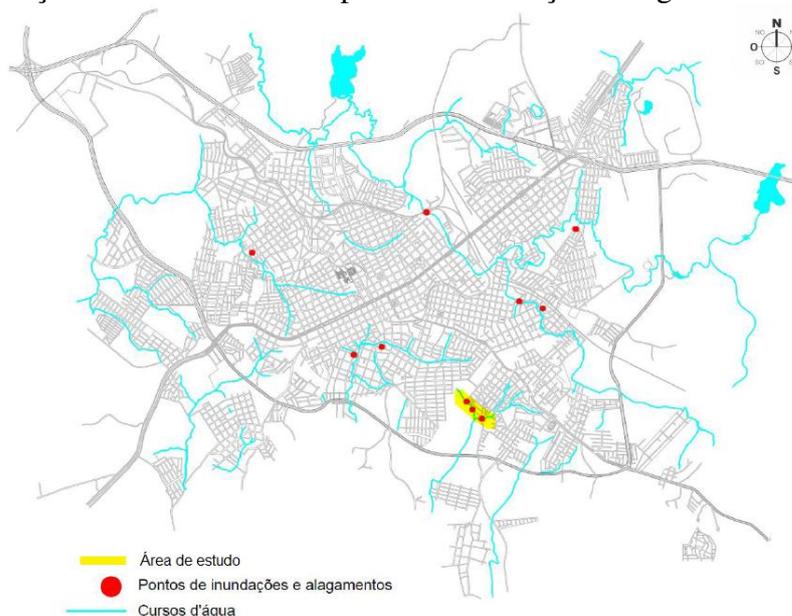
Figura 3 - Taxas de permeabilidade na área urbana de Passo Fundo.



Fonte: PASSO FUNDO (2014), adaptado pelos autores.

A área de estudo foi selecionada através do mapa dos pontos suscetíveis a alagamentos e inundações identificadas no Plano de Saneamento de Passo Fundo, sendo definido o trecho com 3 pontos próximos. A figura 4 abaixo apresenta a localização da área de estudo e os pontos de inundações e alagamentos no município:

Figura 4 - Localização da área de estudo e pontos de inundação e alagamento.



Fonte: PASSO FUNDO (2014), adaptado pelos autores.

O trecho delimitado está localizado no Bairro São Cristóvão, compreendendo uma área de 14,2 hectares, constituída por duas Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), parte de Zona de Ocupação Controlada 1 (ZOC1) e também Zona de Proteção aos Recursos Hídricos (ZPRH), entre o Arroio Portão, ao Sudoeste, Rua Francisco Maciel ao Sudeste, Rua do Rosário ao Noroeste e Rua da Brigada Militar ao Noroeste; a figura 5 apresenta o zoneamento e vistas da área de estudo.

Figura 5 - Zoneamento e vistas da área de estudo



Fonte: QGIS (2020) e Google Street View (2011), adaptado pelos autores.

O uso do solo predominante é o residencial, em geral residências térreas ou de até 2 pavimentos, sendo que no trecho entre a rua Olívia Fior e o arroio Portão, foram implantadas 67 residências unifamiliares de interesse social, na ZEIS 1, em que também está localizada a Escola Municipal Wolmar Salton. Há também uma área de ocupação irregular, localizada na zona ZEIS 3 (PASSO FUNDO, 2019a). O Arroio Portão, dentro de uma zona de proteção aos recursos hídricos - ZPRH, conforme mapa de zoneamento do plano diretor (PASSO FUNDO,

2019b), delimita a área de estudo como referência para avaliação das áreas suscetíveis a alagamentos e inundações.

### 3.2 Procedimento de análise

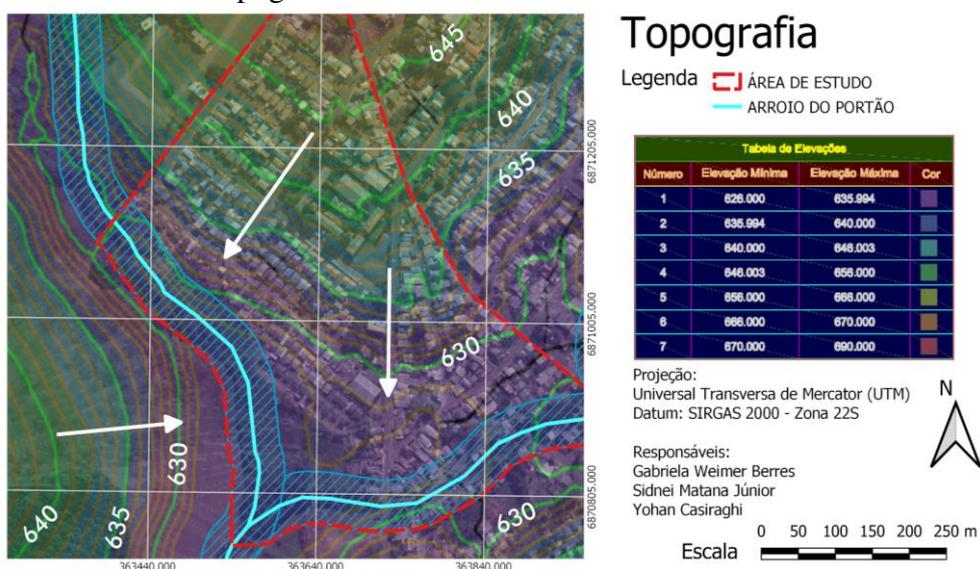
Foram realizados levantamentos da área através do software de georreferenciamento QGIS (TEAM, 2020), versão 3.12.3 e base de mapas do Google Earth. Dados relativos à infraestrutura de coleta pluvial como redes, bocas de lobo, bem como a topografia foram identificadas através de mapas temáticos. Os mapas de elevações foram gerados a partir do método Modelo Digital de Terreno (MDT), resolução espacial de 30,0 metros, utilizando dados de relevo da EMBRAPA, inseridos no software QGIS. Para a análise das elevações utilizou-se o software Autocad Civil 3D, versão 2019 (AUTODESK, 2019), com a inserção dos dados de curvas de nível e obteve-se o mapeamento de cores em cada intervalo de elevação através da ferramenta *Elevation Analysis*, que pode ser visto na figura 4.

Após a apresentação dos resultados obtidos, os mapas temáticos são apresentados para análise da suscetibilidade aos riscos e, também, para sugestão de medidas no sentido de reduzir os riscos na área de estudo, avaliando aspectos referentes às características físicas, disponibilidade infraestrutura, presença ou ausência de áreas permeáveis, entre outros aspectos. A análise multicritério, conforme Alves et al. (2017), avalia a área em função dos seguintes critérios: inclinação, obtida através do modelo de elevação para identificar as cotas mais baixas e áreas planas, suscetíveis aos alagamentos; a altitude, quanto mais baixa, mais suscetível a inundações; elementos de drenagem próximos às vias; a presença e proximidade de corpos d'água e uso do solo, considerando as áreas impermeabilizadas.

## 4 RESULTADOS

A partir dos levantamentos, foram elaborados mapas temáticos, auxiliando na identificação de áreas de risco suscetíveis a alagamentos e inundações. A área apresenta cotas de nível entre 626 e 690 metros de altitude, sendo a área do arroio Portão a cota mais baixa e para onde as águas pluviais são direcionadas, conforme figura 6 abaixo:

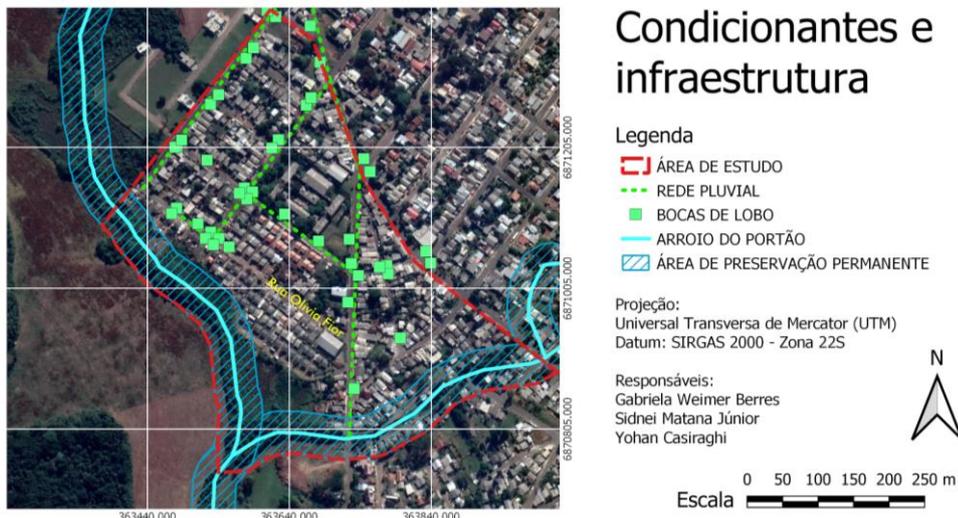
Figura 6 - Levantamento topográfico da área de estudo



Fonte: QGIS (2020) e Autodesk Civil 3D (2019), adaptado pelos autores.

Foram identificados elementos da rede de drenagem urbana, como bocas de lobo e a rede subterrânea existente, além da área de preservação permanente, considerando 30 metros em relação ao eixo do arroio, conforme figura 7 abaixo:

Figura 7 - Infraestrutura pluvial da área de estudo



Fonte: QGIS (2020), adaptado pelos autores.

A área apresenta infraestrutura de drenagem, porém, nas cotas mais baixas, a partir da rua Olívia Fior, poucas bocas de lobo foram identificadas, há ainda uma servidão de acesso, próxima ao arroio, em que não foi identificada infraestrutura de drenagem. As ruas no trecho são asfaltadas, fator que contribui para a velocidade escoamento das águas pluviais, porém prejudica sua infiltração. A ausência de contêineres de coleta seletiva, como em outras áreas da cidade, ou mesmo de outros sistemas de coleta de resíduos sólidos, é um fator a ser considerado, pela possibilidade de trancamento de bocas de lobo ou até mesmo contaminação do arroio Portão. A partir dos levantamentos, considerando as características da topografia, disponibilidade de rede de drenagem e a proximidade com os cursos d'água, foi elaborado um mapa identificando as áreas suscetíveis às inundações e alagamentos, conforme figura 8 abaixo:

Figura 8 – Caracterização da área de risco

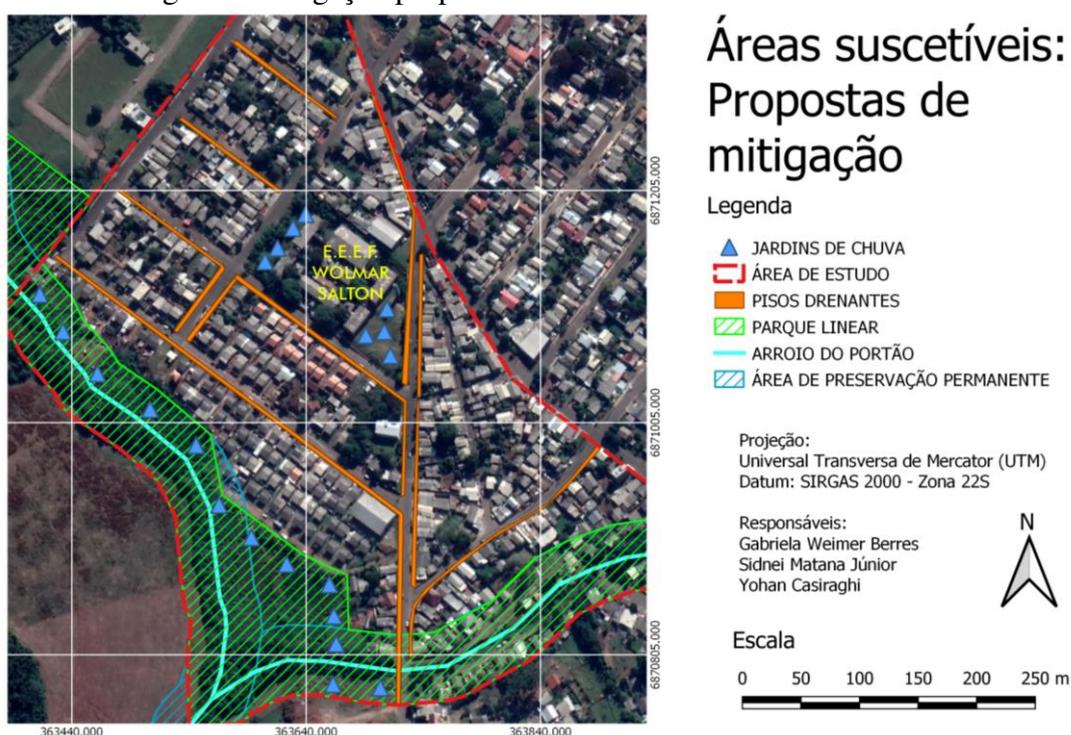


Fonte: QGIS (2020), adaptado pelos autores.

Conforme o guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil (BID, 2020) a utilização da infraestrutura verde, como pavimentos permeáveis, vegetação, parques urbanos, jardins de chuva, telhados verdes, entre outras estratégias são integradas à infraestrutura cinza, composta pelas edificações e vias. A infraestrutura verde, além da mitigação dos impactos relativos às chuvas, também produz impactos positivos relativos à qualidade o ar e redução das ilhas de calor, além de contribuir para a resiliência urbana.

Na área de estudo, a primeira proposta a ser realizada é a substituição ou regularização do pavimento dos passeios, utilizando pisos drenantes e vegetação, bem como a execução de meio-fio e passeio nos lotes que não os possuam, prioritariamente nos locais que se encontram abaixo do nível da rua. A implantação de jardins de chuva, além dos benefícios relativos à infiltração das águas pluviais, pode ser utilizada também como elemento de educação ambiental em escolas, sendo implementados na Escola Wolmar Salton, localizada no centro da área de estudo. A figura 9 apresenta a localização de algumas das propostas para mitigar riscos:

Figura 9 – Estratégias de mitigação propostas



Fonte: QGIS (2020), adaptado pelos autores.

Outra proposta para mitigação dos riscos seria a implantação de um parque linear, um espaço de uso público com espaços de lazer como ciclovia, academia ao ar livre, espaços de convivência, jardins de chuva, espaço para educação ambiental, entre outras atividades, estratégia já utilizada para revitalização de outros espaços públicos no município. Os moradores das residências da área de preservação permanente, junto a rua Francisco Maciel deveriam ser realocados para uma área próxima, bem como ser discutida a regularização dos imóveis da ocupação irregular na ZEIS 3. Estas propostas deveriam estar integradas nos estudos de Reforma Urbana (REURB) em implementação pelo Município de Passo Fundo.

## 5 CONCLUSÃO

Os eventos relacionados às mudanças climáticas podem interferir na intensidade e frequência das chuvas. Em Passo Fundo, os índices pluviométricos dos últimos anos indicam alterações no regime das chuvas em relação às médias históricas, ressaltando a importância na realização de estudos e estratégias voltadas à mitigação de riscos como alagamentos e inundações.

A identificação de áreas suscetíveis a esses fenômenos permite elaborar estratégias focadas na resiliência urbana, contribuindo com a segurança de populações em áreas vulneráveis. No meio urbano, as superfícies impermeabilizadas, as construções e os resíduos derivados da ação antrópica podem contribuir para a intensificação de riscos híbridos relacionados às águas pluviais. No estudo foram identificados fatores que contribuem para o aumento dos riscos, como as condicionantes do meio físico e natural estabelecidos, bem como a possibilidade implantar propostas de mitigação a partir do conceito de cidades-esponja e de cidades resilientes, visando contribuir com o Objetivo 11 da agenda 2030, selecionando estratégias que reduzam os riscos associados aos alagamentos e enchentes no meio urbano.

O uso de softwares SIG e análise multicritério poderão ser utilizados para detalhar outras áreas suscetíveis a riscos, bem como identificar novas áreas de risco decorrentes da expansão da malha urbana de Passo Fundo. Além disso, futuras modificações na infraestrutura existente no local poderão ser identificadas a partir de novos levantamentos e comparação com os dados abordados nesta pesquisa.

Os dados preliminares do estudo poderão ser utilizados como base para elaboração da carta de risco da área, através do aprofundamento das análises iniciadas neste estudo, em trabalhos futuros, cabendo salientar que a mesmo procedimento pode ser replicado para outros pontos críticos indicados no Plano de Saneamento Básico, fornecendo subsídios para o processo de tomada de decisão pelos gestores públicos, a fim de atuarem no sentido da prevenção e mitigação de riscos decorrentes de inundações e alagamentos, conforme a suscetibilidade identificada.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Avaliações e Diretrizes para Adaptação**. 2016. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-soe/mudancas-climaticas/mudanca-climatica-e-recursos-hidricos-2013-avaliacoes-e-diretrizes-para-adaptacao/mudancas-climaticas-e-recursos-hidricos-ana-2016.pdf>. Acesso em 27 jun. 2020.

ALVES, P.B.R., MELO FILHO, H., TSUYUGUCHI, B. B., RUFINO, I. A. A., FEITOSA, P. H. C. Mapping of flood susceptibility in Campina Grande county – PB: a spatial multicriteria approach. **Bulletin of Geodetic Sciences**, v. 24, n. 1, 28-43, 2018.

APOLLARO, C; ALVIM, A. B. Planejamento urbano para a adaptação de cidades frente à mudança climática: uma análise sobre o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. **Thésis**, v. 2, n. 4, 118-137, 2017.

AUTODESK, INC. **Autodesk Civil 3D 2019**. Versão 13.0.6, Software Proprietário, Licença Educacional, 2019.

BID. BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Vamos construir verde?: Guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil**. 2020. Disponível em:

<https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Vamos-construir-verde-Guia-pr%C3%A1tico-para-edificacoes-espacos-publicos-e-canteiros-sustent%C3%A1veis-no-Brasil.pdf>. Acesso em 05 jun. 2020.

CASTELHANO, F. J. **O clima e as cidades**. Curitiba: Intersaberes, 2020.

CORTEZ, R., MOURA, N. C., MACHADO, C. Análise do desempenho das melhores práticas de manejo para constituição de corredores verdes em Fortaleza -CE. **Paisagem E Ambiente**, v.30, n. 43, 2019.

EMPRAPA. **Clima de Passo Fundo - Normais climatológicas**. 2001. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima\\_de\\_Passo\\_Fundo.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima_de_Passo_Fundo.pdf). Acesso em 17 mai. 2020.

GOSCH, L. R. M. **Passo Fundo: De Saturnino de Brito ao Mercosul**. 2002. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

GOULART, A. A., FOGAÇA T. K. **Introdução à climatologia: conceitos, pesquisas e ensino**. Curitiba: Intersaberes, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET . **Chuva acumulada mensal x chuva (normal climatológica 61-90)**. 2020. Disponível em: < <https://tempo.inmet.gov.br/Graficos/83914/>>. Acesso em 04 jun 2020.

JHA, A.K., BLOCH, R., LAMOND, J. **Cidades e inundações. Um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI**. 2012. Disponível em: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/927951468152965134/pdf/667990PUB0v20P00Box385314B00PUBLIC0.pdf>. Acesso em 05 set. 2020.

KATSIFARAKIS, K. L., VAFEIADIS, M., THEODOSSIOU, N. Sustainable Drainage and Urban Landscape Upgrading Using rain gardens. Site Selection in Thessaloniki, Greece. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. v.4, p. 338-347, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Natural disasters in Latin America and the Caribbean**. 2020. Disponível em: [https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/document/s/files/20191203-ocha-desastres\\_naturales.pdf](https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/document/s/files/20191203-ocha-desastres_naturales.pdf). 2020. Acesso em 05 jun. 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis**. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11/>. Acesso em 08 set. 2020.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - IPCC. **Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment**. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3\\_FINAL-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3_FINAL-1.pdf), 2018. Acesso em 05 jun. 2020.

PASSO FUNDO. **Diagnóstico participativo Volume I**. 2019a. Disponível em: [http://www.pmpf.rs.gov.br/files/revisao\\_plano\\_diretor\\_etapa2\\_2019\\_volume1a.pdf](http://www.pmpf.rs.gov.br/files/revisao_plano_diretor_etapa2_2019_volume1a.pdf). Acesso em 8 mai. 2020.

PASSO FUNDO. **Mapa de zoneamento urbano do Município de Passo Fundo**. 2019b. Disponível em: [http://www.pmpf.rs.gov.br/servicos/geral/multimedia/mapa\\_02\\_zoneamento\\_urbano\\_lc\\_448\\_2019\\_27112019.pdf](http://www.pmpf.rs.gov.br/servicos/geral/multimedia/mapa_02_zoneamento_urbano_lc_448_2019_27112019.pdf). Acesso em 20 de jun. 2020.

PASSO FUNDO. **Plano de saneamento básico Município de Passo Fundo**. 2014. Disponível em: <http://www.pmpf.rs.gov.br/servicos/geral/multimedia/PMSB-RELATORIO-SINTESE.pdf>. Acesso em 19 de jun. 2020.

PRATES, T. O. B. **Vulnerabilidade socioambiental nas áreas suscetíveis as inundações no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé (RJ)**. Dissertação (Mestrado em geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

SHAMSUDDIN, S. Resilience resistance: The challenges and implications of urban resilience implementation. **Cities**, v. 103, p. 1-8, 2020.

SPAANS, M; WATERHOUT, B. Building up resilience in cities worldwide–Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. **Cities**, v. 61, p. 109-116, 2017.

TEAM, QGIS Development et al. **QGIS geographic information system**. Open source geospatial foundation project, 2020.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.