

**UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E**  
**MEIO AMBIENTE**

Juliana Bianco Delmonico Rodrigues

**Jardins de chuva como estratégia sustentável para a drenagem urbana: estudo de caso**  
**na cidade de Ribeirão Preto - SP**

ARARAQUARA

2025

Juliana Bianco Delmonico Rodrigues

**Jardins de chuva como estratégia sustentável para a drenagem urbana: estudo de caso  
na cidade de Ribeirão Preto - SP**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente  
da Universidade de Araraquara (UNIARA),  
como requisito para a obtenção de título de  
Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio  
Ambiente.

**Orientadora:** Sandra Imaculada Maintinguer

**Coorientadora:** Maria Lúcia Ribeiro

ARARAQUARA

2025

## FICHA CATALOGRÁFICA

R613j Rodrigues, Juliana Bianco Delmonico

Jardins de chuva como estratégia sustentável para a drenagem urbana: estudo de caso na cidade de Ribeirão Preto-SP/Juliana Bianco Delmonico Rodrigues. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2025.

133f.

Dissertação – (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- Universidade de Araraquara-UNIARA

Orientador: Profa. Dra. Sandra Imaculada Maintinguer

1. Drenagem urbana. 2. Jardins de chuva. 3. Soluções baseadas na natureza. 4. Biorretenção. 5. Ribeirão Preto. I. Título.

CDU 577.4



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP  
CEP 14801-320 | (16) 3301-7100 | [www.uniara.com.br](http://www.uniara.com.br)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO(A) ALUNO(A): **Juliana Bianco Delmonico Rodrigues**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

## BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** SANDRA IMACULADA MAINTINGUER  
Data: 12/01/2026 13:48:38-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Profa. Dra. Sandra Imaculada Maintinguer**  
**UNIARA – Araraquara**

  
**Profa. Dra. Valeria Eugênia Garcia**

**UNIP – Ribeirão Preto**



**Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador**  
**UNIARA – Araraquara**

Araraquara – SP 17 de dezembro de 2025.

## **AGRADECIMENTO**

A realização deste mestrado representa muito mais do que a obtenção de um título acadêmico. Trata-se do resultado de uma trajetória marcada por desafios, dedicação contínua, amadurecimento intelectual e profundo aprendizado. Ao longo desses dois anos, a pesquisa exigiu comprometimento integral, resiliência diante das dificuldades e disposição constante para o aprofundamento teórico e metodológico. Cada obstáculo enfrentado ao longo desse percurso contribuiu para a construção de uma visão crítica, integrada e comprometida com a realidade socioambiental urbana, reforçando a convicção de que a produção do conhecimento científico é, também, um processo de perseverança, reflexão e transformação pessoal.

Agradeço, primeiramente, a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por estarem presentes em todos os momentos desta caminhada, concedendo força, serenidade e discernimento diante dos desafios. À minha família, em especial ao meu esposo Renato e aos meus filhos Giulia e Heitor, expresso minha profunda gratidão pelo apoio incondicional, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo incentivo constante para que eu não desistisse, mesmo nos períodos mais difíceis.

Chegar à conclusão desta dissertação é motivo de grande satisfação e orgulho. Ao olhar para o percurso trilhado, reconheço o quanto cada etapa foi fundamental para que este trabalho se tornasse possível. Mais do que um produto final, esta pesquisa simboliza um processo de crescimento acadêmico, profissional e pessoal, cujos aprendizados ultrapassam as páginas aqui apresentadas e seguirão orientando minha trajetória futura.

## RESUMO

Os sistemas convencionais de drenagem urbana, baseados predominantemente na canalização, têm se mostrado insuficientes frente ao adensamento populacional, à crescente impermeabilização do solo e à intensificação dos eventos climáticos extremos. Neste cenário, técnicas compensatórias como os jardins de chuva emergem como alternativa sustentável, capazes de promover infiltração, retenção e pré-tratamento das águas pluviais, além contribuir como um microclima urbano e trazer valor estético e paisagístico. O presente estudo teve como objetivo analisar de forma integrada os aspectos hidrológicos e pedológicos de Ribeirão Preto (SP), preenchendo uma lacuna de estudos voltados ao manejo sustentável das águas pluviais no município. Deste modo, três etapas foram conduzidas: (i) revisão bibliográfica e análise de experiências nacionais e internacionais; (ii) levantamento histórico, hidrológico e pedológico do município; e (iii) integração desses dados para subsidiar diretrizes técnicas de implantação de jardins de chuva. A análise territorial evidenciou a concentração de áreas críticas de alagamento em regiões marcadas pela urbanização acelerada, insuficiência da infraestrutura de drenagem e pelo descarte inadequado de resíduos sólidos. O levantamento pedológico revelou a predominância de solos com variações expressivas na capacidade de infiltração, reforçando a necessidade de dimensionamentos técnicos específicos e adequados às condições locais. O estudo apontou ainda a ausência de políticas municipais voltadas à biorretenção, destacando a importância de diretrizes que contemplem parâmetros técnicos essenciais, como volume de retenção, tempo de retorno, capacidade de infiltração e a inclusão de dispositivos de pré-tratamento. Os resultados obtidos indicam que a integração entre dados hidrológicos e pedológicos fornece subsídios para orientar intervenções de drenagem urbana sustentável no município, promovendo maior justiça ambiental, melhoria da qualidade hídrica e ambiental e redução dos riscos hidrológicos. Essa abordagem contribui ainda para a qualificação dos espaços urbanos e para a construção de políticas públicas mais eficazes no manejo das águas pluviais.

**Palavras-chave:** drenagem urbana; jardins de chuva; soluções baseadas na natureza; biorretenção; Ribeirão Preto.

## ABSTRACT

Conventional urban drainage systems, predominantly based on canalization, have proven insufficient in the face of population density, increasing soil impermeability, and the intensification of extreme weather events. In this scenario, compensatory techniques such as rain gardens emerge as a sustainable alternative, capable of promoting infiltration, retention, and pre-treatment of rainwater, in addition to contributing to an urban microclimate and providing aesthetic and landscape value. This study aimed to analyze in an integrated way the hydrological and pedological aspects of Ribeirão Preto (SP), filling a gap in studies focused on the sustainable management of rainwater in the municipality. Thus, three stages were conducted: (i) bibliographic review and analysis of national and international experiences; (ii) historical, hydrological, and pedological survey of the municipality; and (iii) integration of these data to support technical guidelines for the implementation of rain gardens. Territorial analysis revealed a concentration of critical flooding areas in regions marked by rapid urbanization, insufficient drainage infrastructure, and inadequate solid waste disposal. Soil surveys revealed a predominance of soils with significant variations in infiltration capacity, reinforcing the need for specific technical designs tailored to local conditions. The study also pointed to the absence of municipal policies focused on bioretention, highlighting the importance of guidelines that include essential technical parameters, such as retention volume, return period, infiltration capacity, and the inclusion of pre-treatment devices. The results obtained indicate that the integration of hydrological and pedological data provides support for guiding sustainable urban drainage interventions in the municipality, promoting greater environmental justice, improving water and environmental quality, and reducing hydrological risks. This approach also contributes to the improvement of urban spaces and the development of more effective public policies for stormwater management.

**Keywords:** urban drainage; rain gardens; nature-based solutions; bioretention; Ribeirão Preto.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento .....	23
Figura 2 - Representação das ilhas de calor em áreas urbanas e rurais, evidenciando que regiões densamente edificadas, como o centro da cidade, apresentam os maiores picos de temperatura, enquanto parques e zonas rurais registram os menores valores .....	24
Figura 3 - Relação entre diferentes níveis de cobertura vegetal e superfícies impermeabilizadas, demonstrando o impacto da urbanização sobre o escoamento superficial, a infiltração e a evapotranspiração .....	25
Figura 4 - Sanya Mangrove Park, na cidade de Sanya (China), projetado pela Turenscape....	27
Figura 5 - Jardins de chuva na cidade de Portland, nos EUA .....	30
Figura 6 - Jardins de chuva em vagas verdes em São Paulo .....	31
Figura 7 - Modelo de jardim de chuva experimental.....	33
Figura 8 - Sistema de Jardim de chuva com dreno.....	34
Figura 9 - Etapas de implantação de um jardim de chuva no âmbito do Programa Ruas Verdes, Portland (EUA): (a) escavação da vala destinada ao sistema de biorretenção; (b) instalação das peças pré-moldadas de concreto que estruturam o jardim; (c) concretagem das áreas de entrada e saída das águas de escoamento superficial. (d) jardim de chuva finalizado, pronto para operação e integração paisagística.....	38
Figura 10 - Implantação do programa Green Street em Portland, EUA.....	48
Figura 11 - Participantes no dia do mutirão para a plantação de vegetação do Largo das Araucárias.....	55
Figura 12 - Jardim de chuva finalizado no Largo das Araucárias .....	56
Figura 13 - Fluxograma com as etapas do estudo .....	60
Figura 14 - Mapa de localização da região metropolitana do município de Ribeirão Preto, com delimitação da área urbana .....	69
Figura 15 - Mapa do Macrozoneamento Urbanístico de Ribeirão Preto .....	70
Figura 16 - Carta de Classes de Relevo, Declividade e zoneamento ambiental.....	71



Figura 17 - Relevo e Geologia do município com a localização Serra Geral, Botucatu e Piramboia.....	73
Figura 18 - Mapa Pedológico de Ribeirão Preto .....	74
Figura 19 - Delimitação das Bacias e Sub-bacias de maior representatividade do Município	75
Figura 20 - A área azul indica a extensão total do SAG na América do Sul.....	76
Figura 21 - Áreas de confinamento e afloramento do SAG no estado de São Paulo e afloramento na cidade de Ribeirão Preto, SP.....	77
Figura 22 - Médias mensais de temperatura e precipitação em Ribeirão Preto, evidenciando o regime climático ao longo do ano.....	80
Figura 23 - Índice pluviométrico mensal em Ribeirão Preto (Jan. 2023 a jun. 2025).....	81
Figura 24 - Inundação na Avenida Jerônimo Gonçalves em Ribeirão Preto antes do programa antienchente – SP .....	84
Figura 25 - Avenida Jerônimo Gonçalves após a realização das obras de combate às enchentes (2010) .....	85
Figura 26 - Mapa dos pontos de alagamentos e classificação das áreas conforme o grau de criticidade do município de Ribeirão Preto .....	86
Figura 27 - Detalhes do trecho da Via Norte em Ribeirão Preto: (a) área sujeita a inundações; (b) local de descarte irregular de resíduos .....	93
Figura 28 - Registro de enchentes no cruzamento das ruas Florêncio de Abreu e São José, em Ribeirão Preto .....	94
Figura 29 - Moradores utilizando embarcação improvisada para deslocamento em rua alagada da Comunidade Locomotiva, em Ribeirão Preto (SP), durante enchente .....	95
Figura 30 - Trecho da Avenida Cavalheiro Paschoal Innechi, em Ribeirão Preto, frequentemente afetado por enchentes .....	96
Figura 31 - Mapa do município de Ribeirão Preto, mostrando o perímetro de abrangência, os pontos de risco de inundação e áreas de afloramento do Aquífero Guarani .....	99
Figura 32 - Mapa do município de Ribeirão Preto, sobreposição dos mapas geológico e o mapa de risco.....	100

Figura 33 - Mapa do município de Ribeirão Preto, Localização da Avenida Maurílio Biagi - perímetro e zoneando - abrangência dos pontos de risco .....	103
Figura 34 - Mapa e imagens da Avenida Maurílio Biagi: a) Planta baixa – localização pontos para instalação do jardim de chuva; (b) vista do canteiro lateral e (c) vista da praça Santa Terezinha Doutora .....	104
Figura 35 - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a região central, o perímetro 2 e 3 analisados e a distribuição dos pontos de risco de inundação .....	106
Figura 36 - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a Via Norte, o perímetro 4 analisado e a distribuição dos pontos de risco de inundação.....	107
Figura 37 - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a Via Norte: Bairros confluentes e a declividade do terreno indicada por setas amarelas .....	107
Figura 38 - Mapa e imagens das áreas com potencial para implantação de jardins de chuva: (a) Planta baixa da Via Norte, localiza o bairro Vila Albertina; (b) Praça Pedro Biagi, situada na Avenida D. Pedro I; (c) e (d) canteiros laterais e centrais da Avenida Rio Pardo .....	108
Figura 39 - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a Avenida Paschoal Innechi no Perímetro 5 e a distribuição dos pontos de risco de inundação.....	109
Figura 40 - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a Via Norte no Perímetro 6 e a distribuição dos pontos de risco de inundação .....	111
Figura 41 - Mapa do bairro Adelino Simioni contendo delimitação das áreas invadidas e das áreas de possíveis instalações de jardins de chuva .....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens do jardim de chuva em relação a drenagem urbana convencional .....	43
Tabela 2 - Detalhes das ações de controle de escoamento pluvial efetuadas em Curitiba .....	59
Tabela 3 - Classificação das chuvas segundo intensidade e correspondentes índices pluviométricos (mm) - (Inmet) .....	83
Tabela 4 - Áreas alagáveis, inundáveis e suscetíveis à enxurrada (organizada e numerada pelo grau de risco) .....	87
Tabela 5 - Áreas de maior risco de inundação e alagamento e justificativa para a implantação de jardim de chuva.....	102

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Áreas de Preservação Permanente

BES – Bureau of Environmental Services

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CMA – Código Municipal do Meio Ambiente

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DAERP – Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto

DBI/LID – Desenvolvimento de Baixo Impacto / Low Impact Development

DRENURBS – Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte

EPA – Environmental Protection Agency (United States)

ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

FAU-USP – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

GI – Green Infrastructure / Infraestrutura Verde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change / Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IQA – Índice de Qualidade da Água

IUCN – International Union for Conservation of Nature / União Internacional para a Conservação da Natureza

LPUOS – Leis de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

MCs – Medidas de Controle na Fonte

MM/IN – Milímetros / Inches (polegadas)

NACs – Núcleos de Alerta de Chuvas

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PDDI-RMBH – Programa de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte

PDDU – Plano Diretor de Drenagem Urbana

PIB – Produto Interno Bruto

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PMPSB – Plano Municipal Participativo de Saneamento Básico

PVC – Policloreto de Vinila

PWD – Philadelphia Water Department

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

SAERP – Secretaria de Água e Esgoto de Ribeirão Preto

SAG – Sistema Aquífero Guarani

SbN – Soluções Baseadas na Natureza

SPU – Seattle Public Utilities

SST – Sólidos Suspensos Totais

TVA – Trama Verde e Azul

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

USGS – United States Geological Survey

ZMT – Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto

ZUC – Zona de Urbanização Controlada

ZUE – Zona de Uso Especial

ZUP – Zona de Urbanização Preferencial

ZUR – Zona de Urbanização Restrita

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>18</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1. Histórico de Urbanização.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Jardins de chuva como parte da Infraestrutura Urbana Sustentável .....</b>	<b>23</b>
4.2.1. Mecanismo de funcionamento dos Jardins de chuva .....	31
4.2.1.1. Estrutura Física e Camadas Funcionais .....	31
4.2.2. Tipos de Jardins de Chuva .....	34
4.2.3. Custo de Instalação e Operação.....	37
4.2.4. Seleção da vegetação e manutenção .....	38
4.2.5. Hidráulica e Dimensionamento .....	40
4.2.6. Desempenho Hidrológico e Qualidade da Água .....	42
4.2.7. Relação com Jardins de Chuva x Drenagem Urbana Convencional .....	42
4.2.8. Limitações e desafios para a implementação de jardins de chuva .....	43
4.2.9. Considerações Técnicas Adicionais .....	45
<b>4.3. Experiência Internacional.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4. Experiência Nacional.....</b>	<b>53</b>
4.4.1. São Paulo - SP .....	54
4.4.2. Belo Horizonte - MG.....	56
4.4.3. Curitiba - PR.....	57
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>60</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>6.1. Embasamento Teórico e Análise Documental .....</b>	<b>67</b>
6.1.1. Levantamento dos dados do Município de Ribeirão Preto.....	67
6.1.2. Relevo e Geologia.....	70

6.1.3. Recursos hídricos.....	74
6.1.3.1. Aquífero Guarani e Sistema de Abastecimento .....	76
6.1.4. Clima .....	79
6.1.5. Levantamento dos pontos críticos de alagamento em Ribeirão Preto.....	85
6.1.6. Caracterização da Área de Implantação do Jardim de Chuva: Critérios de Seleção e Justificativa do Local.....	97
6.1.7. Caracterização das Áreas.....	103
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>115</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>117</b>

## 1.INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e a intensificação da urbanização desde a Revolução Industrial resultaram em um progressivo afastamento entre sociedade e natureza, condicionando transformações ambientais profundas, como a degradação de ecossistemas, a perda de biodiversidade e o agravamento do processo de mudança climática (Santos, 2020). Evidências científicas recentes reforçam a gravidade desse cenário: 2024 foi oficialmente registrado pela Organização das Nações Unidas como o ano mais quente da história, enquanto a Organização Meteorológica Mundial projeta que a temperatura média global poderá atingir anomalias de até 1,9°C acima dos níveis pré-industriais nos próximos cinco anos, indicando um ritmo acelerado de aquecimento sem precedentes. Esse aumento da temperatura intensifica ondas de calor extremas, altera padrões de precipitação e amplia a variabilidade hidrológica, condições que favorecem a ocorrência de secas severas, tempestades de alta intensidade e episódios de inundação.

No ambiente urbano, os efeitos desse aquecimento são amplificados pelo adensamento construtivo, pela substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis e pela formação de ilhas de calor, que elevam ainda mais as temperaturas locais. A expansão desordenada e a impermeabilização excessiva reduzem drasticamente a capacidade de infiltração da água da chuva, gerando maior volume de escoamento superficial justamente em um contexto de eventos pluviais mais intensos e concentrados. Somam-se a isso o gerenciamento inadequado de resíduos sólidos, a insuficiência dos sistemas tradicionais de drenagem pluvial e a carência de manutenção da infraestrutura urbana, fatores que elevam a frequência e a severidade de alagamentos, ampliando riscos à segurança da população e produzindo impactos ambientais, sociais e econômicos significativos (Lopes; Marques; Silva, 2021).

Diversas cidades enfrentam dificuldades recorrentes com enchentes, especialmente em áreas vulneráveis. Diante disso, cresce a necessidade de soluções sustentáveis que se baseiam na própria natureza sendo eficazes para a gestão das águas pluviais. Países desenvolvidos têm adotado estratégias de baixo impacto, como os sistemas de biorretenção, que imitam o ciclo hidrológico natural por meio de processos

de retenção, infiltração e evapotranspiração da água da chuva (Alencar *et al.*, 2022). Entre essas soluções, os jardins de chuva destacam-se por sua viabilidade técnica, econômica e ambiental, contribuindo também para a recuperação da qualidade ambiental e para o aumento da resiliência das cidades às mudanças climáticas.



A cidade de Ribeirão Preto, localizada no interior do estado de São Paulo, tem apresentado crescente vulnerabilidade a inundações, especialmente em períodos de chuvas intensas. A ausência de sistemas de biorretenção e de políticas públicas voltadas à drenagem sustentável agrava ainda mais os impactos ambientais e urbanos. Apesar de sua importância regional e de seu crescimento acelerado, o município ainda carece de iniciativas integradas para lidar com os desafios impostos pelo excesso de escoamento superficial e pela impermeabilização do solo.

Diante desse cenário, o presente estudo propõe a análise da viabilidade de implementação de jardins de chuva como estratégia sustentável para o controle de enchentes em Ribeirão Preto.

## 2. JUSTIFICATIVA

A intensificação das mudanças climáticas tem produzido impactos crescentes tanto nos ecossistemas quanto nas áreas urbanas, em grande parte impulsionada pelo contínuo aumento das temperaturas globais. O aquecimento acelerado da atmosfera, resultado do acúmulo de gases de efeito estufa, tem ampliado a ocorrência de ondas de calor mais duradouras e intensas, alterando o balanço energético da superfície terrestre e agravando a instabilidade climática. Essa elevação térmica afeta diretamente os ciclos hidrológicos, intensificando secas prolongadas, tempestades severas e episódios de precipitação extrema, condições que repercutem de forma crítica sobre a infraestrutura urbana e a qualidade de vida das populações (Santos, 2020; Brasil, 2013). A crescente frequência desses fenômenos evidencia a vulnerabilidade das cidades frente ao avanço da crise climática.

Nas áreas urbanizadas, os efeitos do aquecimento global e da intensificação do calor são ainda mais pronunciados devido à combinação de impermeabilização excessiva, redução das áreas verdes e formação de ilhas de calor. A substituição da vegetação por superfícies pavimentadas compromete significativamente a infiltração da água da chuva, aumentando o escoamento superficial e a velocidade de concentração do fluxo, o que sobrecarrega os sistemas tradicionais de drenagem (Mendes, 2020; Oliveira *et al.*, 2022). As abordagens convencionais, centradas na rápida condução e afastamento das águas pluviais, mostram-se insuficientes diante dos volumes crescentes de precipitação associados às mudanças climáticas, especialmente em setores densamente ocupados (Reis; Ilhas, 2014).

A insuficiência ou a deterioração dos sistemas de drenagem agrava ainda mais esse quadro. Em muitas cidades, a capacidade hidráulica da infraestrutura existente não acompanha o aumento da intensidade das chuvas, já perceptível nas últimas décadas. Como resultado, eventos de alagamentos se tornam mais frequentes e severos, configurando um ciclo de vulnerabilidade que combina aquecimento global, chuvas extremas, impermeabilização e ineficiência hidráulica (Lopes; Marques; Silva, 2021). Essa interação de fatores consolida um cenário crítico, no qual a crise climática potencializa fragilidades urbanas já existentes, ampliando riscos socioambientais.

Diante desse contexto, repensar o modelo de gestão das águas pluviais torna-se imprescindível. Abordagens baseadas exclusivamente em infraestrutura cinza não são suficientes para enfrentar o aumento da variabilidade hidrológica e térmica imposto pelas mudanças climáticas. Nesse sentido, as Soluções Baseadas na Natureza despontam como alternativas estratégicas, por aliarem eficiência hidrológica, sustentabilidade e custos

operacionais reduzidos. Entre essas soluções, destacam-se os jardins de chuva, sistemas de biorretenção que favorecem a infiltração, o tratamento primário da água pluvial e a recarga do aquífero. Além disso, contribuem para o controle de inundações, a ampliação da cobertura vegetal, o enriquecimento paisagístico e a mitigação das ilhas de calor, desempenhando papel relevante na adaptação climática urbana (Barros *et al.*, 2024).

A escolha de Ribeirão Preto como objeto deste estudo justifica-se pelo seu expressivo crescimento urbano, associado à ausência histórica de planejamento territorial integrado e de sistemas sustentáveis de biorretenção. A cidade apresenta recorrentes episódios de alagamento em áreas críticas, agravados pela alta impermeabilização, pela insuficiência dos dispositivos de captação e pela intensificação das chuvas extremas (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024c). Diante desse cenário, torna-se essencial investigar alternativas sustentáveis capazes de enfrentar tais desafios, especialmente em municípios brasileiros de médio e grande porte.

Nesse contexto, este estudo se orientou por três questões centrais: (i) de que maneira os eventos climáticos extremos afetam as áreas urbanas; (ii) se soluções sustentáveis podem ser aplicadas para mitigar os impactos decorrentes das chuvas intensas nos grandes centros; e (iii) quais soluções de base sustentável podem ser implementadas com eficácia em cidades como Ribeirão Preto, bem como seus benefícios diretos e indiretos.

A reflexão sobre essas questões evidencia a necessidade de reestruturação das estratégias de drenagem urbana, com foco em Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e Infraestrutura Verde - *Green Infrastructure* (GI), como os jardins de chuva. Tais soluções não apenas poderão contribuir para o controle das enchentes, mas também promover a recuperação do ciclo hidrológico, a recarga de aquíferos e o aumento da resiliência climática urbana.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar a viabilidade de implantação de jardins de chuva como solução sustentável para a mitigação de alagamentos em áreas urbanas, com ênfase no município de Ribeirão Preto, considerando seus benefícios ambientais, sociais e hidrológicos.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- I. Caracterizar os condicionantes físicos e urbanos de Ribeirão Preto, analisando solos, geologia, hidrologia, clima e ocupação do solo para identificar áreas vulneráveis ao escoamento e aos alagamentos.
- II. Avaliar o arcabouço normativo e os instrumentos de planejamento urbano e drenagem, identificando diretrizes e lacunas para a adoção de Soluções Baseadas na Natureza – Jardins de chuva.
- III. Avaliar a viabilidade de implantação de jardins de chuva em pontos estratégicos próximos a áreas alagáveis, integrando dados hidrológicos, pedológicos e territoriais para demonstrar seu potencial na redução do escoamento superficial e na melhoria da qualidade ambiental e Socioeconômica.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Histórico de Urbanização

Desde a Revolução Industrial no final do século XVIII, a humanidade tem passado por transformações significativas, marcadas pela migração das áreas rurais para os centros urbanos em busca de oportunidades de trabalho. Esse êxodo rural, aliado ao avanço tecnológico intensificou a urbanização e provocou impactos ambientais significativos. A queima em larga escala de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, somada ao desmatamento para expansão agrícola e urbana, resultou em substancial aumento das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo diretamente para o aquecimento global (Gonzala, 2018).

Esse aquecimento vem alterando padrões climáticos, promovendo o aumento das temperaturas médias globais e precipitações irregulares. Como consequência, eventos climáticos extremos, como ondas de calor, tempestades intensas, secas prolongadas e enchentes, tornaram-se mais frequentes e severos (Boehm; Schumer, 2023). De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2018), as atividades humanas já elevaram a temperatura média global em 1,0°C em relação aos níveis pré-industriais, com projeções indicando um aumento de até 1,5°C entre 2030 e 2052, caso medidas de mitigação não sejam implementadas.

As projeções mais recentes apresentadas pelo IPCC reforçam que o aumento contínuo das temperaturas intensificará a variabilidade hidrológica e a ocorrência de eventos extremos, especialmente chuvas intensas de curta duração, particularmente críticas em áreas urbanas densamente impermeabilizadas.

Paralelamente, a dinâmica demográfica global continua a se modificar. Em 2024, a população mundial se aproximou de 8 bilhões de pessoas, com tendência crescente de concentração em áreas urbanas. Estima-se que até 2030, cerca de 60% da população mundial viverá em cidades (ONU, 2024). Esse processo de urbanização acelerada, quando não acompanhado por políticas de planejamento territorial e infraestrutura adequada, compromete ecossistemas vitais à regulação climática, como áreas verdes, matas ciliares e zonas de recarga hídrica (Brasil, 2013; Okimoto; Santos, 2023).

A substituição da vegetação nativa por superfícies impermeáveis compromete a capacidade de infiltração do solo, aumentando o escoamento superficial e reduzindo a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas. Esse desequilíbrio hidrológico contribui para a ocorrência de inundações recorrentes, alagamentos localizados e a formação de ilhas de

calor, sobretudo em áreas urbanas vulneráveis, como zonas de jusante e regiões de baixo relevo (Hernandez; Szigethy, 2020). Além disso, a precariedade da infraestrutura de drenagem urbana agrava esses impactos, em um contexto em que episódios de precipitação intensa têm se tornado mais frequentes e severos, tendência que deve se acentuar nas próximas décadas em razão do aquecimento global (IPCC, 2018).

É fundamental diferenciar conceitos frequentemente utilizados como sinônimos — enchentes, inundações e alagamentos, pois apresentam distinções importantes do ponto de vista hidrológico. Enchentes correspondem ao aumento do volume de água em cursos d'água, como rios e córregos, que, ao transbordarem, ocupam suas margens naturais. Trata-se de eventos periódicos e relativamente previsíveis, geralmente associados ao regime de chuvas e à dinâmica hidrológica local. Inundações, por sua vez, referem-se à submersão de áreas que normalmente permanecem secas, podendo ser desencadeadas por chuvas prolongadas, elevação súbita do nível da água, furacões ou rompimento de barragens. Esse tipo de ocorrência pode atingir grandes extensões territoriais, incluindo planícies e áreas densamente ocupadas (Tucci, 2008).

Os alagamentos configuram-se como fenômenos pontuais e localizados no ambiente urbano, causados predominantemente pelo excesso de chuva em regiões altamente impermeabilizadas, onde a água pluvial encontra dificuldade de infiltrar no solo ou de escoar adequadamente. Esses eventos estão fortemente relacionados à insuficiência ou ausência de sistemas de drenagem e à ocupação desordenada do território (Tucci, 2008; Okimoto; Santos, 2023).

Enquanto enchentes e inundações podem ocorrer de forma natural em diversas regiões, os alagamentos urbanos refletem, em grande medida, ações humanas, como a ocupação de áreas de risco, a supressão da vegetação nativa, a expansão de superfícies impermeáveis e a carência de infraestrutura adequada para captação de águas pluviais. Esses fatores tornam-se ainda mais críticos frente às mudanças climáticas, que aumentam a frequência e a intensidade das chuvas e podem contribuir para a elevação do nível do mar. A Figura 1 ilustra as diferenças conceituais entre enchentes, inundações e alagamentos (Brasil, 2013).

As inundações são um dos desastres naturais mais recorrentes do mundo, gerando perdas econômicas significativas e ameaças às vidas humana e animal. Um relatório sobre desastres naturais climáticos registrados entre 1995 e 2015 apontou as cheias como o evento mais comum, representando 43% de todos os desastres e afetando cerca de 2,3 bilhões de pessoas globalmente (Hernandez; Szigethy, 2020). No Brasil, entre 2015 e 2017, a Agência Nacional de Águas (ANA) registrou 1.424 eventos de alagamentos, enxurradas e inundações, com maior incidência na região Sul (57%).

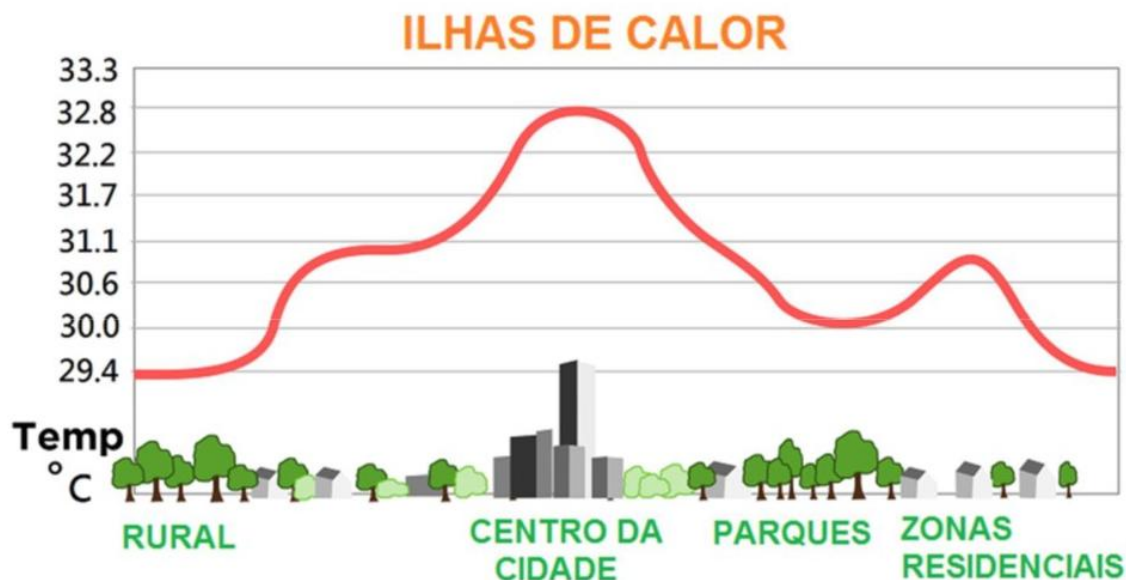
**Figura 1** - Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento



Fonte: Informativo Regional, 2019.

A escassez de áreas verdes também contribui para a formação de ilhas de calor urbanas, onde a temperatura pode ser significativamente superior à das regiões arborizadas (Figura 2). A ausência de vegetação compromete os processos naturais de infiltração e evapotranspiração, aumentando o escoamento superficial e a temperatura local (Hernandez; Szigethy, 2020). A vegetação possibilita o resfriamento através do processo de evapotranspiração onde as folhas consomem a energia gerada pela radiação solar e evapora cerca de 97% da água por transpiração, resfriando sua superfície e o ar pela troca de calor latente (Oliveira *et al.*, 2020)

**Figura 2** - Representação das ilhas de calor em áreas urbanas e rurais, evidenciando que regiões densamente edificadas, como o centro da cidade, apresentam os maiores picos de temperatura, enquanto parques e zonas rurais registram os menores valores

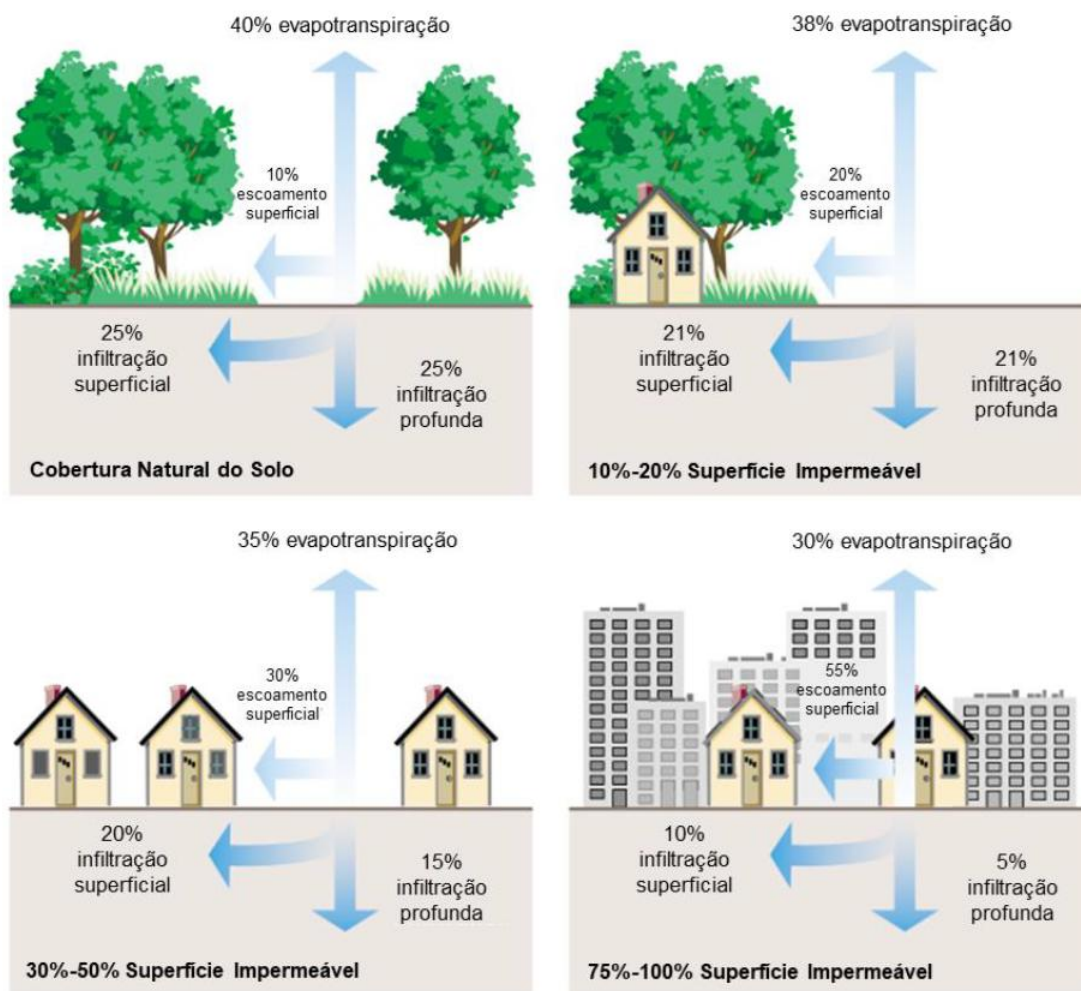


Fonte: Rangel (2017).

Solos cobertos por vegetação natural apresentam elevada capacidade de infiltração da água da chuva, permitindo que até 25% do volume precipitado penetre em camadas mais profundas do solo, enquanto o escoamento superficial permanece em torno de 10%. Nessas áreas, a evapotranspiração corresponde a aproximadamente 40%, contribuindo para a regulação térmica e a manutenção da umidade do ar. Em regiões parcialmente urbanizadas, onde moradias coexistem com vegetação, a infiltração profunda e superficial diminui levemente, e o escoamento superficial aumenta para cerca de 20%, com evapotranspiração de 38%. Áreas com ocupação residencial e baixa cobertura vegetal apresentam maior impermeabilização, resultando em 30% de escoamento superficial, 15–20% de infiltração e evapotranspiração de 35%. Já nos centros urbanos densamente edificados, com prédios e pavimentação intensa, observa-se uma redução acentuada da infiltração (5–10%) e da evapotranspiração (30%), enquanto o escoamento superficial atinge 55%, evidenciando o comprometimento do equilíbrio hidrológico (Figura 3) (Alves; Formiga, 2019).



**Figura 3** - Relação entre diferentes níveis de cobertura vegetal e superfícies impermeabilizadas, demonstrando o impacto da urbanização sobre o escoamento superficial, a infiltração e a evapotranspiração



Fonte: Adaptado de Costa Filho e Silva (2021).

O aumento da impermeabilização do solo nas áreas urbanas intensifica os riscos de alagamentos e erosão, sobrecarregando sistemas de drenagem muitas vezes insuficientes. Historicamente, a drenagem urbana evoluiu de forma reativa, acompanhando o crescimento das cidades. A Visão Higienista (1940–1970) priorizou a rápida remoção da água para prevenir alagamentos locais, transferindo frequentemente os problemas para áreas a jusante, enquanto a Visão Corretiva (1970–1990) buscou controlar as cheias por meio de obras estruturais, como reservatórios e sistemas de macro e microdrenagem; e a partir da década de 1990, e a Visão Sustentável passou a integrar o manejo das águas pluviais com o planejamento urbano, valorizando os processos naturais de infiltração e a reintegração de corpos d'água ao ambiente urbano (Brasil, 2013).

Apesar dos avanços conceituais no campo da drenagem urbana sustentável, a integração entre a infraestrutura tradicional e as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) ainda ocorre de forma limitada, sobretudo em função de entraves técnicos, institucionais e financeiros. Em muitas cidades brasileiras, os sistemas convencionais operam próximos ao limite de sua capacidade, apresentam manutenção insuficiente e revelam desempenho inadequado diante de eventos extremos, o que intensifica o transporte de poluentes para corpos hídricos e reforça uma gestão fragmentada e reativa (Tucci, 2008; Lopes; Marques; Silva, 2021). Diante desse contexto, torna-se evidente a necessidade de uma transição para modelos de drenagem mais integrados e resilientes, nos quais a vegetação urbana desempenha papel estratégico ao regular o ciclo hidrológico, reduzir o escoamento superficial e mitigar impactos como alagamentos e ilhas de calor (Souza, 2013; Melo *et al.*, 2014).

A consolidação dessa mudança estrutural encontra respaldo no avanço da agenda internacional de sustentabilidade, especialmente após 2015, com a instituição dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). As SbN emergem, então, como estratégias fundamentais para a transformação ambiental e urbana, contribuindo diretamente para 74 das 169 metas dos ODS, com destaque para o ODS 11 — Cidades e Comunidades Sustentáveis — e o ODS 6 — Água Limpa e Saneamento (Gondim, 2024). A definição da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) reforça esse entendimento ao caracterizar as SbN como ações voltadas à proteção, ao manejo sustentável e à restauração de ecossistemas, capazes de gerar benefícios simultâneos ao meio ambiente e à sociedade (Zarei; Shahab, 2025). No espaço urbano, essas soluções articulam componentes verdes e azuis, oferecendo respostas sistêmicas a desafios como enchentes recorrentes, degradação ambiental e vulnerabilidades socioespaciais (Okimoto; Santos, 2021; Alencar *et al.*, 2022).

Nesse cenário, a Infraestrutura Verde assume centralidade como instrumento de materialização das SbN, consolidando-se como um conjunto de soluções multifuncionais com potencial para integrar benefícios ecológicos, hidrológicos e sociais. Entre seus principais efeitos estão a retenção de águas pluviais, a redução do escoamento superficial, a proteção das águas subterrâneas, o incremento da biodiversidade e a regulação microclimática (Barros *et al.*, 2024). A incorporação da infraestrutura verde e azul amplia ainda mais essa abordagem ao integrar elementos vegetados e corpos hídricos como componentes estruturais das cidades, redirecionando o planejamento urbano para uma convivência mais harmônica com processos naturais, sobretudo em áreas marcadas pela impermeabilização intensa.

Essa perspectiva evidencia que as SbN, quando aplicadas por meio de infraestruturas verdes e azuis, têm capacidade de aliviar pressões sobre os sistemas convencionais de

drenagem, aumentar a resiliência climática e qualificar espaços públicos, proporcionando benefícios ambientais, sociais e paisagísticos (Gomes; Veról; Miguez, 2021). A partir dessa evolução conceitual e prática, emerge um novo marco na drenagem urbana sustentável: o conceito de cidade esponja.

Desenvolvido pelo arquiteto chinês Kongjian Yu e amplamente difundido a partir da década de 2010, o modelo de cidade esponja surge como resposta à recorrência de inundações nas cidades chinesas e à necessidade de superar a lógica de drenagem baseada exclusivamente em canalizações rígidas. As cidades esponja são definidas como ambientes planejados para absorver, infiltrar, armazenar e reutilizar águas pluviais, devolvendo-as gradualmente aos lençóis freáticos e corpos d'água por meio de soluções paisagísticas integradas (Figura 4) (Menezes *et al.*, 2022; CAU/SC, 2025).

**Figura 4** - Sanya Mangrove Park, na cidade de Sanya (China), projetado pela Turenscape



Fonte: Florian (2023).

Na prática, esse modelo promove a integração entre infraestrutura verde e cinza, reduzindo a dependência de superfícies impermeáveis e incorporando áreas vegetadas capazes de desacelerar o escoamento superficial. Intervenções como parques alagáveis, biovaletas, pavimentos permeáveis, telhados verdes, lagoas pluviais e ruas verdes compõem o repertório típico dessas cidades (Galdino; Silva, 2025), cuja efetividade depende de sua incorporação ao planejamento urbano, e não de ações isoladas (Brilhante, 2020).

Nesse conjunto de soluções, os sistemas de biorretenção se destacam por restaurar funções hidrológicas naturais em ambientes altamente impermeabilizados. Utilizando solos estruturados, vegetação adaptada e processos biogeoquímicos, esses sistemas funcionam como microecossistemas urbanos capazes de filtrar, reter e infiltrar águas pluviais (Melo *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2020). Seus benefícios incluem controle de cheias, recarga de aquíferos, melhoria da qualidade da água, aumento da biodiversidade, regulação térmica e qualificação da paisagem (Silva *et al.*, 2018; Barros *et al.*, 2024).

Entre esses dispositivos, os jardins de chuva assumem papel central por aliarem simplicidade construtiva, baixo custo de implantação e elevada eficiência hidrológica. Estruturados a partir de depressões rasas, camadas filtrantes e vegetação adaptada, esses sistemas promovem infiltração, retenção temporária e filtragem das águas pluviais, reduzindo o volume escoado e mitigando picos de cheia (Menezes *et al.*, 2022; Galdino; Silva, 2025). Dessa forma, os jardins de chuva consolidam-se como elementos-chave tanto na materialização da infraestrutura verde quanto na efetivação dos princípios das cidades esponja, contribuindo de maneira decisiva para uma drenagem urbana mais sustentável e resiliente.

#### **4.2. Jardins de chuva como parte da Infraestrutura Urbana Sustentável**

O jardim de chuva surgiu da necessidade de reter a água da chuva para o cultivo de alimentos, inicialmente proposto pelo agricultor Zephaniah Phiri Maseko, e posteriormente difundido em ambientes urbanos por Brad Lancaster, na cidade de Tucson, Arizona, Estados Unidos. A implementação no próprio domicílio de Lancaster, nos anos 1980, consolidou o conceito como uma solução eficaz para regiões áridas, sendo incorporado a diversas cidades ao redor do mundo (Rosseto; Travassos, 2025).

Atualmente, os jardins de chuva destacam-se como sistemas de biorretenção integrados à infraestrutura verde, reconhecidos por sua eficiência no controle do escoamento superficial, contribuição para a adaptação às mudanças climáticas e baixo custo de implantação. Ao reduzir os picos de vazão durante eventos de precipitação intensa, esses sistemas promovem o manejo eficiente das águas urbanas, prevenindo alagamentos e mitigando impactos hidráulicos (Melo *et al.*, 2014).

Esses dispositivos também são considerados práticas consolidadas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development*, LID), integrando eficiência funcional e valor estético ao paisagismo urbano (Barros *et al.*, 2024; Melo *et al.*, 2014). Além disso, são aplicados para reduzir e remover poluentes presentes nas águas superficiais, com possibilidade de análises

detalhadas em campo e laboratório, favorecendo estudos em pequena escala e avaliação precisa do desempenho hidráulico e ambiental (Davis *et al.*, 2009).

Li e Zhao (2008) definem os jardins de chuva como estruturas hidrológicas funcionais na paisagem urbana, de baixo custo de implantação e manutenção simplificada, que operam por meio da interação entre solo, vegetação e atmosfera. Esses processos promovem infiltração, retenção e adsorção da água pluvial, reduzindo o volume de escoamento superficial e protegendo a qualidade das águas subterrâneas. Além dos benefícios hidrológicos, os jardins de chuva criam habitats para fauna urbana e atenuam os efeitos das ilhas de calor, contribuindo para o equilíbrio térmico e a regulação do microclima, sendo considerados elementos estratégicos de infraestrutura urbana adaptativa (Melo *et al.*, 2014).

Estruturalmente, consistem em depressões rasas e vegetadas, projetadas para captar, armazenar temporariamente e infiltrar a água da chuva, com a função de permeabilizar o escoamento superficial através de redes de drenagem subterrâneas. Camadas filtrantes compostas por areia, solo vegetal e composto orgânico potencializam o desempenho hidráulico e os processos naturais de purificação e retenção, promovendo recarga do lençol freático, irrigação natural da vegetação e aumento da umidade relativa do ar via evapotranspiração, podendo absorver até 30% mais água do que jardins convencionais (Habitability, 2022; Barros *et al.*, 2024). Santos (2020a, b) destaca que esses sistemas promovem infiltração e purificação da água por meio de plantas filtrantes, como exemplificado em Portland (Figura 5).



**Figura 5** - Jardins de chuva na cidade de Portland, nos EUA



Fonte: Portland Bureau of Environment Services (2017).

Considerando a relevância dos jardins de chuva, cabe ressaltar sua capacidade de reduzir o volume e a velocidade do escoamento superficial, promovendo o armazenamento temporário da água, e deste modo, a atenuação dos picos de vazão em eventos de precipitação intensa (Muthanna; Viklander; Thorolfsson, 2008; Li; Zhao, 2008). Além disso, favorecem a recarga das águas subterrâneas e o restabelecimento do fluxo de base, contribuindo para a estabilidade hídrica e a mitigação dos efeitos erosivos ocasionados pelo escoamento. Esses sistemas intensificam processos do ciclo hidrológico, como infiltração e evapotranspiração, melhoram a qualidade da água ao reter e remover poluentes, e reduzem o transporte de contaminantes carregados pelas águas pluviais.

Em comparação com abordagens convencionais, os jardins de chuva apresentam menor custo de implantação e manutenção, ao utilizarem materiais alternativos, como areia, brita e compostos orgânicos, e dispensarem tubulações extensas. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency*, EPA) incentiva, através de políticas ambientais, a utilização de jardins de chuva em áreas residenciais, para promover a infiltração das águas pluviais. Já em áreas industriais e comerciais, é aconselhável um pré-tratamento ou a não infiltração das águas escoadas, a fim de proteger as águas subterrâneas de possíveis poluentes (Davis *et al.*, 2009).

No contexto brasileiro, observa-se um avanço progressivo na adoção desses sistemas, com experiências exitosas em centros urbanos como São Paulo, Curitiba e Belo Horizonte. Tais iniciativas têm demonstrado resultados positivos na mitigação de enchentes e na promoção de ambientes urbanos mais sustentáveis e resilientes. Os jardins de chuva integram ao espaço como calçadas, vagas de carros, canteiros e praças criando vagas verdes de forma funcional, e contribuindo para um microclima local (Figura 6).

**Figura 6** - Jardins de chuva em vagas verdes em São Paulo



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2023).

Segundo Li e Zhao (2008) os jardins de chuva são descritos como uma estrutura hidrológica funcional na paisagem, de baixo investimento e manutenção simplificada, no qual, por meio do sistema solo-planta-atmosfera e processos de infiltração, retenção e adsorção, purifica e absorve as águas pluviais de pequenas áreas, reduzindo o volume escoado e protegendo as águas subterrâneas.

#### 4.2.1. Mecanismo de funcionamento dos Jardins de chuva

##### 4.2.1.1. Estrutura Física e Camadas Funcionais

Os sistemas de biorretenção, inicialmente desenvolvidos para melhorar a qualidade das águas pluviais em áreas de 4.000 a 12.000 m<sup>2</sup>, evoluíram para também controlar o volume do escoamento superficial, tornando-se adequados para intervenções urbanas menores e pontuais (Davis *et al.*, 2009). A aplicação desses sistemas varia conforme a escala, as características locais e o uso do solo, sendo que projetos de menor porte captam águas provenientes de telhados e calçadas, enquanto sistemas maiores manejam volumes advindos de vias urbanas extensas impermeabilizadas. Em ambientes residenciais, os jardins de chuva são especialmente recomendados para a captação de águas de calçadas e coberturas (Winston *et al.*, 2010).

O dimensionamento e a escolha do local de implantação dependem de critérios como índices pluviométricos, tipologia do solo, declividade do terreno e características hidráulicas da área. Inspeções in loco são essenciais para mapear adequadamente os caminhos de escoamento e prevenir falhas técnicas (Winston *et al.*, 2010). Variáveis como a permeabilidade do solo e a profundidade do lençol freático influenciam diretamente o desempenho do sistema, podendo limitar sua eficácia (Davis *et al.*, 2009).

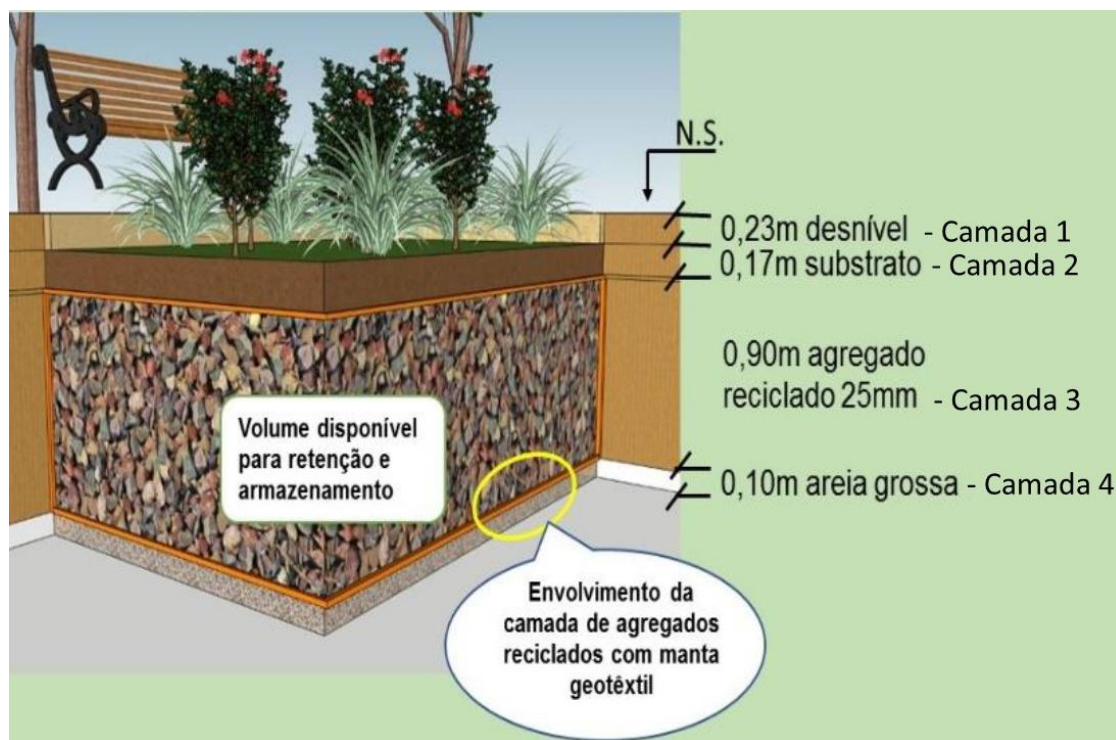
Calvário *et al.* (2022), demonstraram que três parâmetros são determinantes para o desempenho de jardins de chuva: a profundidade do aquífero, que define a capacidade do solo em absorver água sem causar acúmulo indesejado; a permeabilidade do solo, que influencia a taxa de infiltração e o tempo de retenção da água; e a extensão das superfícies impermeáveis da área de contribuição, que determina o volume total de escoamento superficial que o sistema precisa manejar. A correta avaliação desses fatores é essencial para dimensionar o jardim de chuva de forma eficiente, evitando transbordamentos e garantindo a purificação da água pluvial. Apesar do progresso na pesquisa, ainda não existe consenso metodológico consolidado para o dimensionamento ideal desses sistemas, reforçando a necessidade de novos estudos adaptados às diferentes realidades urbanas.

Tecnicamente, os jardins de chuva consistem em depressões vegetadas, cuja geometria e profundidade são ajustadas à topografia local e ao volume de contribuição da microbacia. A profundidade geralmente varia entre 30 e 60 cm, podendo atingir até 1 metro em projetos especiais ou em solos de baixa permeabilidade (Pegoraro; Veronesi, 2023). A estrutura interna é organizada em múltiplas camadas com funções hidráulicas e ambientais distintas. A camada superficial, composta por vegetação nativa herbácea, arbustiva ou rasteira, apresenta resistência a variações de umidade e contribui para evapotranspiração, sombreamento, controle da erosão e melhoria do microclima. Além disso, a vegetação favorece a filtração de poluentes, a estruturação do solo e o aumento da infiltração (Barros *et al.*, 2024; Gondim, 2024; Melo *et al.*, 2014).

A camada intermediária ou solo filtrante é constituída por uma mistura de solo arenoso, composto orgânico e areia lavada, com proporção recomendada pela EPA de 50% de areia, 30% de composto orgânico e 20% de solo. Esta camada desempenha papel central na absorção de nutrientes e na retenção de metais pesados (EPA, 2023). A camada de transição e drenagem, formada por brita ou seixos envolvidos em manta geotêxtil, armazena temporariamente a água infiltrada e garante o escoamento para as camadas inferiores, assegurando o funcionamento hidráulico eficiente do sistema conforme ilustrado na Figura 7 (Castagna *et al.*, 2023; Conte *et al.*, 2022).



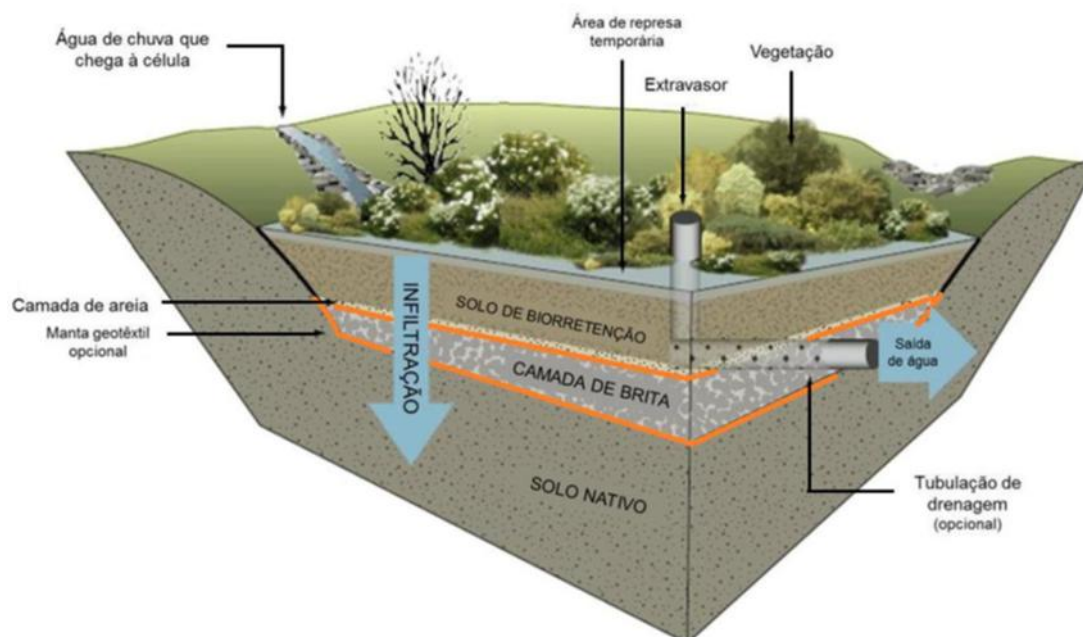
**Figura 7** - Modelo de jardim de chuva experimental



Fonte: Adaptada de Barros *et al.* (2024)

Em solos de baixa permeabilidade, pode ser adicionada uma quarta camada de drenagem, composta por tubos perfurados, geralmente em PVC, para escoamento do excesso hídrico. Esta camada opcional garante que o tempo de retenção não ultrapasse 48 horas e pode incluir extravasores para descarte do volume excedente (Pegoraro; Veronesi, 2023) (Figura 8).

**Figura 8** - Sistema de Jardim de chuva com dreno



Fonte: Adaptado de Rosa (2017).

#### 4.2.2. Tipos de Jardins de Chuva

Diversas técnicas complementares aos jardins de chuva têm sido desenvolvidas como alternativas em locais de diferentes restrições espaciais, topográficas ou funcionais. Essas tipologias ampliam a aplicação das SbN no tecido urbano e podem ser utilizadas de forma integrada, compondo sistemas distribuídos de infiltração. No município de São Paulo, essas soluções vêm sendo sistematizadas e aplicadas pelo poder público, contribuindo para a qualificação paisagística, o aumento da biodiversidade urbana e a melhoria do microclima, além de ampliar os benefícios ambientais e sociais associados à drenagem sustentável (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2025).

De acordo com a classificação institucional adotada pela Prefeitura de São Paulo (2025), os sistemas de biorretenção em pequena escala incluem diferentes tipologias, frequentemente aplicadas em áreas urbanas adensadas, tais como:

##### **Calçadas com poços de infiltração**

Os poços de infiltração instalados em calçadas são dispositivos utilizados especialmente em locais onde não há área disponível para implantar um jardim de chuva convencional. Consistem em cavidades profundas e preenchidas com material permeável, capazes de absorver e encaminhar a água pluvial diretamente ao solo, reduzindo o escoamento superficial e mitigando pontos de acúmulo hídrico.

### **Vagas verdes**

As vagas verdes transformam áreas tradicionalmente destinadas ao estacionamento de veículos em microambientes com vegetação e capacidade de retenção hídrica. Essas unidades combinam elementos arbóreos ou arbustivos com depressões ajardinadas que captam a água das vias, favorecendo a infiltração local e reduzindo a poluição difusa. Além da função hidráulica, essas estruturas têm valor ecológico, paisagístico e social, convertendo espaços residuais em áreas de convivência e biodiversidade.

### **Biovaletas**

As biovaletas são faixas lineares de vegetação implantadas ao longo de calçadas ou laterais de vias, funcionando como canais vegetados para captar, conduzir e infiltrar o escoamento superficial. Integradas ao sistema de microdrenagem, permitem o controle distribuído das águas pluviais, enquanto promovem a requalificação estética do espaço urbano. Sua função é particularmente eficiente em vias com declividade moderada, onde o escoamento pode ser redirecionado ao longo da estrutura vegetada.

### **Bosques de conservação urbana**

Os bosques de conservação correspondem a áreas verdes delimitadas e manejadas com o objetivo de aumentar a permeabilidade do solo, favorecer a recarga hídrica e restaurar habitats naturais. Esses espaços atuam como microbacias de infiltração, contribuindo para o equilíbrio hidrológico e para a recuperação ecológica. Também desempenham papel educativo e científico, permitindo testar espécies vegetais e avaliar sua adaptação a ambientes urbanos com variação de umidade.

### **Land Art aplicada à drenagem verde**

A Land Art, ou Earth Art, incorpora intervenções artísticas diretamente no terreno natural, transformando-o em parte integrante da obra. Quando aplicada ao contexto da drenagem sustentável, essa abordagem une arte e funcionalidade ambiental, utilizando formas, relevos e estruturas naturais para direcionar, dissipar ou armazenar água da chuva, criando elementos esteticamente atrativos e funcionalmente eficientes.

### **Escadarias verdes**

Nas escadarias verdes, canteiros vegetados são incorporados às estruturas de passagem em aclives acentuados. Além de reduzir a velocidade da água em eventos de chuva intensa, esses canteiros diminuem processos erosivos, estabilizam o solo e melhoram a estética dos percursos, ampliando a oferta de áreas permeáveis em trechos onde o espaço disponível é limitado (Prefeitura de São Paulo, 2025).

Todos estes modelos foram extraídos do site da Prefeitura de São Paulo. A experiência da Subprefeitura Sé, que desenvolve técnicas inovadoras e aplicação de sistemas de biorretenção em várias partes do bairro, constituem um dos mais expressivos exemplos brasileiros de implementação em larga escala de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) voltadas à drenagem urbana sustentável. Até 2025, foram executadas 151 intervenções paisagísticas, das quais 85 correspondem a jardins de chuva instalados no centro da cidade, conformando um amplo sistema de microdrenagem verde contribuindo para a requalificação estética e ambiental do espaço urbano.

#### 4.2.3. Custo de Instalação e Operação

Os jardins de chuva destacam-se como uma das soluções de Infraestrutura Verde mais eficientes em termos de custo para o manejo sustentável das águas pluviais. Diferentemente das intervenções convencionais de drenagem, que geralmente requerem obras de grande porte, ajustes na circulação de veículos e pedestres e investimentos elevados associados a longos períodos de execução, os jardins de chuva podem ser implantados em áreas reduzidas, com menor necessidade de mobilização operacional. Além disso, utilizam materiais de custo relativamente baixo e apresentam tempos de construção mais curtos, dependendo das especificações do projeto (Oliveira *et al.*, 2020).

Os custos de implantação possuem uma grande variedade, dependendo das condições locais, englobando fatores como área disponível, tipo de solo, seleção de espécies vegetais e necessidade de dispositivos complementares de drenagem ou sistemas automatizados. Em cenários internacionais, estimativas indicam que, nos Estados Unidos, os custos oscilam entre US\$ 54/m<sup>2</sup> e US\$ 70/m<sup>2</sup>, valores semelhantes aos observados na China, onde o programa de Cidades Esponja registra aproximadamente US\$ 50/m<sup>2</sup> por unidade instalada. Em países onde a aplicação ainda é limitada, como a Polônia, o custo pode ultrapassar US\$ 200/m<sup>2</sup>, reflexo da menor escala de implantação e da necessidade de materiais especializados. No contexto brasileiro, estudos apontam valores próximos de US\$ 115/m<sup>2</sup> para jardins de chuva dimensionados com tempo de retorno de dois anos (Melo *et al.*, 2014; Gondim; Júnior; Obraczka, 2023).

Em comparação com soluções tradicionais de macrodrenagem, os jardins de chuva apresentam investimento inicial competitivo e custos de manutenção equivalentes aos de jardins paisagísticos convencionais, variando entre US\$ 39 e US\$ 50 por ano. A adoção de sistemas automatizados pode elevar o custo de implantação, mas gestores têm demonstrado disposição

em investir até 13% a mais para incorporar tecnologias de irrigação e monitoramento, visando reduzir esforços de manutenção futuros (Gondim; Júnior; Obraczka, 2023).

Além de economicamente competitivos, os jardins de chuva apresentam elevada versatilidade espacial, podendo ser implantados mesmo em áreas urbanas densas e com restrições de espaço, como calçadas e canteiros. Um exemplo representativo é o Programa Ruas Verdes da cidade de Portland (EUA), promovido pelo Portland City Council, que integra jardins de chuva e pavimentos permeáveis para reduzir inundações e proteger os recursos hídricos (Controle de Inundações: Programa Ruas Verdes de Portland – Eua, 2013). A iniciativa visa revitalizar ruas urbanas ao conciliar gestão hídrica, qualidade ambiental e valorização paisagística, mesmo em locais de espaço reduzido, conforme descrito no manual *Iniciativas Inspiradoras: Controle de Inundações – Programa Ruas Verdes de Portland* (2013). A execução das principais etapas pode ser observada na Figura 9 (a–d).

**Figura 9** - Etapas de implantação de um jardim de chuva no âmbito do Programa Ruas Verdes, Portland (EUA): (a) escavação da vala destinada ao sistema de biorretenção; (b) instalação das peças pré-moldadas de concreto que estruturam o jardim; (c) concretagem das áreas de entrada e saída das águas de escoamento superficial. (d) jardim de chuva finalizado, pronto para operação e integração paisagística.



Fonte: Programa Soluções Para Cidades. Controle de inundações. Programa Ruas Verdes de Portland- EUA.

#### 4.2.4. Seleção da vegetação e manutenção

A vegetação constitui componente essencial para o desempenho hidrológico, ecológico e paisagístico dos jardins de chuva, atuando na interceptação, retenção e evapotranspiração das águas pluviais e funcionando, em conjunto com o solo, como filtro natural para sedimentos e contaminantes. Para assegurar a eficiência do sistema, recomenda-se a adoção de espécies nativas, mais adaptadas às condições climáticas locais e mais tolerantes tanto à estiagem quanto a inundações temporárias, além de mais resistentes a pragas e plantas invasoras (OICS, 2021; EPA, 2023).

A seleção das espécies deve considerar características radiculares adequadas à profundidade da bacia, privilegiando sistemas radiculares robustos que contribuam para a



estabilização do solo e a redução da erosão. O potencial de fitorremediação também é relevante, pois determinadas espécies, associadas aos microrganismos da rizosfera, são capazes de absorver ou transformar contaminantes, melhorando a qualidade da água infiltrada. A diversidade vegetal é igualmente estratégica, uma vez que diferentes espécies apresentam respostas sazonais distintas e desempenhos complementares na absorção de nutrientes e metais (OICS, 2021).

Do ponto de vista funcional, as espécies selecionadas devem apresentar tolerância tanto em períodos breves de inundação — de até 48 horas após chuvas intensas — quanto longos períodos de seca, reduzindo a necessidade de irrigação e manutenção. Além dos ganhos hidrológicos, a vegetação nativa favorece a biodiversidade urbana, atraindo polinizadores e pequenos animais (Ferraz; Castagna, 2023), além de contribuir para a paisagem urbana tanto estética quanto climatológica.

A composição vegetal deve contemplar múltiplos estratos, integrando espécies de raízes tuberosas, herbáceas, forrageiras, arbustivas e, quando adequado, espécies arbóreas — desde que estas apresentem compatibilidade com o regime de permanência da água no solo. Entre as espécies ornamentais recomendadas para jardins de chuva no contexto brasileiro destacam-se: Biri (cana-da-índia), *Chamaecrista* spp., *Clusia* spp., falsa íris, flor-do-guarujá, Ruélia, lantana amarela, alamanda, orelha-de-onça, maranta cinza, maranta pavão, resedá amarelo e minipitanga (Ferraz; Castagna, 2023). Ressalta-se que tal lista constitui referência inicial, devendo ser ajustada conforme as condições locais, o desempenho das espécies e as observações realizadas durante o monitoramento.

Dessa forma, a seleção da vegetação deve ser compreendida como uma etapa técnica, dinâmica e adaptativa, na qual o acompanhamento contínuo e a diversificação das espécies asseguram a funcionalidade hidrológica e ecológica dos jardins de chuva, promovendo sua integração qualificada e sustentável à paisagem urbana.

A manutenção de jardins de chuva é, em geral, de baixa complexidade, concentrando-se nos primeiros anos de implantação. Nesse período, é comum a presença de espécies invasoras, cuja remoção tende a diminuir à medida que a vegetação se estabelece, sendo recomendadas inspeções trimestrais (OICS, 2021; EPA, 2023).

A irrigação é necessária apenas na fase inicial: geralmente três vezes por semana nas primeiras quatro semanas e, durante o primeiro ano, duas vezes por semana até o início do outono. Após o estabelecimento, a irrigação limita-se a períodos prolongados de estiagem, podendo ser dispensada conforme as condições locais (OICS, 2021; EPA, 2023).

As atividades de poda, reposição de plantas e limpeza de detritos devem ocorrer conforme a necessidade, sugerindo-se ao menos uma limpeza mensal. Além disso, o vertedor e as camadas drenantes devem ser verificados periodicamente para assegurar o desempenho hidráulico e a capacidade de infiltração do sistema (OICS, 2021; EPA, 2023).

#### 4.2.5. Hidráulica e Dimensionamento

O dimensionamento hidráulico de jardins de chuva tem por finalidade determinar o volume de águas pluviais que o sistema deve captar, armazenar temporariamente e infiltrar no solo, assegurando desempenho adequado frente a eventos críticos de precipitação. Por ser um modelo de jardim que capta a água da chuva ele consegue absorver até cinco vezes mais a água da chuva do que jardins convencionais.

Entre os métodos empregados nessa etapa, destaca-se o Método Racional, amplamente utilizado no devido à sua formulação simples, à baixa demanda de dados e à adequada representatividade do comportamento hidrológico em bacias urbanas de pequena escala (DAEE, 2017; Almeida *et al.*, 2018).

Esse método é recomendado para áreas de contribuição inferiores a 2 km<sup>2</sup>, nas quais o escoamento superficial apresenta resposta rápida e é fortemente influenciado pela impermeabilização do solo. Nesses casos, o Método Racional fornece estimativas consistentes da vazão de pico, subsidiando o pré-dimensionamento de sistemas de microdrenagem e de infraestruturas verdes, como jardins de chuva e demais formas de biorretenção (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2017; Gondim, 2024).

O Método Racional estima a vazão de projeto a partir da relação direta entre a área de drenagem, a intensidade da precipitação e o coeficiente de escoamento superficial. Esse coeficiente (C) expressa o grau de impermeabilização e a capacidade de infiltração da bacia, representando a proporção da chuva que efetivamente se transforma em escoamento. Em áreas urbanizadas, seus valores variam tipicamente entre 0,80 a 0,95, refletindo desde áreas parcialmente permeáveis até superfícies completamente pavimentadas. (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2017).

A equação geral do método é dada por:

$$Q = C \cdot i \cdot A / 3,6$$

em que:



- $Q$  = vazão de pico ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $C$  = coeficiente de escoamento (adimensional)
- $i$  = intensidade da chuva ( $\text{mm}/\text{h}$ )
- $A$  = área de drenagem ( $\text{ha}$ )
- 3,6 = fator de conversão para  $\text{m}^3/\text{s}$

Para área totalmente urbanizada, o coeficiente de runoff, valor do “ $C$ ”, mínimo é de 0,50 e o máximo é de 1,00. Este método é utilizado para estimar a vazão máxima de pico em bacias hidrográficas, sendo especialmente útil para pequenas bacias urbanas. Essa equação permite estimar a vazão máxima que chega ao dispositivo, servindo de base para o cálculo do volume de armazenamento necessário (Prefeitura Municipal de Pouso Alegre, 2021).

Essa relação permite estimar a vazão máxima que chega ao dispositivo de drenagem, constituindo base para o cálculo do volume necessário de armazenamento e infiltração nos jardins de chuva. A simplicidade do método decorre de suas hipóteses estruturantes, que consideram chuva de intensidade constante durante o tempo de concentração e distribuição espacial uniforme. Embora representem simplificações, tais premissas reproduzem adequadamente o comportamento hidrológico de pequenas bacias urbanas de até  $2\text{Km}^2$ , em que a variabilidade espacial da precipitação e os efeitos de armazenamento superficial têm influência reduzida sobre o pico de vazão.

O coeficiente de escoamento superficial ( $C$ ) destaca-se como o parâmetro mais sensível da equação, pois sintetiza características fundamentais da bacia, como cobertura do solo, rugosidade, grau de urbanização e capacidade de infiltração. A definição criteriosa desse coeficiente é essencial para garantir a precisão da vazão de projeto e, consequentemente, o desempenho hidráulico dos jardins de chuva.

Em síntese, o Método Racional permanece como ferramenta de referência para o dimensionamento preliminar de dispositivos de drenagem urbana, oferecendo uma base metodológica sólida para o projeto de infraestruturas verdes e contribuindo para o planejamento de soluções sustentáveis, como os jardins de chuva, em ambientes urbanizados.

O método do infiltrômetro de anel duplo é amplamente empregado nesse contexto, fornecendo parâmetros confiáveis para a adequação do solo à função de biorretenção (Barros *et al.*, 2024).

Essa abordagem garante que os jardins de chuva operem eficientemente como sistemas de retenção e infiltração, mitigando o escoamento superficial, prevenindo picos de vazão durante precipitações intensas e promovendo a recarga gradual das águas subterrâneas, de acordo com os princípios da drenagem urbana sustentável.

#### 4.2.6. Desempenho Hidrológico e Qualidade da Água

Os sistemas de biorretenção têm demonstrado elevada eficiência tanto no controle hidrológico quanto no tratamento da água pluvial. De acordo com a Environmental Protection Agency (EPA, 2023), esses dispositivos são capazes de remover até 90% de metais pesados, como cobre, chumbo e zinco, além de cerca de 50% de nitrogênio e 65% de fósforo, reduzindo substancialmente a carga difusa transportada para os cursos d'água (Barros *et al.*, 2024).

A eficiência hidráulica também é expressiva, sobretudo em pequenos lotes urbanos ou quando utilizados em conjunto com outras tipologias de infraestrutura verde, como telhados verdes e pavimentos permeáveis. Modelagens têm demonstrado reduções superiores a 70% no escoamento superficial e na carga de sólidos (Gondim; Júnior; Obraczka, 2023). Entretanto, observa-se que a eficiência na remoção de poluentes pode diminuir ao longo da vida útil do sistema, reforçando a necessidade de manutenção continuada.

A vegetação, em conjunto com a microbiota do solo, exerce papel decisivo no desempenho dos jardins de chuva. Processos de biorremediação, como nitrificação, desnitrificação e biodegradação de compostos orgânicos, são favorecidos pela presença de raízes ativas e pela dinâmica biológica do substrato, contribuindo para melhorar a qualidade da água antes de sua recarga no aquífero ou lançamento em corpos hídricos urbanos. A seleção de espécies com sistemas radiculares profundos — especialmente gramíneas adaptadas e plantas nativas — é essencial para assegurar a macroporosidade, manter o fluxo hidráulico adequado e garantir a longevidade funcional do dispositivo (Santos, 2020).

No estudo conduzido por Barros *et al.* (2024), o desenvolvimento e monitoramento de um projeto piloto de jardim de chuva permitiu avaliar a eficiência hidrológica do sistema sob condições críticas de precipitação. A simulação de um evento extremo, com intensidade de 156,63 mm/h, resultou em um índice de utilização da capacidade de retenção de 80%, indicando que o dispositivo possui desempenho eficaz para amortecer picos de vazão associados a chuvas intensas e de curta duração. O resultado experimental reforça o potencial de jardim de chuva.

#### 4.2.7. Relação com Jardins de Chuva x Drenagem Urbana Convencional

Os jardins de chuva, enquanto componentes da infraestrutura verde, oferecem diversos benefícios, incluindo a recarga de aquíferos como o Aquífero Guarani — um dos maiores do

país, abrangendo grande parte do interior paulista, a mitigação do colapso da drenagem urbana, a redução das ilhas de calor e a melhoria da qualidade ambiental em bairros densamente ocupados, conforme já mencionado nas seções anteriores (Gondim, 2024). A fim de elencar as principais diferenças em termos de funcionamento e desempenho, a Tabela 1 compara os jardins de chuva com os sistemas convencionais de drenagem urbana.

**Tabela 1** - Vantagens do jardim de chuva em relação a drenagem urbana convencional

<b>JARDIM DE CHUVA</b>	<b>DRENAGEM URBANA CONVENCIONAL</b>
Redução do volume de escoamento e da taxa de pico dos hidrogramas de maneira sustentável, devido à retenção e armazenamento do volume escoado na superfície do sistema.	Sistema de detenção para diminuir a vazão máxima e reduzir o pico dos hidrogramas ocasiona projetos a custos elevados e, muitas vezes, insustentáveis.
Recarga das águas subterrâneas e restabelecimento do fluxo de base, devido ao processo de infiltração e redistribuição.	Redução do escoamento subterrâneo devido à ausência de infiltração.
Intensificam os processos do ciclo hidrológico, principalmente a infiltração e evapotranspiração.	Canalização do escoamento diminui a evapotranspiração e causa fortes alterações no ciclo hidrológico
Melhora a qualidade das águas, pela retenção e remoção de poluentes e redução no transporte de contaminantes carreados pelas águas pluviais.	Escoa a carga pluvial sem qualquer tratamento.
Menor custo de implantação e manutenção, por não utilizar tubulações tradicionais, mas sim, adotar materiais alternativos e menos onerosos para a composição do sistema, como brita e areia.	Custos muito maiores de implantação e manutenção, bem como aumento dos prejuízos em eventuais sobrecargas do sistema
A vegetação tem valor estética no espaço urbano, cria microclima, valoriza o entorno urbano, Aumento da biodiversidade local e melhora da percepção ambiental pela população	A drenagem urbana convencional não utiliza vegetação

Fonte: Adaptado de Oliveira (2020).

#### 4.2.8. Limitações e desafios para a implementação de jardins de chuva

Apesar do avanço conceitual e da consolidação dos jardins de chuva como uma das tipologias de infraestrutura verde mais eficientes para a gestão sustentável das águas pluviais, sua adoção em larga escala ainda enfrenta um conjunto significativo de limitações técnicas, institucionais, econômicas e socioculturais. Um dos principais desafios reside na falta de integração entre os sistemas convencionais de drenagem — frequentemente operando próximos ao limite de capacidade e com manutenção deficiente — e as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), cuja implantação exige novas formas de planejamento urbano e articulação intersetorial

entre órgãos ambientais, de obras e de gestão territorial (Tucci, 2008; Lopes; Marques; Silva, 2021).

Do ponto de vista técnico, dificuldades estão associadas ao correto dimensionamento hidrológico e hidráulico, que deve considerar parâmetros como permeabilidade dos solos, intensidade das chuvas, volume de contribuição e capacidade de infiltração. A ausência de dados atualizados, especialmente em cidades médias brasileiras, e a carência de profissionais capacitados comprometem o desempenho desses dispositivos e reduzem sua eficiência operacional (Melo *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2020). Além disso, as características edáficas das áreas urbanas — frequentemente marcadas por solos compactados, contaminados ou com baixa taxa de infiltração — podem restringir a implantação e demandar técnicas de preparo intensivo do substrato.

Do ponto de vista institucional, a ausência de normativas consolidadas, diretrizes de projeto e protocolos de manutenção específicos para sistemas de biorretenção dificulta a padronização de práticas e gera insegurança técnica nos processos de aprovação e implantação. Em muitos municípios, políticas públicas continuam orientadas pela lógica tradicional de canalização e aceleração do escoamento, limitando a adoção de soluções que priorizam retenção e infiltração.

Há ainda entraves financeiros e administrativos. Embora os jardins de chuva apresentem menor custo de implantação em comparação com estruturas rígidas, a falta de linhas de financiamento específicas, de incentivos fiscais e de programas de pagamento por serviços ecossistêmicos reduz o interesse de gestores e empreendedores. A percepção de que as SbN demandam maior cuidado ao longo do tempo também contribui para resistência institucional, ainda que essa manutenção seja relativamente simples e de baixo custo.

A manutenção, aliás, constitui elemento central para o desempenho dos jardins de chuva. A eficiência hidrológica depende de ações periódicas como remoção de resíduos sólidos, controle de plantas invasoras, substituição de substratos colmatados, desobstrução de dispositivos de entrada e saída e replantio de espécies danificadas. A negligência dessas etapas reduz a capacidade de infiltração, compromete a filtração de poluentes e pode gerar alagamentos localizados. Esse aspecto evidencia a importância de equipes treinadas e de planos de operação continuada, articulados ao planejamento urbano e aos serviços municipais.

Por fim, os desafios socioculturais também se destacam. Em muitas localidades, a população apresenta desconhecimento sobre funcionamento e benefícios dos jardins de chuva, o que pode gerar resistência, vandalismo ou manejo inadequado das áreas vegetadas. A participação comunitária, por outro lado, é um componente estratégico, especialmente em áreas

residenciais, escolares e espaços públicos, onde esses dispositivos podem atuar como ambientes de convivência, educação ambiental e valorização paisagística, reforçando o vínculo entre população e gestão das águas urbanas.

Assim, a implementação de jardins de chuva demanda uma abordagem sistêmica que articule conhecimento técnico, políticas públicas, governança intersetorial, programas de educação ambiental e estratégias de engajamento social. Superar esses desafios é fundamental para consolidar a transição rumo a cidades mais resilientes, permeáveis e ambientalmente integradas.

Mesmo assim, jardins de chuva vêm se consolidando como uma das soluções mais eficientes e economicamente vantajosas dentro do conjunto de infraestruturas verdes (Gondim, Junior, Obraczka, 2023).

#### 4.2.9. Considerações Técnicas Adicionais

Além das camadas básicas de um jardim de chuva, outros elementos podem ser incorporados para aprimorar seu desempenho hidráulico e ambiental, como poços de infiltração adjacentes, extravasores controlados, caixas de sedimentação na entrada do dispositivo e bordas reforçadas com vegetação rizomatosa para contenção e valor estético (Habitability, 2022; EPA, 2023).

Especialistas enfatizam que, isoladamente, os jardins de chuva não são suficientes para mitigar completamente as inundações urbanas. Estratégias complementares incluem a criação de parques lineares, ampliação de áreas verdes junto às margens de rios e restauração de ambientes naturais, alinhando-se ao conceito de “cidades esponja” e aumentando a capacidade de infiltração das águas pluviais (Ciclovivo, 2023).

A EPA (2023) publicou um Manual de Biorretenção destinado a engenheiros e planejadores urbanos, consolidando boas práticas, estudos de caso e recomendações técnicas. O documento destaca a importância da seleção adequada do local, considerando declividade, tipo de solo e áreas de maior risco de enchentes ou poluição difusa. Recomenda-se estruturar o jardim com sub-base drenante, solo filtrante e vegetação adaptada, preferencialmente nativa, para otimizar a retenção de sedimentos, a infiltração e a biodiversidade urbana.

Estratégias adicionais incluem o tratamento do escoamento inicial mais poluído, por meio de separadores de óleo, e a manutenção periódica do sistema, incluindo limpeza, monitoramento hidráulico e replantio quando necessário. Estudos de caso apresentados evidenciam a adaptação técnica dos jardins de chuva a diferentes contextos urbanos e

climáticos, consolidando o manual como referência prática e científica para a implementação dessas soluções (EPA, 2023).

### 4.3. Experiência Internacional

A adoção de instrumentos econômicos e regulatórios para estimular práticas de drenagem sustentável tem se consolidado como estratégia central em diversos países, refletindo a transição de modelos convencionais de escoamento para abordagens baseadas no controle na fonte. Os jardins de chuva têm se consolidado como uma solução eficaz para o manejo sustentável das águas pluviais em diversas cidades dos Estados Unidos, Austrália e Polônia (Barros *et al.*, 2024).

Nos Estados Unidos, diversas cidades incorporaram jardins de chuva como elementos centrais de suas estratégias de infraestrutura verde. Em Portland, Oregon, integram um planejamento urbano baseado em infraestrutura verde, ajudando a aliviar a sobrecarga dos sistemas convencionais de drenagem e a melhorar a qualidade da água (Dunnett; Clayden, 2007). Em Seattle, Washington, o programa "*RainWise*" incentiva a instalação de jardins de chuva em propriedades privadas, com o objetivo de reduzir o escoamento superficial e prevenir inundações (Seattle Public Utilities, 2020). Já em Philadelphia e Pennsylvania, o programa "*Green City, Clean Waters*" integra os jardins de chuva a uma estratégia abrangente de infraestrutura verde, voltada para minimizar a poluição hídrica e aprimorar a drenagem urbana (Philadelphia Water Department, 2019).

Estudos conduzidos pelo *United States Geological Survey* (USGS), em parceria com o *Metropolitan Council*, entre 2002 e 2004, demonstraram a efetividade dos jardins de chuva na melhoria da qualidade da água em áreas urbanas como Minneapolis-St. Os resultados indicaram reduções significativas na concentração de sólidos suspensos e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, antes que a água escoasse para os corpos hídricos adjacentes pois o solo dos jardins atua como filtro natural, permitindo que a água seja gradualmente absorvida. Dados coletados em *Woodbury* apontaram que a retenção e a filtragem da água da chuva resultaram em uma expressiva redução de sólidos suspensos e amônia, reforçando o potencial desses sistemas para a remoção de poluentes (Tornes, 2002).

Em Portland, Oregon, um exemplo significativo é o projeto implementado de infraestrutura verde o qual foi incorporado ao planejamento urbano para reduzir a sobrecarga dos sistemas convencionais de drenagem e melhorar a qualidade da água. A adoção de soluções baseadas na natureza em Portland, teve início nos anos 1990, quando a cidade passou a enfrentar

desafios severos de alagamentos, degradação da qualidade da água e sobrecarga do sistema combinado de esgoto. Diante desse cenário, foi criado o Programa “*Green Streets*”, liderado pelo *Bureau of Environmental Services* (BES), visando gerenciar as águas pluviais no local de origem. Antes de implantar o Programa de *Green Streets*, a Prefeitura de Portland realizou um estudo prévio dividido em duas fases. A primeira fase promoveu o envolvimento de vários departamentos municipais para identificar oportunidades, desafios e propor soluções relacionadas à revitalização das ruas. Na segunda fase, o trabalho foi consolidado em uma abordagem programática para toda a cidade, avaliando opções para a implementação de um programa de revitalização mais amplo (Dunnett; Clayden, 2007).

Após o estudo, o programa foi institucionalizado por meio de uma resolução que tornou obrigatória sua aplicação, considerando que a maior parte do escoamento superficial da cidade é gerado pelas ruas pavimentadas e áreas impermeáveis, alinhando as ações ao Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas de Portland. Com a criação do programa, foram publicadas políticas específicas, incluindo a cobrança de taxas para projetos que não incorporassem integralmente as medidas de revitalização, a promoção de ações educativas para a população e a padronização de técnicas de manutenção e monitoramento.

Por fim, o programa estabeleceu um sistema de monitoramento para medir o volume de águas pluviais gerenciadas, a distribuição dos projetos pelas bacias hidrográficas e bairros, e as melhorias para pedestres e ciclistas.

Os jardins de chuva tornaram-se elementos centrais dessa estratégia, sendo integrados a ruas, calçadas, áreas residenciais e comerciais, de modo a interceptar a água pluvial e promover sua infiltração, filtragem e evapotranspiração, além de funcionarem como reservatórios temporários (Figura 10) (Portland Bureau of Environmental Services, 2021).

**Figura 10** - Implantação do programa Green Street em Portland, EUA



Fonte: Programa Soluções Para Cidades. Controle de inundações. Programa Ruas Verdes de Portland- EUA.

Um dos aspectos mais relevantes do modelo de Portland é que a cidade desenvolveu diretrizes específicas e manuais técnicos que padronizam o dimensionamento, seleção de espécies vegetais, profundidade dos solos e tipos de substrato. Os jardins de chuva são dimensionados conforme a taxa de escoamento da área contribuinte, e geralmente projetados para suportar eventos de até 25 mm de chuva com tempo de retorno de dois anos, garantindo assim alta eficiência no controle de cheias urbanas e proteção dos corpos hídricos locais (MPCA, 2005).

A cidade também investe em educação ambiental e participação pública, promovendo oficinas comunitárias e incentivando moradores a instalar sistemas de biorretenção em suas propriedades. O programa “*Green Street Stewards*” recruta voluntários para cuidar da vegetação e monitorar os jardins públicos, garantindo sua manutenção e funcionamento adequado ao longo do tempo. Essa abordagem colaborativa fortalece o engajamento da comunidade e reduz os custos públicos de operação e manutenção, além de criar um senso coletivo de responsabilidade sobre o manejo das águas pluviais (Pegoraro; Veronesi, 2023).

Outro destaque de Portland é a monitorização sistemática da performance hidrológica e ambiental dos jardins de chuva implantados. Dados divulgados pelo BES mostram que esses dispositivos são capazes de reter até 80% do volume total de águas pluviais em áreas



densamente urbanizadas, reduzindo significativamente o transporte de sedimentos, metais pesados, nitrogênio e fósforo. A vegetação nativa utilizada nesses sistemas também contribui para o aumento da biodiversidade urbana, controle da temperatura local e melhoria da qualidade do ar, reforçando o papel dos jardins de chuva como infraestrutura verde multifuncional (Castagna *et al.*, 2023).

O programa *Rainwise*, da cidade de Seattle, é uma das iniciativas mais bem-sucedidas dos Estados Unidos voltadas à gestão descentralizada das águas pluviais. Desenvolvido pela *Seattle Public Utilities* (SPU) em parceria com o *King County Wastewater Treatment Division*, o programa oferece subsídios financeiros para que moradores instalem jardins de chuva e cisternas em suas propriedades. O foco está nas áreas atendidas por sistemas combinados de esgoto e drenagem, onde há maior risco de extravasamento durante tempestades. A instalação dessas estruturas nas propriedades privadas ajuda a reduzir o escoamento superficial direto para a rede pública, aliviando a carga nos sistemas de esgoto e prevenindo transbordamentos e inundações urbanas (Seattle Public Utilities, 2020).

Segundo dados técnicos do programa, os jardins de chuva financiados pelo *RainWise* são projetados para capturar até 90% da chuva proveniente de áreas impermeáveis, como telhados e calçadas, promovendo infiltração e retenção no solo. A cidade oferece suporte técnico, materiais informativos e listas de empreiteiros certificados, garantindo a qualidade dos projetos. O sucesso da iniciativa se reflete em resultados mensuráveis: mais de 1.500 jardins de chuva e cisternas foram instalados desde o início do programa, prevenindo o escoamento de milhões de litros de água por ano.

Além disso, o *RainWise* tem um forte componente educacional, promovendo engajamento comunitário e estimulando a criação de paisagens urbanas mais sustentáveis (Castagna *et al.*, 2023).

Na cidade de Philadelphia, o programa *Green City, Clean Waters* representa uma abordagem inovadora e sistêmica para a gestão das águas pluviais. Lançado em 2011 pelo *Philadelphia Water Department* (PWD), o plano foi elaborado para cumprir as exigências da Lei da Água Limpa (*Clean Water Act*) por meio de soluções baseadas na natureza, priorizando intervenções verdes em vez de ampliar a infraestrutura cinza tradicional. A cidade estabeleceu a meta ambiciosa de gerenciar, até 2036, ao menos 85% do volume de escoamento oriundo das superfícies impermeáveis por meio de infraestrutura verde, o que inclui jardins de chuva, pavimentos permeáveis, bioswales, telhados verdes e bacias de retenção (Philadelphia Water Department, 2019).

Dentre as práticas implementadas, os jardins de chuva têm papel fundamental. Eles são utilizados em escolas, parques, ruas e áreas comerciais, contribuindo não apenas para a redução do volume de escoamento, mas também para a filtragem de poluentes antes que a água atinja os corpos hídricos locais. A cidade investe em incentivos para proprietários privados, parcerias com organizações comunitárias e monitoramento constante da performance dos sistemas. Relatórios técnicos indicam que os jardins de chuva instalados reduziram significativamente as descargas de esgoto combinado nos rios Schuylkill e Delaware, melhorando a qualidade da água e reduzindo os custos operacionais com tratamento. A iniciativa transformou Philadelphia em uma referência mundial em infraestrutura verde urbana (EPA, 2023; Pegoraro; Veronesi, 2023).

Esses exemplos demonstram como os jardins de chuva podem ser aplicados de maneira positiva para controle da drenagem urbana, recarga de aquíferos e melhoria da qualidade da água, servindo como referência para implementação em outras cidades ao redor do mundo.

Experiências internacionais demonstram o potencial das Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para aprimorar a gestão urbana das águas pluviais e promover cidades mais resilientes. Na Europa, destaca-se o caso de Gdańsk, na Polônia, considerada pioneira na implantação de jardins de chuva adaptados às condições arquitetônicas e climáticas locais. Desde 2018, o município vem implementando diversos dispositivos de biorretenção integrados a novos empreendimentos habitacionais, muitos dos quais dispensam sistemas convencionais de drenagem, consolidando um modelo inovador de microdrenagem verde (Daily Mare, 2025).

A adoção de instrumentos econômicos e regulatórios para estimular práticas de drenagem sustentável tem se consolidado como estratégia central em diversos países, refletindo a transição de modelos convencionais de escoamento para abordagens baseadas no controle na fonte. No município de Kitchener, no Canadá, a gestão de águas pluviais é estruturada por meio de um programa de créditos tarifários que concede até 45% de desconto na taxa de drenagem aos proprietários que instalem dispositivos capazes de reduzir o volume de escoamento encaminhado à rede pública. Entre as tecnologias elegíveis figuram jardins de chuva, pavimentos permeáveis, barris de chuva, cisternas e trincheiras de infiltração. O percentual de desconto é proporcional ao volume efetivamente retido, infiltrado ou armazenado no lote, sendo as análises orientadas por um manual técnico padronizado que estabelece métodos de cálculo e parâmetros hidráulicos. Dessa forma, Kitchener fortalece uma lógica de corresponsabilidade, na qual cada propriedade é incentivada a gerenciar parte da água que produz, contribuindo para reduzir a sobrecarga da infraestrutura convencional (Costa, 2020).

Também no Canadá, o município de Victoria operacionaliza o programa Rewards, voltado ao incentivo financeiro direto e à redução tarifária. Para propriedades residenciais, o programa oferece subsídios que variam entre 35 e 1.500 dólares para a implementação de dispositivos de controle na fonte, acompanhados de um desconto anual de 10% na taxa de drenagem, desde que ao menos 25 m<sup>2</sup> de cobertura sejam tratados por soluções como cisternas, jardins de chuva, valas vegetadas, câmaras de infiltração ou pavimentos permeáveis (mínimo de 10 m<sup>2</sup>). Para lotes não residenciais, os abatimentos podem atingir 40%, consolidando uma política que combina incentivos econômicos e diretrizes técnicas para ampliar a adoção de práticas descentralizadas de manejo pluvial (Costa, 2020).

Na Alemanha, por sua vez, o arcabouço tarifário para o serviço de drenagem urbana é estruturado sobre o conceito de área relevante para a taxa (Gebührenrelevante Fläche), que corresponde às superfícies que efetivamente geram escoamento superficial. A classificação dessas áreas é orientada pela norma DIN 1986-100, que define coeficientes de escoamento para diferentes tipos de cobertura e oferece uma base técnica padronizada para concessionárias e municípios. Esse modelo favorece diretamente a adoção de práticas compensatórias, uma vez que técnicas como telhados verdes, pavimentos permeáveis, desconexão de áreas da rede pluvial e dispositivos de infiltração reduzem a parcela tarifável do lote (Costa, 2020).

O caso de Hamburgo ilustra esse mecanismo. Até 2012, a tarifa de drenagem era associada ao consumo de água potável; posteriormente, passou a ser calculada exclusivamente com base na área impermeável conectada à rede municipal. A empresa Hamburg Wasser fornece tabelas oficiais para o cálculo das áreas tarifáveis e concede descontos proporcionais à implementação de soluções que diminuem o aporte de água à rede. Desde 2019, a cobrança anual é de 0,74 €/m<sup>2</sup> de área relevante, reforçando o princípio de responsabilização direta do proprietário pelo manejo das águas pluviais em seu lote (Costa, 2020).

No município de Leipzig, a estrutura tarifária mantém os mesmos princípios, com atualizações periódicas nos valores cobrados por metro quadrado de área contributiva. Entre 2018 e 2019 a taxa foi de 0,82 €/m<sup>2</sup>, chegando a 0,94 €/m<sup>2</sup> em 2021. A metodologia adotada é simplificada: áreas totalmente impermeáveis são contabilizadas integralmente (100%), superfícies semipermeáveis são consideradas pela metade (50%) e áreas desconectadas da rede recebem peso zero. Esse arranjo regulatório tem incentivado de maneira expressiva a ampliação de superfícies verdes, dispositivos de infiltração e demais técnicas de controle na fonte, fortalecendo o papel do proprietário na gestão descentralizada das águas pluviais e promovendo um ambiente urbano mais resiliente (Costa, 2020).

Além do contexto europeu e norte-americano, o Japão também apresenta avanços expressivos na implementação de infraestrutura verde urbana. Cidades como Tóquio e Yokohama incorporaram jardins de chuva como elementos estruturantes de programas de gestão sustentável das águas pluviais, alinhando-os aos princípios de cidades esponja. Nessas localidades, as soluções baseadas na natureza (SbN) têm demonstrado eficácia simultânea na redução do escoamento superficial, na melhoria da qualidade da água e na criação de espaços urbanos multifuncionais, promovendo benefícios ambientais, sociais e estéticos (Barros *et al.*, 2024; Gondim, 2024).

No cenário asiático, a China consolidou-se como referência global com a implementação do Programa Cidade Esponja. A cidade de Wuhan, situada na confluência dos rios Yangtze e Han, enfrentava problemas históricos de drenagem decorrentes da baixa altitude e da rápida urbanização, sendo conhecida como a “cidade dos mil lagos”. A partir da adoção de soluções de infiltração, retenção e armazenamento descentralizado da água da chuva, Wuhan passou por uma reestruturação urbana significativa, tornando-se modelo internacional de revitalização hidrológica e planejamento urbano resiliente (Godim, 2024).

Em nível nacional, a intensa urbanização chinesa contribuiu para o aumento de episódios de inundação entre 2006 e 2010, afetando aproximadamente um quarto das cidades e gerando grandes prejuízos econômicos. A infraestrutura de drenagem existente, dimensionada para chuvas de baixa recorrência, mostrou-se insuficiente frente à frequência crescente de eventos extremos. Para enfrentar essa realidade, o governo chinês lançou, em 2013, o Programa Cidade Esponja, centrado em soluções de baixo impacto, como pavimentos permeáveis, valetas de infiltração e áreas alagáveis em parques urbanos, com metas de infiltrar 20% do escoamento superficial e reutilizar 70% da água da chuva (Godim, 2024).

O Programa Cidade-Esponja estabeleceu como meta que, até 2020, uma parcela dos distritos piloto incorporasse estruturas capazes de reter, infiltrar ou reutilizar cerca de 70% do escoamento pluvial. Para 2030, espera-se que essa capacidade esteja presente em aproximadamente 80% do território urbano. Embora o governo central tenha contribuído com parte dos recursos, a maior responsabilidade financeira ficou a cargo dos municípios — muitos deles com orçamento limitado — e de investidores privados, cuja adesão ao programa tem sido reduzida (Brilhante, 2020)

Sendo assim, observa-se que, em experiências internacionais, os jardins de chuva configuram-se como soluções eficazes e atrativas para o manejo das águas pluviais urbanas, contribuindo para a melhoria da qualidade da água e para a redução da poluição. Embora esses sistemas sejam influenciados por fatores locais, desempenham papel relevante no acúmulo e na

infiltração da água da chuva, além de favorecerem a promoção de microclimas urbanos, o incremento da biodiversidade e a melhoria da qualidade de vida.

Estudos contínuos e uma compreensão mais aprofundada das variáveis locais são fundamentais para otimizar a aplicação dos jardins de chuva em diferentes contextos urbanos (Tornes, 2002). A adaptação desses sistemas às características específicas de cada localidade é essencial para maximizar seus benefícios, tornando-os modelos replicáveis em diversas cidades ao redor do mundo.

#### **4.4. Experiência Nacional**

Cada vez mais, as metrópoles brasileiras estão se rendendo aos jardins da chuva, uma técnica simples da permacultura, conforme descrito a seguir:

##### **a) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP**

O primeiro jardim de chuva instalado no Brasil oriundo da tese de Moura (2014) na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (FAU-USP), como alternativa para drenagem urbana e controle da poluição difusa. O experimento, localizado na Cidade Universitária da Universidade de São Paulo (USP), consistiu em canteiros destinados à filtragem de águas pluviais, com o objetivo de reduzir a velocidade do escoamento superficial e a carga de poluentes antes de atingirem os corpos hídricos. O sistema foi estruturado com tanques impermeáveis e diferentes tipos de vegetação, a fim de avaliar a eficiência na remoção de contaminantes. A água captada das sarjetas atravessava os jardins e era monitorada em múltiplos pontos para análise da eficiência de filtragem. Moura destacou que metodologias semelhantes já vinham sendo aplicadas em cidades como Portland e Seattle, ressaltando o potencial do sistema para a gestão hídrica em contextos urbanos brasileiros. O estudo foi conduzido em parceria com a Escola Politécnica, a ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) e o LabVERDE, integrando conhecimentos de engenharia, hidráulica e análise ambiental (Moura, 2014).

Os resultados do experimento prático confirmaram a eficiência da biorretenção na mitigação da poluição difusa, com reduções médias das cargas poluidoras acumuladas de 89,94% no gramado e 95,49% no jardim, que se mostrou mais eficiente. O estudo de Moura reforça esses achados ao demonstrar que sistemas de biorretenção, quando integrados ao desenho urbano, apresentam desempenho consistente na melhoria da qualidade da água, além de favorecerem a valorização paisagística e a resiliência ambiental dos espaços públicos. Em conjunto com experiências internacionais, tais evidências fornecem respaldo técnico e

científico para apoiar o processo de transição da infraestrutura de São Paulo, consolidando a biorretenção como solução estratégica no manejo de águas pluviais e na conformação de uma Infraestrutura Verde para a cidade (Moura, 2014).

#### 4.4.1. São Paulo - SP

A cidade de São Paulo, maior metrópole do país, teve seu crescimento urbano marcado por um processo acelerado e desordenado, fenômeno observado em diversas outras cidades brasileiras. A expansão urbana foi impulsionada principalmente para atender às crescentes demandas populacionais, comerciais, empresariais e industriais, sem o devido planejamento territorial e ambiental, o que gerou impactos significativos sobre os recursos naturais e os sistemas hídricos (Oliveira *et al.*, 2023).

Fundada em 1554 como São Paulo de Piratininga, em referência ao planalto de Piratininga, localizado entre os rios Anhangabaú e Tamanduateí, a cidade cresceu em uma região marcada pela abundância de cursos d'água. A maior metrópole do país pode ser compreendida como uma imensa laje construída sobre uma vasta bacia hidrográfica. Ao longo do tempo, esses rios foram intensamente modificados pelos processos de urbanização. Atualmente, estima-se que entre 60% e 70% da água pluvial escoe diretamente para os quatro principais rios da região: Tietê, Pinheiros, Tamanduateí e Aricanduva. Para que o sistema de drenagem urbana funcionasse de forma adequada, o ideal seria que apenas 25% dessa água chegasse a esses cursos hídricos (Prefeitura de São Paulo, 2023).

Frequentemente afetada por enchentes e alagamentos, a cidade de São Paulo tem adotado os jardins de chuva como alternativa viável para a gestão sustentável das águas pluviais, ao mesmo tempo em que amplia e qualifica as áreas verdes urbanas (Prefeitura de São Paulo, 2021). O primeiro jardim de chuva foi inaugurado em 2017 e, desde então, a iniciativa tem avançado significativamente: em abril de 2022, havia 210 unidades distribuídas por todas as regiões da cidade; em 2023, esse número ultrapassou 350, com previsão de atingir 400 até o final de 2024 (Prefeitura De São Paulo, 2023).

No bairro de Pinheiros, ações práticas evidenciam a relevância da participação comunitária na transformação de espaços urbanos, como no mutirão de plantio realizado no Largo das Araucárias (Figura 11), que resultou na revitalização da área por meio da implementação de um jardim de chuva. O projeto, liderado pelo paisagista Ricardo Cardim em parceria com *Nick Sabey* e o engenheiro Guilherme Castagna, contou com o apoio do setor privado e ampla participação da sociedade civil.

**Figura 11** - Participantes no dia do mutirão para a plantação de vegetação do Largo das Araucárias.



Fonte: Adaptada de Santos (2020a).

O jardim implantado possui 900 m<sup>2</sup> de área de captação e é capaz de reter 100% das águas pluviais incidentes, eliminando a necessidade de ampliação da rede de drenagem convencional e contribuindo para a recarga do lençol freático que alimenta o córrego Rio Verde. Estima-se que aproximadamente 871 m<sup>3</sup> de água sejam retidos, tratados e infiltrados no solo anualmente, demonstrando a eficácia do projeto tanto na gestão das águas pluviais quanto na revitalização do ambiente urbano (Figura 12) (Santos, 2020a).

O espaço, anteriormente caracterizado por uma extensa área concretada e árida, utilizada para descarte irregular de entulho e sujeita a alagamentos, passou por uma profunda transformação. Impulsionada por iniciativas coletivas e movimentos sociais, com apoio do setor privado, a intervenção resultou na criação de uma praça arborizada e equipada para uso público, integrando o jardim de chuva como elemento estruturante. Além de captar e infiltrar as águas pluviais, a solução promove o sombreamento, o conforto térmico e o convívio comunitário.

Essa mobilização social não apenas ressignificou o uso do território, mas também transformou a paisagem urbana, evidenciando que as infraestruturas verdes — como os jardins de chuva — representam estratégias essenciais de adaptação urbana e enfrentamento das mudanças climáticas (Santos, 2020a)



**Figura 12** – Jardim de chuva finalizado no Largo das Araucárias



Fonte: Adaptada de Santos (2020a)

#### 4.4.2. Belo Horizonte - MG

Belo Horizonte, capital de Minas Gerais e sexta cidade mais populosa do Brasil, caracteriza-se por relevo irregular, clima tropical de estação seca e uma rede hidrográfica composta por ribeirões e córregos, em grande parte canalizados. Inserida na Bacia do São Francisco, a cidade é marcada por sub-bacias como Arrudas, Onça, Isidoro e Pampulha, onde se localiza a Lagoa da Pampulha, formada pelo represamento do ribeirão homônimo e consolidada como patrimônio turístico e de lazer (RMBH, 2010).

A drenagem urbana sofreu forte intervenção a partir da década de 1970, com a implantação do Plano Metropolitano de Águas Pluviais e Proteção Contra Cheias (1975). Apesar do mapeamento hidrográfico então realizado, a ausência de dados fluviométricos e de um cadastro completo da rede comprometeu a eficiência das obras, consolidando um modelo baseado na canalização dos cursos d'água (Prioste, 2022). Em 2016, o Plano Municipal de Saneamento identificou 208 km de córregos canalizados, cerca de 31% da rede hídrica, reflexo da política de drenagem do período desenvolvimentista e do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (Belo Horizonte, 2016).

Com a introdução de novas diretrizes de planejamento urbano, Belo Horizonte passou a incorporar práticas de manejo sustentável. O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) e o Programa de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana (2009–2011) estabeleceram



políticas e ações voltadas para soluções descentralizadas e ambientalmente integradas (RMBH, 2020). Nesse contexto, destacam-se:

- Programa DRENURBS: recuperação ambiental de fundos de vale, implantação de parques lineares, bacias de retenção e calhas vegetadas (Prioste, 2022).
- Projeto SWITCH: parceria entre a Prefeitura, UFMG e instituições internacionais para promover soluções inovadoras de gestão pluvial (Prioste, 2022).
- Trama Verde e Azul (TVA): integração de áreas verdes e corpos hídricos no planejamento urbano, visando resiliência climática e valorização dos espaços naturais (Prioste, 2022).

Essas iniciativas resultaram na elaboração da Carta de Inundações, no Sistema de Monitoramento Hidrológico e na criação dos Núcleos de Alerta de Chuvas (NACs), fortalecendo a prevenção de riscos e a gestão adaptativa. A experiência recente da cidade com jardins de chuva e outras práticas de infraestrutura verde evidencia a transição para um modelo mais sustentável e integrado, no qual a drenagem urbana deixou de ser apenas uma solução técnica para tornar-se parte estratégica da adaptação climática e da requalificação dos espaços públicos.

#### 4.4.3. Curitiba - PR

A cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, é um exemplo notável de planejamento e gestão sustentável das águas pluviais no Brasil. Com uma população estimada em 1.933.105 habitantes e uma área de 434,89 km<sup>2</sup> (IBGE, 2024), a cidade destaca-se por suas iniciativas pioneiras e contínuas em drenagem urbana e controle ambiental, consolidando sua reputação como referência nacional e internacional em infraestrutura verde.

Desde a promulgação da Lei Municipal nº 7.833/1991, que instituiu a Política de Proteção, Conservação e Recuperação do Meio Ambiente, Curitiba vem priorizando medidas não estruturais de controle ambiental. Essa base normativa permitiu o desenvolvimento de instrumentos como o Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu (2002) e, posteriormente, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), aprovado em 2013 e atualizado periodicamente (Prefeitura De Curitiba, 2023a)

O PMSB estabelece diretrizes para a gestão integrada das águas pluviais, adotando o conceito de desenvolvimento urbano de baixo impacto. Este modelo visa não apenas preservar

as condições naturais do solo e do ciclo hidrológico, mas também implantar soluções baseadas na natureza que promovam retenção, infiltração e evapotranspiração da água da chuva, como os jardins de chuva, pavimentos permeáveis e reservatórios de retenção (Câmara Municipal De Curitiba, 2024).

A atualização mais recente do Plano Diretor de Drenagem Urbana, em andamento desde 2022, amplia a abordagem para incorporar indicadores de resiliência climática e prioriza obras sustentáveis com soluções híbridas, associando infraestrutura verde e cinza (Prefeitura De Curitiba, 2023b). Esse plano dá continuidade às ações propostas pelo Plano Estadual de Drenagem de 2002, mas com foco ampliado na redução da poluição difusa, contenção de sedimentos e resíduos sólidos, além da promoção da retenção e infiltração da água excedente.

Como respaldo legal, tramita na Câmara Municipal o Projeto de Lei Ordinária nº 005.00017.2024, que reconhece os jardins de chuva como dispositivos oficiais de drenagem urbana e incentiva sua implementação em empreendimentos públicos e privados (Câmara Municipal de Curitiba, 2024). A Tabela 2 apresenta detalhes dessas medidas.:

A resiliência urbana e a integração da natureza no planejamento das cidades são ferramentas importantes para alcançar um desenvolvimento sustentável. Embora funcionem como ecossistemas, as cidades tendem a ser mais dependentes e degradantes em comparação aos ambientes naturais, refletindo uma visão antropocêntrica na relação entre seres humanos e a natureza. Por isso a necessidade de busca constantemente em alternativas sustentáveis para a resiliência urbana. (Santos, 2020).

Experiências positivas na implantação de jardins de chuva nas esferas internacional e nacional tem sido intensificada e os resultados tem se mostrado positivos.

Nas cidades de São Paulo, Curitiba e Porto Alegre foram verificadas. Verifica-se, portanto, que a cidade de São Paulo tem experimentado a instalação de jardins de chuva em áreas urbanas como parte de seu plano de macrodrenagem sustentável. Projetos-piloto foram desenvolvidos em parques e avenidas para testar a eficiência do sistema na mitigação de inundações e melhoria da qualidade da água. Curitiba também implementou sistemas de biorretenção em parques urbanos e áreas públicas, integrando-os ao seu sistema de drenagem urbana sustentável. E finalmente, Porto Alegre incorporou jardins de chuva em projetos de revitalização urbana, como parte de um esforço para aumentar a permeabilidade do solo e reduzir a poluição hídrica.

**Tabela 2 - Detalhes das ações de controle de escoamento pluvial efetuadas em Curitiba**

<b>Obra</b>	<b>Característica</b>	<b>Função</b>	<b>Efeito</b>
<b>Pavimento Poroso</b>	Camada de base porosa como reservatório	Armazenamento temporário da chuva no local do pavimento	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial
<b>Trincheira de Infiltração</b>	Reservatório linear escavado no solo	Infiltração ou retenção concentrada e linear	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial
<b>Vala de Infiltração</b>	Depressões lineares em terreno permeável	Infiltração ou retenção da chuva caída	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial
<b>Poço de Infiltração</b>	Reservatório vertical escavado no solo	Infiltração pontual na camada do solo	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial
<b>Micro Reservatório</b>	Pequenas dimensões tipo “caixa d’água”residencial	Armazenamento temporário do escoamento pluvial	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial
<b>Telhado Reservatório</b>	Telhado com função de reservatório	Armazenamento temporário da chuva	Retardo do escoamento pluvial da própria edificação
<b>Bacia de Detenção</b>	Reservatório vazio ou seco	Armazenamento e/ou infiltração do escoamento superficial	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
<b>Bacia de Retenção</b>	Reservatório com água permanente	Armazenamento e/ou infiltração do escoamento superficial	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
<b>Bacia Subterrânea</b>	Reservatório coberto abaixo do nível do solo	Armazenamento temporário do escoamento superficial	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
<b>Condutos de Armazenamento</b>	Condutos e dispositivos de armazenamento	Armazenamento temporário do escoamento	Amortecimento do escoamento afluente à macrodrenagem
<b>Faixas Gramadas</b>	Faixas de terreno marginais a corpos d’água	Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais	Amortecimento de cheias e infiltração

Fonte: Prioste (2022).

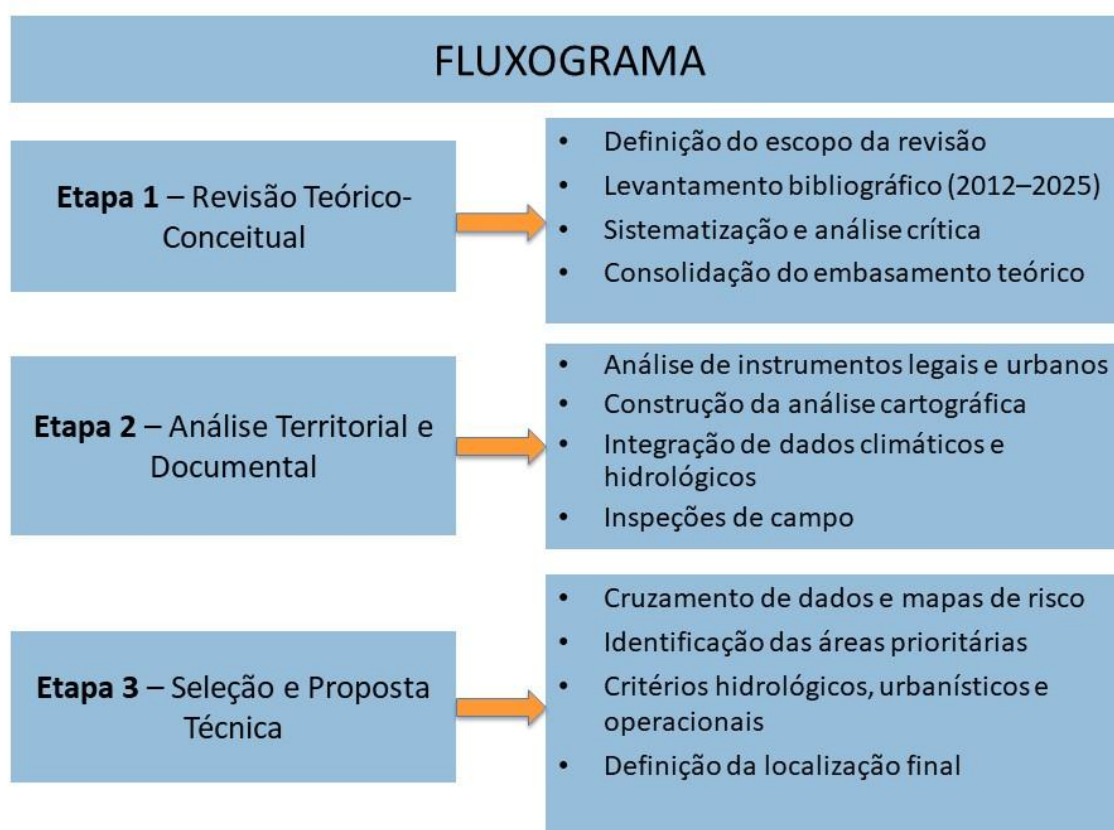
Com base na literatura pode-se detectar que os jardins de chuva são soluções promissoras para um desenvolvimento sustentável tanto em modelos nacionais quanto internacionais.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é de natureza qualitativa com abordagem exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica e documental. A metodologia foi estruturada com o objetivo de construir um referencial teórico-conceitual e análise documental do município de Ribeirão Preto para propor uma possível solução aplicável para o município de Ribeirão Preto. Esta abordagem foi estruturada em três etapas: 1) revisão bibliográfica em artigos, teses e manuais técnicos; 2) levantamento histórico, hidrológico e pedológico do município de Ribeirão Preto – SP e; 3) análise integrada dos dados para subsidiar diretrizes técnicas para implantação de jardins de chuva em pontos estratégicos do município.

O desenvolvimento da pesquisa foi organizado de acordo com o Fluxograma operacional (Figura 13).

**Figura 13** - Fluxograma com as etapas do estudo



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

### **Etapa 1:**

A primeira etapa da pesquisa foi fundamentada na construção do embasamento teórico-conceitual por meio de levantamento bibliográfica e documental sistematizada, desenvolvida ao longo dos anos de 2012 a 2025. Essa etapa teve como finalidade compreender a evolução das práticas de drenagem urbana sustentável, identificar lacunas de pesquisa e subsidiar as decisões metodológicas aplicadas nas etapas posteriores.

O início do trabalho, foi definido o escopo da revisão da literatura, contemplando temas centrais vinculados à drenagem urbana sustentável e ao uso de Soluções Baseadas na Natureza (SbN), tais como: jardins de chuva (rain gardens), infraestrutura verde, biorretenção, gestão de águas pluviais, mudanças climáticas e experiências nacionais e internacionais de drenagem sustentável.

Foram estabelecidos critérios para seleção das fontes, priorizando publicações científicas recentes (últimos 12 anos) e documentos que contribuíssem para a compreensão conceitual, histórica e aplicada do tema.

As buscas foram realizadas em bases reconhecidas por sua abrangência científica: SciELO, Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES, além de revistas eletrônicas especializadas e repositórios de universidades (teses e dissertações).

As palavras-chave utilizadas foram definidas em português e inglês, garantindo abrangência internacional: jardins de chuva, rain garden; infraestrutura verde, green infrastructure; Soluções Baseadas na Natureza, Nature-based Solutions (NbS); biorretenção, bioretention; gestão de águas pluviais, stormwater management; mudanças climáticas, climate change. Nesta etapa constatou-se uma limitação significativa na produção científica nacional, embora existam iniciativas recentes, muitos trabalhos ainda são exploratórios ou restritos a estudos de caso pontuais. Por outro lado, a literatura internacional apresenta um desenvolvimento científico mais consistente, evidenciando a consolidação e institucionalização em diversos países. Os principais autores foram: Santos, 2020; Lopes; Marques; Silva, 2021; Alencar *et al.*, 2022; Mendes, 2020; Oliveira *et al.*, 2022; Reis e Ilhas, 2014; Barros *et al.*, 2024; Gonzala, 2018; Okimoto e Santos, 2023; Hernandez e Szigethy, 2020; Boehm, Schumer, 2023; Tucci, 2008; Souza, 2013; Melo *et al.*, 2014; Muthanna *et al.*, 2008; Li e Zhao, 2008; Davis *et al.*, 2009; Winston *et al.*, 2010; Pegoraro e Veronesi, 2023; Gondim, 2024; Castagna *et al.*, 2023; Conte *et al.*, 2022 e outros.

Entre 2012 e 2025, foram identificados e analisados aproximadamente 100 documentos, entre: artigos científicos, teses e dissertações, relatórios técnicos, publicações institucionais, manuais e revistas eletrônicas nacionais e internacionais.

A triagem inicial foi realizada por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave. Os documentos considerados relevantes foram selecionados para leitura integral, análise crítica e posterior fichamento.

Durante o processo, foram produzidos resumos analíticos dos principais trabalhos encontrados, com destaque para contribuições teóricas, metodológicas e estudos aplicados. O fichamento permitiu: sistematizar conceitos centrais, identificar divergências e convergências na literatura, reconhecer as lacunas de pesquisa existentes no contexto brasileiro, especialmente no que se refere à implementação de jardins de chuva como estratégias de drenagem sustentável, comparar experiências internacionais com a realidade urbana nacional.

Esse processo de síntese subsidiou a elaboração da revisão da literatura do presente trabalho, permitindo aprofundar discussões sobre a integração entre infraestrutura verde e infraestrutura cinza, justiça ambiental, resiliência climática e planejamento urbano sustentável.

A partir do material selecionado, consolidou-se o embasamento teórico que orientou as etapas seguintes da pesquisa. A revisão permitiu: compreender a evolução histórica das práticas de drenagem urbana, identificar modelos e parâmetros de dimensionamento de jardins de chuva utilizados internacionalmente, avaliar a adequação das SbN no contexto brasileiro, fundamentar a escolha dos métodos e técnicas aplicadas no estudo de caso em Ribeirão Preto.

O estudo se aprofundou para conhecer os tipos de Infraestrutura Urbana Sustentável em especial os jardins de chuva (que é o tema da pesquisa), quais os tipos para as áreas urbanas, onde surgiu e foi disseminado, as vantagens, mecanismos, etapas de implantação, custos, dimensionamento, desempenho hidrológico, relação com o planejamento urbano e climático, quais os lugares que mais deram certo, como ele se apresenta no exterior e no Brasil.

Além disso, a comparação entre literatura nacional e internacional evidenciou a importância da transferência de conhecimento científico para o contexto urbano brasileiro, reforçando a necessidade de soluções sustentáveis adaptadas às características locais.

## **Etapas 2:**

A segunda etapa da pesquisa consistiu na análise documental e geoespacial do município de Ribeirão Preto, com o propósito de caracterizar os condicionantes urbanos, hidrológicos, ambientais e legais que orientam o manejo das águas pluviais e subsidiam a identificação de áreas adequadas para a implantação de Soluções Baseadas na Natureza, especialmente jardins de chuva. Essa etapa constituiu o alicerce metodológico para compreender a estrutura territorial do município, reconhecer suas vulnerabilidades e orientar o planejamento técnico das intervenções propostas.

O levantamento inicial concentrou-se na consulta, sistematização e interpretação de documentos oficiais disponibilizados no portal institucional da Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (<https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/>). Foram analisados os principais instrumentos normativos e estratégicos relacionados ao planejamento territorial, saneamento, gestão ambiental, uso do solo e drenagem urbana, incluindo: Plano Diretor Municipal; Plano Municipal de Saneamento Básico (2024a; 2024c; 2024d); Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2019; 2022); Código Municipal do Meio Ambiente; Plano Diretor de Macrodrenagem das Bacias do Ribeirão Preto (2010); Plano de Ações Emergenciais da Defesa Civil (2024b); Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (2022); além de relatórios emitidos pelo SAERP, Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Obras Públicas e Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. A leitura desses materiais possibilitou compreender o arcabouço institucional que orienta o ordenamento territorial e identificar diretrizes diretamente relacionadas à drenagem, ao controle de impermeabilização e à gestão de áreas de risco.

Como complemento à análise documental, foram realizadas visitas institucionais às secretarias e órgãos municipais responsáveis pela infraestrutura urbana, meio ambiente, drenagem e saneamento. O objetivo foi obter informações sobre o funcionamento da rede pluvial, registros de eventos de enchentes, práticas de manutenção e critérios adotados pelo poder público para intervenções em áreas críticas e para o uso de espaços públicos potencialmente aptos à implantação de jardins de chuva. Apesar do esforço de coleta, verificou-se fragilidade na organização e disponibilização de dados atualizados, o que evidenciou lacunas significativas na gestão da informação municipal.

Diante dessas limitações, aprofundou-se a análise técnico-cartográfica com base nos documentos, mapas e bases digitais disponibilizados pela Prefeitura. Foram examinados temas urbanísticos, pedológicos, geológicos e hidrológicos, partindo do Plano Diretor Municipal, na Lei de Parcelamento Uso e Ocupação do Solo, o Sistema de Abastecimento de Água, Atualização do Plano Diretor de Macrodrenagem das Bacias do Ribeirão e no Relatório de drenagem urbana da Avenida Maurílio Biagi, por sua relevância no controle da densidade urbana e da impermeabilização. Em seguida, foram analisadas cartografias referentes a declividades, rede hidrográfica, solos, macrobacias, registros históricos de alagamentos, áreas de risco e demais informações essenciais para identificar setores vulneráveis, utilizando como referência a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Plano de Saneamento Básico de Ribeirão Preto, Plano Diretor Municipal e Diagnóstico Ambiental – Estudos Ambientais. Aditivo Técnico.

A integração de dados meteorológicos e climatológicos também foi indispensável, utilizando plataformas como Climatempo, Somar Meteorologia e Climate-Data para ampliar a compreensão da sazonalidade local, das intensidades de precipitação e da frequência de eventos extremos — elementos essenciais para o dimensionamento de soluções de infiltração. Para complementar informações urbanísticas e geoespaciais, recorreu-se a bases institucionais externas, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo (IDE-SP), que contribuíram com informações sobre limites territoriais, demografia, uso do solo e indicadores socioeconômicos, contextualizando a expansão urbana acelerada e suas implicações sobre o sistema de drenagem.

A elaboração da análise espacial baseou-se em diversos materiais disponibilizados no site da Prefeitura, no Geoportal municipal e em documentações técnicas, que incluíram mapas de Classes de Relevo, Declividade e Zoneamento Ambiental, Classes de Altitude, Delimitação de Bacias e Sub-bacias, além das áreas de confinamento e afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de São Paulo e especificamente em Ribeirão Preto, bem como o mapa de pontos de alagamentos e da classificação de áreas segundo o grau de criticidade. Esses arquivos, disponibilizados em diferentes formatos, como .dwg para uso no AutoCAD e .shp para o QGIS, foram complementados por imagens e dados obtidos no Google Earth. Embora o domínio técnico avançado do QGIS não tenha sido plenamente possível, a combinação de arquivos em PDF, AutoCAD, QGIS e imagens de satélite permitiu interpretar o relevo, sobrepor camadas georreferenciadas e identificar padrões territoriais e áreas críticas. Assim, mesmo diante de limitações operacionais, foi possível construir uma leitura espacial integrada que subsidiou a seleção estratégica dos locais de intervenção.

As análises hidrológicas e climáticas basearam-se em dados provenientes do Plano Municipal de Saneamento Básico, Plano de Ações Emergenciais da Defesa Civil, Relatório Técnico de Drenagem Urbana, Plano Diretor de Macrodrenagem, Relatório da Avenida Maurílio Biagi, além de informações fornecidas por SAERP, DAEE/CETESB, IPCC, INMET e plataformas especializadas. Reportagens jornalísticas do Portal G1 também foram utilizadas para complementar registros recentes de enchentes e enxurradas. A consolidação desses insumos permitiu construir bases cartográficas que reúnem informações sobre áreas vulneráveis, tipos de solo, declividades, impermeabilização, rede hidrográfica e espaços públicos aptos para receber dispositivos de biorretenção.

O Plano Municipal de Saneamento Básico – Caderno 5: Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (2024) teve papel central nessa etapa, pois apresenta o Mapa de Áreas de



Risco e a Tabela de Classificação dos Níveis de Risco (muito alto, alto, médio e baixo), servindo como referência principal para identificar setores suscetíveis a alagamentos e enxurradas.

Por fim, foram realizadas inspeções de campo nos locais previamente mapeados como críticos, permitindo confrontar os dados documentais com a realidade territorial. Nessas visitas, analisaram-se declividade, vegetação, condições da drenagem, impermeabilização, infraestrutura existente e a ocupação do entorno. Foram avaliados canteiros centrais, praças, calçadas ampliadas, áreas públicas ociosas e APPs, verificando sua viabilidade técnica e ambiental para implantação de jardins de chuva.

Apesar das limitações relacionadas ao acesso a dados consolidados, a Etapa 2 permitiu construir um diagnóstico abrangente, integrado e tecnicamente consistente sobre o território de Ribeirão Preto, revelando fragilidades estruturais na gestão da drenagem urbana e fornecendo subsídios fundamentais para as etapas subsequentes da pesquisa. A articulação entre análise documental, cartográfica, institucional e de campo consolidou a base técnica necessária para avaliar o potencial de implementação de Soluções Baseadas na Natureza no município.

### **Etapa 3**

A terceira etapa da pesquisa consistiu na identificação do local e proposta de implantação do jardim de chuva, com o objetivo de selecionar, de forma sistemática, criteriosa e tecnicamente fundamentada, o local mais adequado sob os pontos de vista hidrológico, ambiental e urbanístico. Essa etapa foi essencial para assegurar a coerência entre o diagnóstico territorial, a vulnerabilidade hidrológica previamente mapeada e a viabilidade da aplicação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) no contexto urbano de Ribeirão Preto, buscando garantir que a intervenção proposta seja eficaz na mitigação de alagamentos e no manejo sustentável das águas pluviais.

O procedimento metodológico iniciou-se pela organização, leitura analítica e tratamento dos documentos resultantes da etapa anterior, com destaque para o Mapa de Risco de Alagamentos e a Tabela de Áreas Inundáveis e Suscetíveis à Enxurrada, disponível no Plano de Saneamento Básico de Ribeirão Preto – Caderno 5: Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. 2024.

Após o tratamento inicial dos dados, procedeu-se à identificação e classificação dos pontos de risco por meio da análise integrada do Mapa de Risco e das áreas suscetíveis a enxurradas. Para aprimorar a representação cartográfica e a legibilidade espacial dessas informações, utilizou-se o software AutoCAD, que permitiu o refinamento do projeto cartográfico e a organização precisa dos elementos geoespaciais em ambiente digital. A

incorporação da base territorial ao perímetro urbano oficial possibilitou uma leitura ampliada do comportamento hidrológico, evidenciando a concentração de eventos críticos em setores específicos da malha urbana.

A integração entre o mapa geológico e o mapa de risco permitiu identificar, dentro de um perímetro aproximado de 2.400 metros, seis áreas prioritárias de maior vulnerabilidade a eventos pluviométricos intensos. Esses pontos críticos estão associados à combinação entre elevada impermeabilização, deficiência estrutural dos sistemas de drenagem e proximidade de cursos d'água, abrangendo trechos da Avenida Maurílio Biagi, das Avenidas Jerônimo Gonçalves e Francisco Junqueira, da Avenida Caramuru, da Via Norte, da Avenida Paschoal Innechi e do bairro Adelino Simioni.

O cruzamento dessas informações revelou padrões de drenagem vinculados às microbacias urbanas e destacou fragilidades na infraestrutura cinza existente. A partir dessa leitura integrada, foi possível identificar o setor de maior vulnerabilidade hidrológica — situado em um dos principais eixos de escoamento pluvial do município — que foi selecionado como área prioritária para a implantação do jardim de chuva.

A definição do local baseou-se em critérios hidrológicos, ambientais, urbanísticos e operacionais, considerados de forma articulada para garantir a adequação do projeto aos condicionantes territoriais. Entre os critérios hidrológicos, destacaram-se a declividade do terreno, a direção e concentração do escoamento superficial, a proximidade de corpos d'água e os registros históricos de alagamentos. Do ponto de vista urbanístico, foram observados o uso e ocupação do solo, a disponibilidade de áreas públicas e a existência de espaços como canteiros, praças ou faixas de domínio que pudessem comportar o dispositivo de biorretenção. Quanto aos aspectos operacionais, avaliou-se a viabilidade técnica de implantação, podendo sugerir uma acessibilidade para manutenção e a compatibilidade com as redes de infraestrutura existentes além de trabalhos para a conscientização educação ambiental com a população.

No início da pesquisa, ainda não havia uma área definida para intervenção; entretanto, o avanço das análises evidenciou a necessidade de uma abordagem territorial integrada, capaz de relacionar o comportamento hidrológico da microbacia ao tecido urbano e às dinâmicas socioambientais. A partir dessa compreensão, reforçou-se a pertinência de localizar o jardim de chuva em posição a montante das áreas mais vulneráveis, de modo a permitir que a infraestrutura verde atue preventivamente na redução do escoamento superficial concentrado.

Os resultados obtidos nesta etapa reforçam o potencial dos jardins de chuva como elementos estratégicos da infraestrutura verde urbana, atuando de forma complementar à

infraestrutura cinza e contribuindo para cidades mais resilientes, sendo instrumento-chave na adaptação urbana frente aos eventos hidrometeorológicos extremos.

Por fim, reconhece-se que esta etapa configura um recorte preliminar dentro de um processo de investigação mais amplo, que demanda aprofundamentos futuros, como modelagens hidrológicas detalhadas, estudos pedológicos e análises urbanísticas complementares. Mesmo assim, os resultados alcançados constituem base sólida para fundamentar propostas de implantação de jardins de chuva em Ribeirão Preto e para subsidiar estudos subsequentes, inclusive em nível de doutorado, voltados ao aperfeiçoamento de infraestruturas verdes no município.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Embasamento Teórico e Análise Documental**

#### **6.1.1. Levantamento dos dados do Município de Ribeirão Preto**

O processo de urbanização de Ribeirão Preto consolidou-se a partir do final do século XIX, impulsionado pela expansão do complexo cafeeiro e pela implantação da Companhia Mogiana de Estradas de Ferro, fatores estruturantes para a organização territorial e para a dinâmica socioeconômica regional. A área inicialmente ocupada pelos povos originários devido à sua posição estratégica entre os rios Onça, Pardo e Tamanduí, passou a sofrer intervenções diretas no ambiente natural à medida que o núcleo urbano se expandia. Entre as primeiras obras registradas está a retificação do córrego Ribeirão Preto em 1884, realizada como medida de saneamento e contenção de enchentes que afetavam a saúde pública e a ocupação das margens. O ciclo cafeeiro, associado à infraestrutura ferroviária, foi determinante para a rápida expansão urbana nas décadas subsequentes, configurando no início do século XXI um território praticamente urbanizado. (Maia, 2007).

Ao longo do século XX, a expansão urbana intensificou-se sobre antigas várzeas e fundos de vale, frequentemente por meio de loteamentos implantados sem infraestrutura adequada de drenagem. Esse padrão de crescimento resultou em uma mancha urbana altamente impermeabilizada, agravando a vulnerabilidade do município a processos hidrológicos críticos, como alagamentos recorrentes, enxurradas e sobrecarga dos sistemas naturais de escoamento (Maia, 2007). A ausência de planejamento integrado e de medidas de controle na fonte

contribuiu para a intensificação desses problemas, particularmente em áreas densamente povoadas.

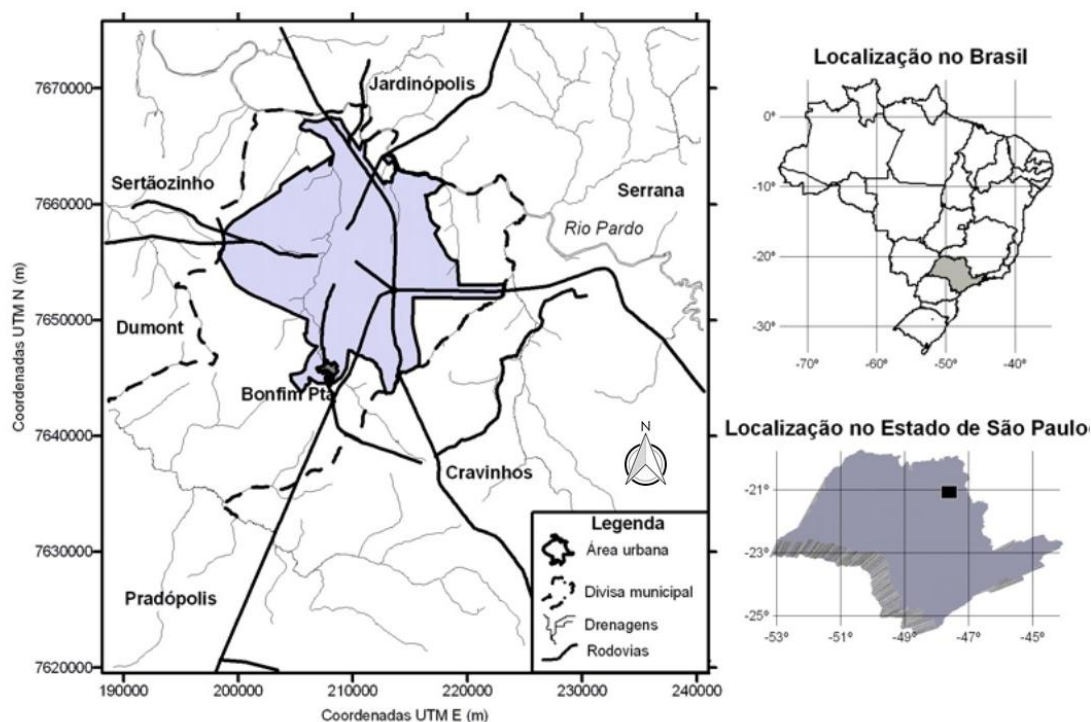
Nas últimas décadas, o adensamento populacional reforçou essa tendência. Nos últimos 25 anos, a densidade demográfica aumentou aproximadamente 180%. Em 1980, o município registrava 302 habitantes por km<sup>2</sup>, valor que atingiu 847 habitantes por km<sup>2</sup> em 2005, colocando Ribeirão Preto entre os dez municípios paulistas mais densamente povoados — atrás apenas de Santos — e superando cidades como Franca, Araraquara, São Carlos, Santo André, Guarulhos e até mesmo São Paulo. Esse expressivo crescimento demográfico e territorial ampliou a pressão sobre a infraestrutura urbana, especialmente sobre os sistemas de drenagem, já deficitários (Maia, 2007).

Atualmente, Ribeirão Preto possui população estimada em 728 mil habitantes (IBGE, 2025) e consolida-se como um dos principais polos urbanos e econômicos do interior paulista. Embora sua formação histórica esteja fortemente associada à economia cafeeira, nas últimas décadas o município diversificou seu perfil produtivo e, desde 2010, destaca-se nos setores de saúde, biotecnologia, bioenergia e tecnologia da informação. Além disso, exerce papel político estratégico como sede da mais recente Região Metropolitana do Estado de São Paulo (Governo Do Estado de São Paulo, 2024). Em termos econômicos, ocupa a 29ª posição no ranking nacional do PIB (IBGE, 2025), evidenciando sua relevância regional e nacional.

Sua localização estratégica — próxima aos centros metropolitanos de São Paulo e Campinas — favorece o intercâmbio regional e nacional, apoiado por um sistema logístico robusto composto pelas rodovias Anhanguera e Imigrantes, pela linha férrea administrada pela ALL e pelo Aeroporto Doutor Leite Lopes, que amplia a conectividade territorial (Prefeitura de Ribeirão Preto, 2022).

O território municipal possui área aproximada de 287.557 hectares, delimitado entre as coordenadas 7675764N–7619488S de latitude e 240941W–188060E de longitude, conforme a quadrícula geográfica oficial (Figura 14). Ribeirão Preto faz divisa com Altinópolis, Barrinha, Batatais, Brodowski, Cravinhos, Dumont, Guataporã, Jardinópolis, Luís Antônio, Pontal, Pradópolis, Santa Cruz da Esperança, São Simão, Serra Azul, Serrana e Sertãozinho (IBGE, 2023). Esses limites territoriais e características geomorfológicas condicionam tanto sua dinâmica de expansão urbana quanto os processos hidrológicos associados, constituindo elementos essenciais para o diagnóstico da drenagem urbana e para a proposição de soluções de infraestrutura sustentável.

**Figura 14** - Mapa de localização da região metropolitana do município de Ribeirão Preto, com delimitação da área urbana



Fonte: Silva *et al.* (2008).

Atualmente, o município apresenta urbanização praticamente total e alta densidade demográfica

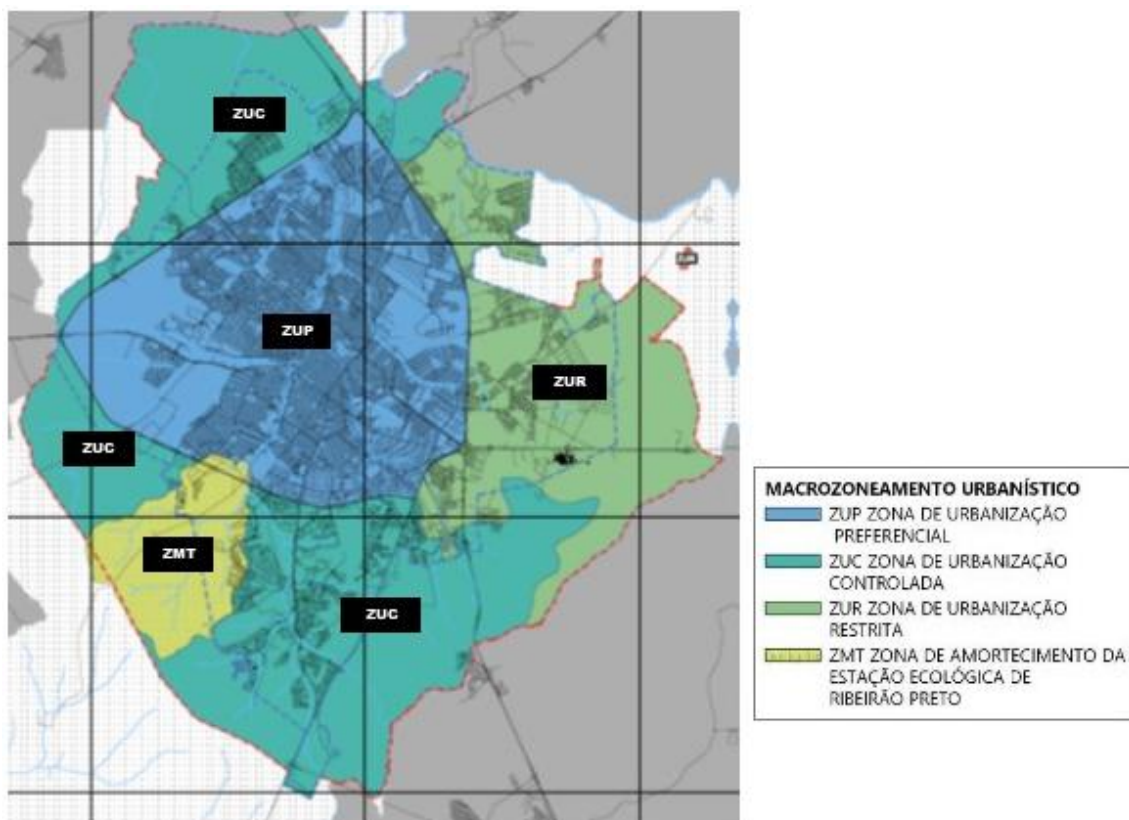
Diante do crescimento urbano e da crescente demanda por infraestrutura qualificada, o município tem buscado atualizações no seu planejamento territorial. O Plano Diretor de 2018 (Lei Complementar nº 2.866/2018), juntamente com a revisão da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS) em 2022, incorporou diretrizes para o município e propôs avanços voltados ao desenvolvimento sustentável. Conforme indicado na página 6 do Art. 152 da L.C. nº 501/1995, o principal objetivo dessas normas é organizar e formalizar a legislação municipal sobre o uso e ocupação do solo, garantindo segurança jurídica e planejamento urbano eficiente.

Com a Lei de Macrozoneamento do Plano Diretor foi possível delimitar áreas que caracterizam a preservação e expansão territorial classificando-as em diferentes zoneamentos orientando o uso e ocupação do solo, buscando o equilíbrio da expansão urbana e proteção ambiental (Figura 15). São elas:

- ZUP- Zona de Urbanização Preferencial – área central;
- ZUC – Zona de Urbanização Controlada - áreas norte, sul e oeste;
- ZUR – Zona de Urbanização Restrita – área Leste, zona de recarga do Aquífero Guarani;

- ZMT – Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto – área sudoeste, onde localiza-se a Mata de Santa Tereza.

**Figura 15** - Mapa do Macrozoneamento Urbanístico de Ribeirão Preto



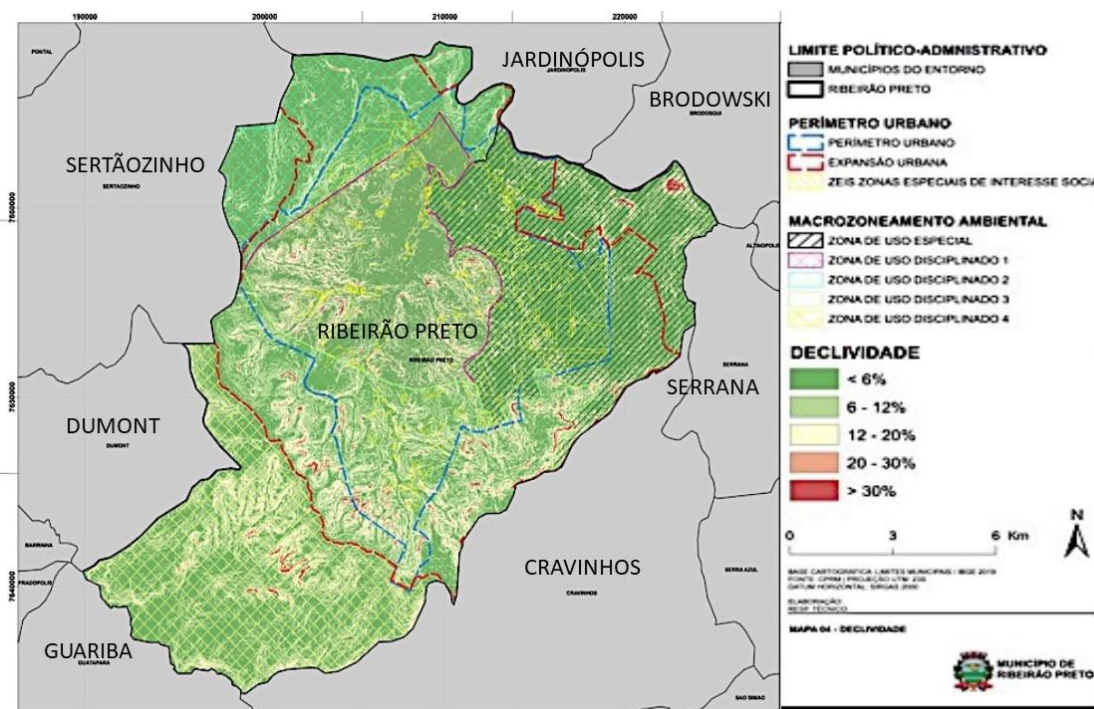
Fonte: Adaptado de Lpuos (2022).

### 6.1.2. Relevo e Geologia

O relevo do município é predominantemente ondulado, com morros de topo subaplainado ou arredondado, colinas amplas e baixas, e topos tabulares que, em alguns trechos, ultrapassam 3.000 metros de comprimento, apresentando declividades entre 3% e 10%. Nesses formatos, há ocorrência de solos rasos nas bordas (Figura 16) (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019).

A configuração geomorfológica direciona o escoamento superficial para os fundos de vale onde se encontram os principais córregos urbanos, intensificando a concentração de fluxos durante eventos pluviométricos. A conjugação entre topografia convergente, ocupação densa das áreas de várzea e substituição de superfícies permeáveis por pavimentos impermeáveis favorece a geração rápida de escoamento superficial e picos de vazão (Maia, 2007).

**Figura 16 - Carta de Classes de Relevo, Declividade e zoneamento ambiental**



Fonte: Adaptada pela autora de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2019).

A ocupação do solo, conforme proposta na Lei de Macrozoneamento, busca aproveitar de forma estratégica a distribuição do território, estabelecendo regras para loteamentos, condomínios e conjuntos habitacionais, ao mesmo tempo em que assegura a preservação das áreas ecológicas (Prefeitura de Ribeirão Preto, 2022).

A delimitação entre as bacias hidrográficas dos rios Pardo, ao norte, e Mogi-Guaçu, ao sul, configura um divisor natural com orientação noroeste-sudeste, localizado entre os municípios de Dumont e Cravinhos. Essa feição geomorfológica tem servido como referência para a expansão urbana de Ribeirão Preto, favorecendo o aproveitamento da declividade da bacia do rio Pardo para o esgotamento sanitário por gravidade – divisa com Jardinópolis e Brodowski. No setor sudeste, que inclui o distrito de Bonfim Paulista e áreas de expansão urbana próximas a Cravinhos, encontra-se relevo acentuado, com altitude máxima de 900 metros. Já no setor leste, a área apresenta uso restrito por se tratar de zona de recarga e afloramento do Aquífero Guarani. Essas características altimétricas influenciam os fluxos hídricos superficiais e subterrâneos, impactando diretamente o planejamento urbano e a implantação da infraestrutura de saneamento (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2022).

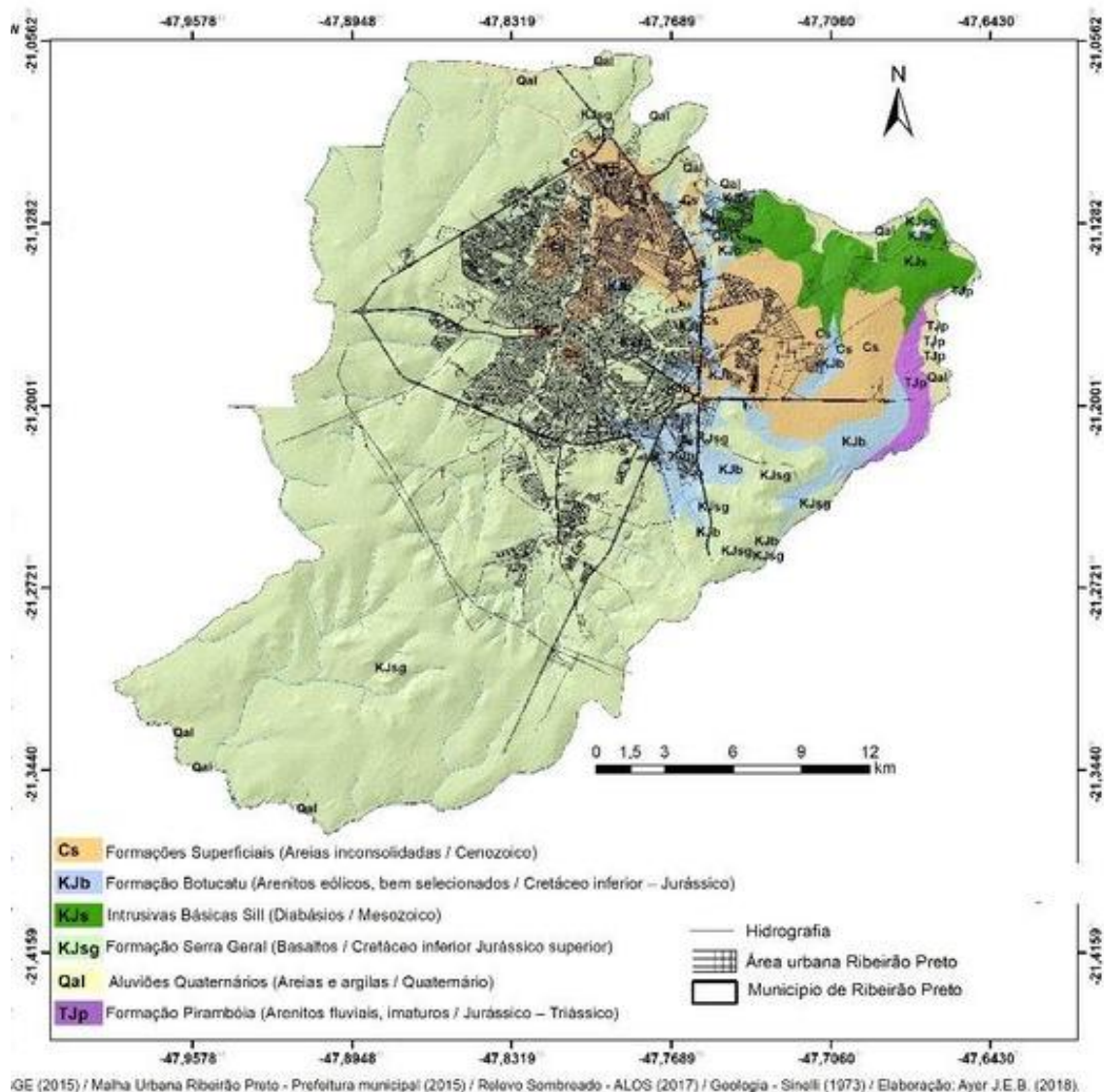
Ribeirão Preto está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, cuja estratigrafia inclui as formações Serra Geral, Botucatu e Pirambóia, unidades fundamentais para a compreensão dos

processos geológicos e hidrogeológicos locais, especialmente no que se refere à dinâmica de recarga do Aquífero Guarani (Silva *et al.*, 2008; Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019).

A Formação Serra Geral, de origem vulcânica, é constituída por derrames basálticos resultantes de magmatismo fissural do Cretáceo. Em Ribeirão Preto, sua espessura pode atingir até 65 metros, sendo importante para a recarga do Aquífero Guarani em áreas de maior altitude, uma vez que suas fraturas e zonas alteradas permitem a percolação da água. Já a Formação Botucatu, de origem eólica, apresenta arenitos finos a médios, com alta porosidade e permeabilidade, sendo o principal reservatório do aquífero. No município, essa unidade possui espessura inferior a 80 metros, com teores de silte e argila inferiores a 10%, favorecendo elevada capacidade de armazenamento e transmissão de água subterrânea. A Formação Pirambóia, de origem fluvial, caracteriza-se por arenitos intercalados com siltitos e folhelhos, com teores de silte e argila em torno de 20%, reduzindo parcialmente sua permeabilidade. Estratigraficamente posicionada abaixo da Formação Botucatu, atua como unidade aquífera de menor produtividade, mas ainda relevante para o fluxo regional. A compreensão integrada dessas formações é essencial para estratégias de gestão sustentável do Aquífero Guarani, sobretudo em áreas urbanizadas, onde a impermeabilização do solo aumenta a pressão sobre os recursos hídricos (Figura 17) (Silva *et al.*, 2008).



**Figura 17** - Relevo e Geologia do município com a localização Serra Geral, Botucatu e Piramboia



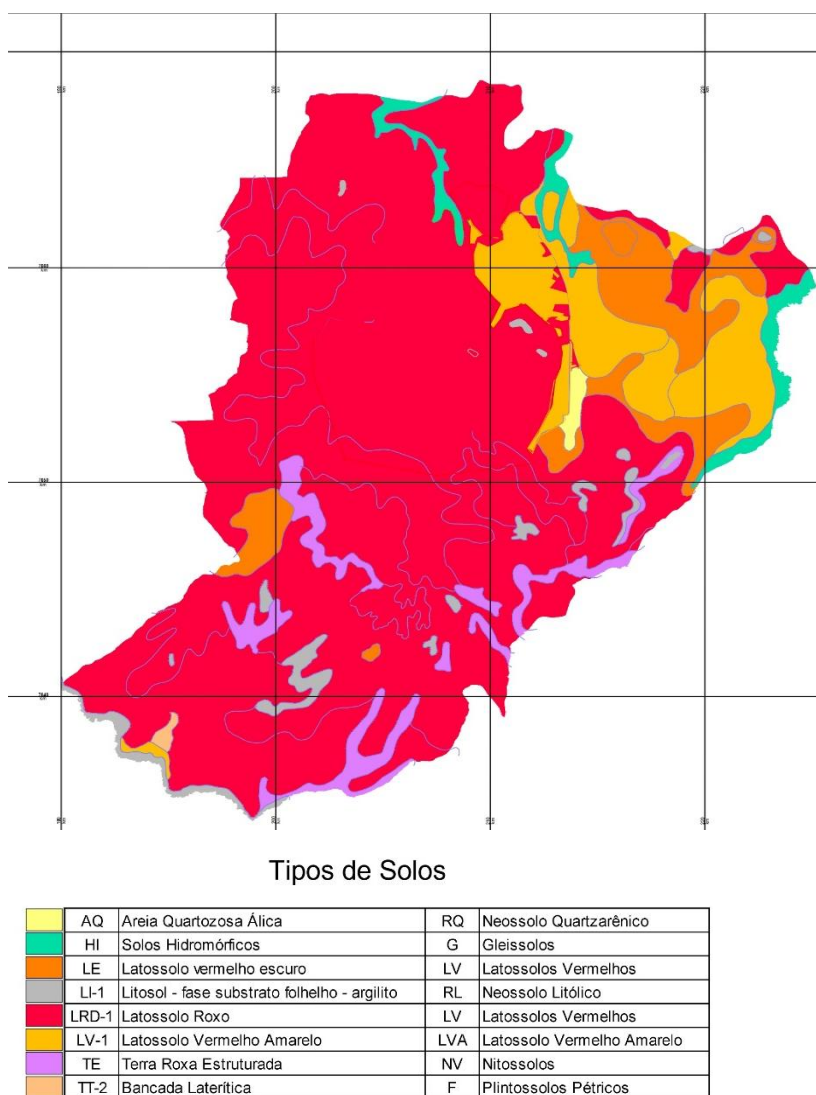
Fonte: Mincato; Enzweiler; Schrank (2003).

Do ponto de vista pedológico, Ribeirão Preto apresenta solos formados principalmente pelo intemperismo de rochas basálticas e areníticas. A maior parte do município (cerca de 73%) é composta por Latossolos Roxos, seguidos por Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo (17%). Em menor proporção aparecem Solos Litólicos, Hidromórficos, além de Neossolos e Nitossolos Vermelhos (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019).

Os Latossolos, predominantes na região, são profundos, bem drenados e relativamente estáveis, embora tenham baixa fertilidade natural. Os Latossolos Vermelho-Amarelos apresentam maior permeabilidade e menor retenção de água, sendo mais vulneráveis à erosão e a períodos de estiagem. Já os Neossolos são solos jovens, rasos ou muito arenosos, com baixa capacidade de armazenamento hídrico, enquanto os Nitossolos Vermelhos possuem boa

drenagem e retenção equilibrada de água, favorecendo o uso agrícola. Solos Litólicos e Quartzarênicos, por sua fragilidade, exigem maior proteção da vegetação nativa (Figura 18) (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019).

**Figura 18** - Mapa Pedológico de Ribeirão Preto



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2019).

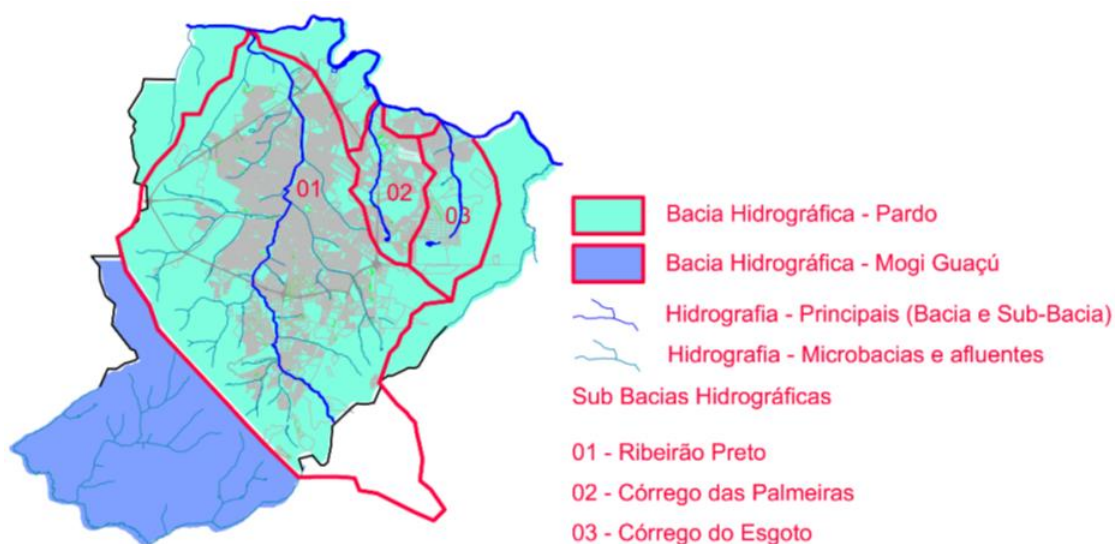
### 6.1.3. Recursos hídricos

O perímetro urbano de Ribeirão Preto encontra-se delimitado por dois divisores de águas: ao norte, pelo Rio Pardo, e, ao sul, pelo Rio Mogi-Guaçu. O município utiliza a bacia do Rio Pardo para o esgotamento sanitário por declividade, enquanto a região sudoeste concentra os principais eixos de expansão urbana. A maior parte da bacia hidrográfica do Rio Pardo situa-se no território municipal, sendo que uma porção menor se encontra vinculada à bacia do Rio

Mogi-Guaçu, por meio do Rio das Onças, no quadrilátero com direção noroeste-sudeste (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2022).

Além das bacias hidrográficas principais, o território municipal subdivide-se em sub-bacias e microbacias que contribuem para o Rio Pardo. Entre as sub-bacias de maior relevância destacam-se a do Ribeirão Preto, que atravessa a cidade no sentido norte-sul, e as dos córregos Palmeiras e Esgoto, além de diversas microbacias, no sentido do montante para a jusante: em sua margem direita, os córregos Limeira, Retiro Saudoso e Tanquinho, e em sua margem esquerda os córregos Serraria, Laureano e córrego dos Campos (Figura 19) (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019).

**Figura 19** - Delimitação das Bacias e Sub-bacias de maior representatividade do Município



Fonte: Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2022).

A região sul do município apresenta a maior concentração de nascentes, exigindo maior atenção quanto ao uso e ocupação do solo. Na porção leste do território, ocorre o afloramento do Aquífero Guarani, configurando-se como importante área de recarga natural (Prefeitura Municipal De Ribeirão Preto, 2022).

O mapeamento dessas unidades hidrográficas é essencial para o planejamento urbano, fornecendo subsídios técnicos e respaldo legal para a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo. Esse processo possibilita a definição de diretrizes para a expansão municipal, conciliando o desenvolvimento urbano com a conservação dos recursos naturais, especialmente das zonas de recarga do Aquífero Guarani localizadas na região noroeste do município (Prefeitura Municipal De Ribeirão Preto, 2022).

#### 6.1.3.1. Aquífero Guarani e Sistema de Abastecimento

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é reconhecido como um dos maiores reservatórios de água doce subterrânea do planeta, abrangendo cerca de 1,2 milhão de km<sup>2</sup> distribuídos entre Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (Figura 20). A maior porção localiza-se em território brasileiro, representando aproximadamente dois terços de sua área total, distribuída pelos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo, sendo que 60% de sua extensão está em território paulista (Silva *et al.*, 2008).

**Figura 20** - A área azul indica a extensão total do SAG na América do Sul



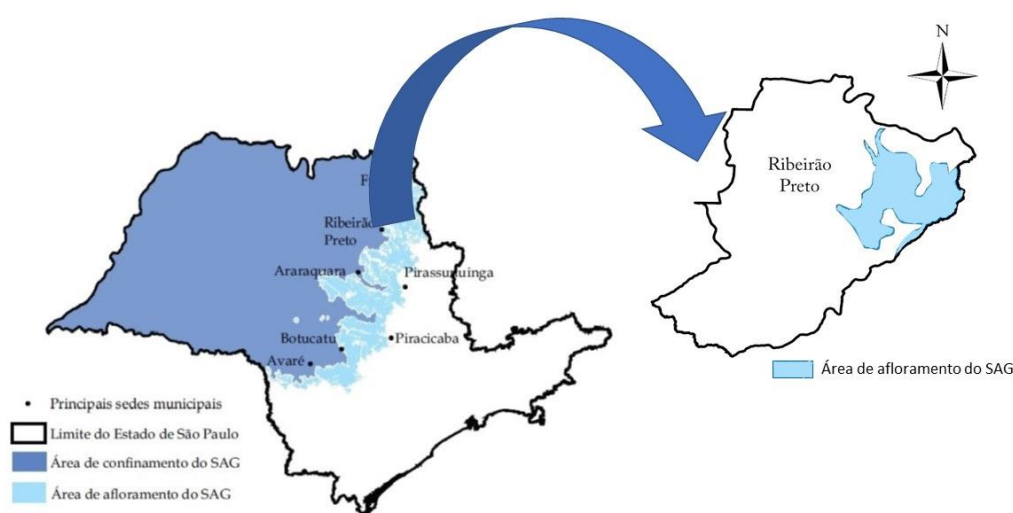
Fonte: Cetesb (2025).

Sua constituição geológica é formada predominantemente pelos arenitos das Formações Pirambóia e Botucatu, caracterizados por alta porosidade e permeabilidade, condições que favorecem a recarga e a exploração de água subterrânea. Em Ribeirão Preto, a espessura do

SAG pode atingir até 450 metros nas áreas centrais da Bacia do Paraná, apresentando variações em função da presença dos derrames basálticos da Formação Serra Geral (Silva *et al.*, 2008).

O município localiza-se em uma zona de afloramento do aquífero, favorecendo a recarga direta, embora nas áreas recobertas por basaltos a infiltração ocorra de forma mais restrita, predominantemente por fraturas e falhas geológicas (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2022). O fluxo subterrâneo predominante segue para oeste, com significativa drenagem para cursos d'água superficiais já na zona de recarga, evidenciando a forte conexão entre águas subterrâneas e superficiais, aspecto fundamental para o equilíbrio hidrológico regional e para a manutenção da disponibilidade hídrica em períodos de estiagem (Figura 21) (Silva *et al.*, 2008).

**Figura 21** - Áreas de confinamento e afloramento do SAG no estado de São Paulo e afloramento na cidade de Ribeirão Preto, SP



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2022).

O abastecimento público proveniente do SAG é de 100%, possuindo 120 poços profundos com vazão de 21m<sup>3</sup>/h a 250m<sup>3</sup>/h, a aproximadamente 200 metros de profundidade, com a produção anual de 127.877.539m<sup>3</sup>/ano (Daerp, 2022). Esse crescimento expressivo de exploração resultou no rebaixamento do nível potenciométrico, provocado pela interferência entre poços e pela ausência de planejamento adequado na sua locação (Silva *et al.*, 2008).

Os primeiros estudos hidrogeológicos do SAG na região de Ribeirão Preto foram realizados na década de 1970, com o objetivo de caracterizar suas propriedades hidrogeológicas e estruturais. Identificou-se, nesse período, uma depressão topográfica na área urbana, atribuída à atuação de tectônica rígida. Paralelamente, o Departamento de Águas e Energia Elétrica



(DAEE) constatou que, apesar das variações granulométricas entre as Formações Pirambóia e Botucatu, ambas apresentam elevada porosidade e permeabilidade, favorecendo a recarga e a exploração do aquífero (Silva *et al.*, 2008; DAEE, 1980).

Segundo o DAERP (2022), o município de Ribeirão Preto está assentado sobre o Aquífero Guarani, onde o manancial na zona leste é aflorante, enquanto em outras regiões encontra-se sob a camada de basalto, mas em pouca profundidade, chegando até 250 metros. Entretanto, a partir dos anos 2000, observou-se rebaixamento significativo do nível do aquífero devido à extração intensiva e desordenada, o que comprometeu a produtividade dos poços (Silva *et al.*, 2008).

A Formação Serra Geral, pela sua composição basáltica, desempenha papel fundamental não apenas na proteção, mas também na recarga indireta do Aquífero Guarani, atuando como cobertura menos permeável que controla o fluxo vertical da água até os arenitos subjacentes. Já as Formações Botucatu e Pirambóia, por sua elevada porosidade e permeabilidade, configuram-se como aquíferos livres a semiconfinados, dependendo da espessura e continuidade das camadas basálticas sobrepostas. Essa configuração hidrogeológica favorece a elevada capacidade de armazenamento e circulação da água subterrânea, sendo determinante para o abastecimento público e para atividades agroindustriais na região. Contudo, a mesma característica que potencializa a produtividade hídrica também torna o sistema mais vulnerável à contaminação difusa e pontual, sobretudo em áreas urbanizadas e de intensa atividade agrícola (Silva *et al.*, 2008; Rebouças, 2017).

O DAERP está elaborando um estudo preliminar, visando a implantação de uma Estação de Tratamento de Água proveniente do Rio Pardo (rio de classificação 2) para fornecer o abastecimento de água, uma preventiva da ANA para exploração deste manancial, que em conjunção poderá ofertar água suficiente para garantir o desenvolvimento socioeconômico e de crescimento populacional com relativa folga ao longo do planejamento urbano sustentável (Daerp, 2022).

O contexto físico-natural de Ribeirão Preto, composto pela geologia da Bacia Sedimentar do Paraná e pela diversidade de solos predominantes, exerce influência direta sobre a dinâmica hídrica urbana e fundamenta a adoção de soluções baseadas na natureza. As formações Serra Geral, Botucatu e Pirambóia determinam a capacidade de infiltração, armazenamento e recarga do Aquífero Guarani, sendo a Serra Geral fraturada favorável à percolação, a Botucatu altamente permeável e a Pirambóia menos produtiva, mas ainda relevante para o fluxo regional (Silva *et al.*, 2008; Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019). Os solos, predominantemente Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, juntamente

com Neossolos e Nitossolos, apresentam variações de textura, profundidade e capacidade de retenção hídrica que condicionam a quantidade de água absorvida localmente e o volume de escoamento superficial (Oliveira; Prado, 1983; Embrapa, 2006). Essa interação entre geologia, solos e hidrologia evidencia áreas mais vulneráveis a alagamentos, erosão e assoreamento, tornando evidente a necessidade de intervenções urbanas estratégicas para aumentar a infiltração local, reduzir o escoamento superficial, contribuir para a recarga do aquífero e mitigar os impactos das enchentes urbanas, integrando eficiência hidráulica, proteção ambiental e resiliência urbana.

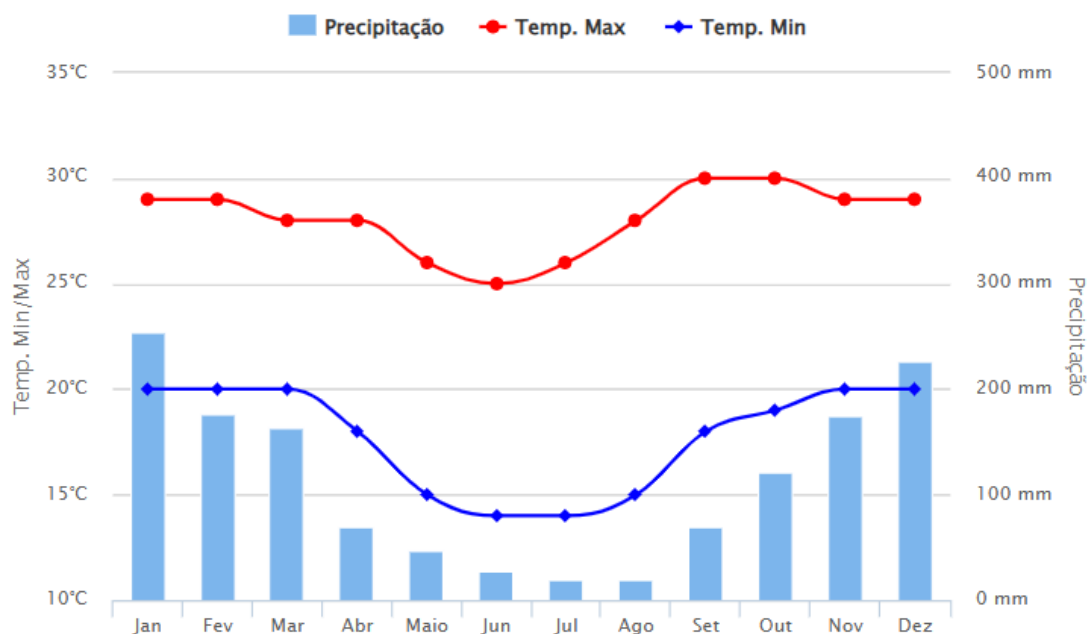
#### 6.1.4. Clima

A compreensão do regime climático e da variabilidade meteorológica de Ribeirão Preto constitui etapa fundamental para estudos de drenagem urbana e avaliação de riscos hidrológicos. O município apresenta clima tropical do tipo savana, marcado por forte sazonalidade, com verão chuvoso e inverno seco, característica diretamente associada aos processos de geração de escoamento superficial e à ocorrência de eventos extremos de precipitação. As temperaturas médias anuais variam entre 19 °C no inverno e 25 °C no verão, enquanto a precipitação anual atinge cerca de 1.426,8 mm, com umidade relativa próxima de 71% (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019). Esse padrão climático influencia diretamente os processos de geração de escoamento superficial e a ocorrência de eventos extremos de chuva.

O regime sazonal de precipitação é bastante definido: dezembro e janeiro concentram os maiores acumulados, próximos de 260 mm/mês, enquanto os meses de

julho e agosto apresentam valores mínimos, cerca de 20 mm/mês (Climatempo, 2025). A Figura 22, apresenta as precipitações mensais em azul claro as temperaturas máximas em vermelho e mínimas em azul escuro. O gráfico evidencia de forma clara a transição entre o período quente e úmido do verão e o período seco do inverno. Em 2024, por exemplo, o menor volume mensal foi registrado em julho (21 mm), enquanto janeiro apresentou 256 mm, reforçando o contraste pluviométrico típico do clima regional.

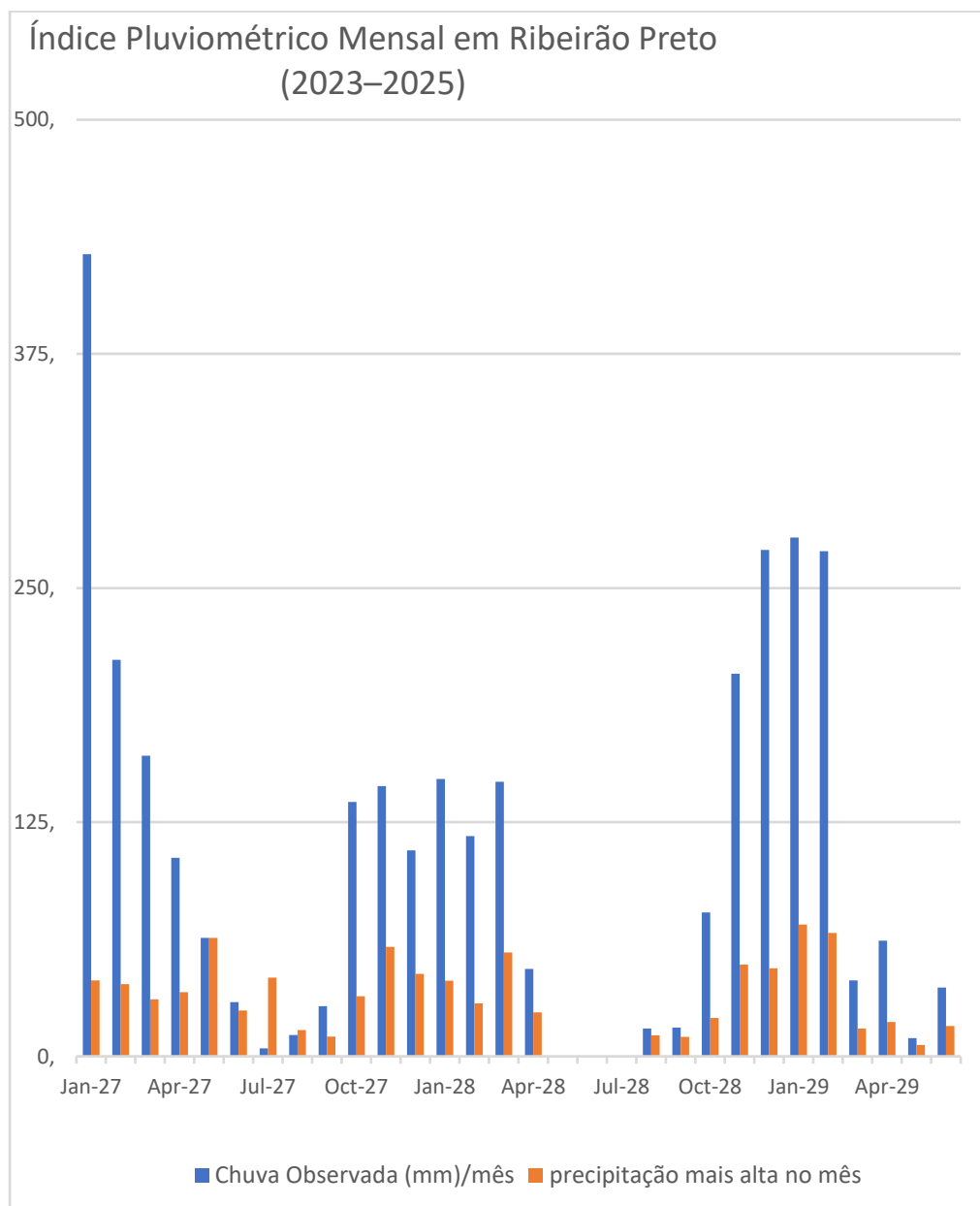
**Figura 22** - Médias mensais de temperatura e precipitação em Ribeirão Preto, evidenciando o regime climático ao longo do ano



Fonte: Climatempo (2025).

Complementarmente, a análise do Índice Pluviométrico Mensal entre janeiro de 2023 e junho de 2025 (Figura 23), obtida a partir de dados da Somar Meteorologia (2025), ilustra a distribuição intra-anual das chuvas e a intensidade dos eventos. Observa-se que janeiro de 2023 registrou o maior volume do período, ultrapassando 420 mm/mês, enquanto os meses de inverno de 2023 e 2024 apresentaram acumulados inferiores a 20 mm/mês. Nos anos seguintes, os picos pluviométricos voltam a se concentrar no verão, com destaque para dezembro de 2024 e janeiro de 2025, ambos superiores a 260 mm/mês.



**Figura 23** - Índice pluviométrico mensal em Ribeirão Preto (Jan. 2023 a jun. 2025)

Fonte: Elaborado pela autora com dados do Somar Meteorologia (2025).

A relação entre o volume mensal e a maior chuva diária — representada pela distância entre as barras de chuva total e de chuva máxima diária nos gráficos — permite inferir a distribuição temporal dos eventos. Diferenças reduzidas indicam precipitações concentradas em poucos episódios intensos, enquanto diferenças maiores sugerem precipitações distribuídas ao longo do mês. Essa distinção é essencial para a avaliação de risco, uma vez que eventos concentrados tendem a produzir picos de vazão elevados e maior sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana.

O Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PCDC, 2022) contribui para esse entendimento ao classificar a intensidade das chuvas segundo acumulados em 24 horas (Tabela 3), fornecendo parâmetros técnicos para análise de risco, emissão de alertas e planejamento de ações emergenciais. Essa classificação também orienta o dimensionamento de soluções de drenagem sustentável, como jardins de chuva, bacias de retenção e outras Sbn.

A integração entre dados meteorológicos provenientes de plataformas especializadas (Climatempo, Somar Meteorologia e Climate-Data) e as análises sistematizadas pela autora permite uma leitura mais precisa do comportamento climático local. Essa abordagem fortalece a interpretação dos regimes hidrológicos e fornece suporte robusto ao planejamento urbano, em especial no dimensionamento de estruturas de manejo sustentável das águas pluviais.

Sob a perspectiva hidrológica, a forte sazonalidade das chuvas e a elevada variabilidade de eventos intensos apresentam desafios significativos para Ribeirão Preto, uma vez que precipitações de alta intensidade sobre áreas densamente urbanizadas geram respostas hidrológicas rápidas e grandes volumes de escoamento em curto intervalo de tempo. Tais fatores, associados à topografia convergente e à morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, intensificam picos de vazão e contribuem para a sobrecarga da infraestrutura de drenagem existente (Maia, 2007).

A recorrência histórica de inundações no município confirma a interação entre esses condicionantes climáticos e os padrões de urbanização. Segundo Maia, 2007, entre 1990 e 2007, foram registradas diversas enchentes, especialmente na região central e em bairros situados ao longo dos córregos Ribeirão Preto e Retiro Saudoso, como Vila Virgínia, Vila Tibério e Campos Elíseos. Essas áreas apresentam características geomorfológicas — como baixa altitude relativa e declividades acentuadas do entorno — combinadas à alta impermeabilização, que ampliam a produção de escoamento superficial. Análises pluviométricas feitas por Maia, 2007 intraurbanas de 2006–2007 mostram variações expressivas nas chuvas, com volumes entre 300 mm e 500 mm em curtos intervalos, aumentando a pressão sobre o sistema de drenagem. Importante destacar que tais eventos não se relacionam exclusivamente a anos excepcionalmente chuvosos ou secos, indicando que as causas principais residem nas fragilidades estruturais do sistema urbano, como a ocupação de áreas suscetíveis, a insuficiência das redes convencionais e a ausência de medidas sistemáticas de controle na fonte (Maia, 2007).

A diferença entre o acumulado mensal e a maior precipitação diária — representada graficamente pela distância entre as barras azuis (chuva total) e laranjas (chuva máxima diária) — indica a distribuição temporal dos eventos. Diferenças pequenas apontam chuvas concentradas em poucos episódios, enquanto diferenças maiores sugerem chuvas distribuídas

ao longo do mês. Essa distinção é essencial para avaliar a suscetibilidade a alagamentos, dado que eventos concentrados tendem a gerar maior pico de vazão e sobrecarregar a drenagem urbana.

Adicionalmente, o Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PCDC, 2022) classifica a intensidade das chuvas conforme seus valores acumulados em 24 horas (Tabela 3), fornecendo parâmetros oficiais para análise de risco, acionamento de alertas e planejamento de respostas emergenciais. Este mesmo parâmetro é utilizado pelo Governo do Estado do Paraná, 2025. Observa-se, em reportagens recentes, que os volumes de precipitação — especialmente durante o mês de janeiro — apresentaram índices elevados, superiores à média histórica, ficando claro a defasagem deste gráfico.

**Tabela 3** - Classificação das chuvas segundo intensidade e correspondentes índices pluviométricos (mm) - (Inmet)

<b>Intensidade / Aviso</b>	<b>Critério (mm ou mm/h)</b>	<b>Descrição</b>
<b>Chuvisco</b>	0,1 mm	Precipitação muito leve.
<b>Chuva fraca</b>	0,2 a 9,9 mm/h	Baixa intensidade.
<b>Chuva moderada</b>	10 a 19 mm/h	Intensidade intermediária.
<b>Chuva forte</b>	20 a 60 mm/h	Precipitação intensa, podendo causar alagamentos.
<b>Aviso Amarelo (Perigo Potencial)</b>	20 a 30 mm/h ou 50 mm em 24h	Condição de atenção.
<b>Aviso Laranja (Perigo)</b>	30 a 60 mm/h ou 50 a 100 mm em 24h	Risco moderado a alto.
<b>Aviso Vermelho (Grande Perigo)</b>	> 100 mm em 24h	Alto risco de alagamentos, enxurradas e deslizamentos.

Fonte: Oliveira (2021).

Nesse contexto, destaca-se a importância tanto dos dados meteorológicos provenientes de plataformas especializadas (como Climatempo, Somar Meteorologia e Climate-Data), quanto das análises realizadas pela própria autora, que permitem a validação e o refinamento da interpretação dos regimes hidrológicos locais. A integração dessas fontes possibilita uma leitura mais precisa da variabilidade climática, oferecendo suporte robusto ao planejamento urbano, à avaliação de extremos hidrometeorológicos e ao dimensionamento de soluções sustentáveis de drenagem para Ribeirão Preto.

Ao longo dos anos, Ribeirão Preto apresentou elevada vulnerabilidade a precipitações intensas, resultando em alagamentos significativos em áreas centrais da cidade.

Para enfrentar esse problema, o município recebeu recursos do Governo Federal por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2), destinados à execução de obras antienchentes. Entre 2010 e 2013, foram realizadas canalizações, construção de barragens e alargamento do córrego Ribeirão Preto, especialmente em regiões da “baixada” no centro urbano, historicamente mais afetadas pelas inundações (PCDC, 2022). As melhorias são evidenciadas na comparação entre a situação anterior e posterior às intervenções, como mostram as figuras 24 e 25. A Figura 24 apresenta uma inundação na Avenida Jerônimo Gonçalves antes das obras, enquanto a Figura 25 ilustra a mesma avenida após a implementação das medidas de controle de enchentes.

**Figura 24** - Inundação na Avenida Jerônimo Gonçalves em Ribeirão Preto antes do programa antienchente – SP



Fonte: PCDC (2022).

**Figura 25** - Avenida Jerônimo Gonçalves após a realização das obras de combate às enchentes (2010)



Fonte: PCDC (2022).

O Plano de Contingência, embora tenha sido uma solução viável em períodos anteriores, tornou-se insuficiente frente ao aumento dos alagamentos nos últimos anos, resultado da expansão urbana acelerada e do comprometimento dos sistemas de drenagem existentes. Diversas áreas do município apresentam problemas recorrentes devido a chuvas intensas e à deficiência na drenagem pluvial, elevando significativamente o risco de inundações tanto em zonas urbanas quanto rurais durante a estação chuvosa (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024b).

O Plano de Saneamento Básico de Ribeirão Preto (2024) atualiza o Plano Municipal de 2016, prevendo projetos de macrodrenagem, incluindo barragens e canais a serem implementados conforme ordem de prioridade. No âmbito da microdrenagem, destinada ao escoamento das águas pluviais e à redução da poluição nos corpos d'água, o projeto propõe soluções por meio da implantação de sistemas de retenção e canalizações para amenizar os impactos das chuvas intensas (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024b).

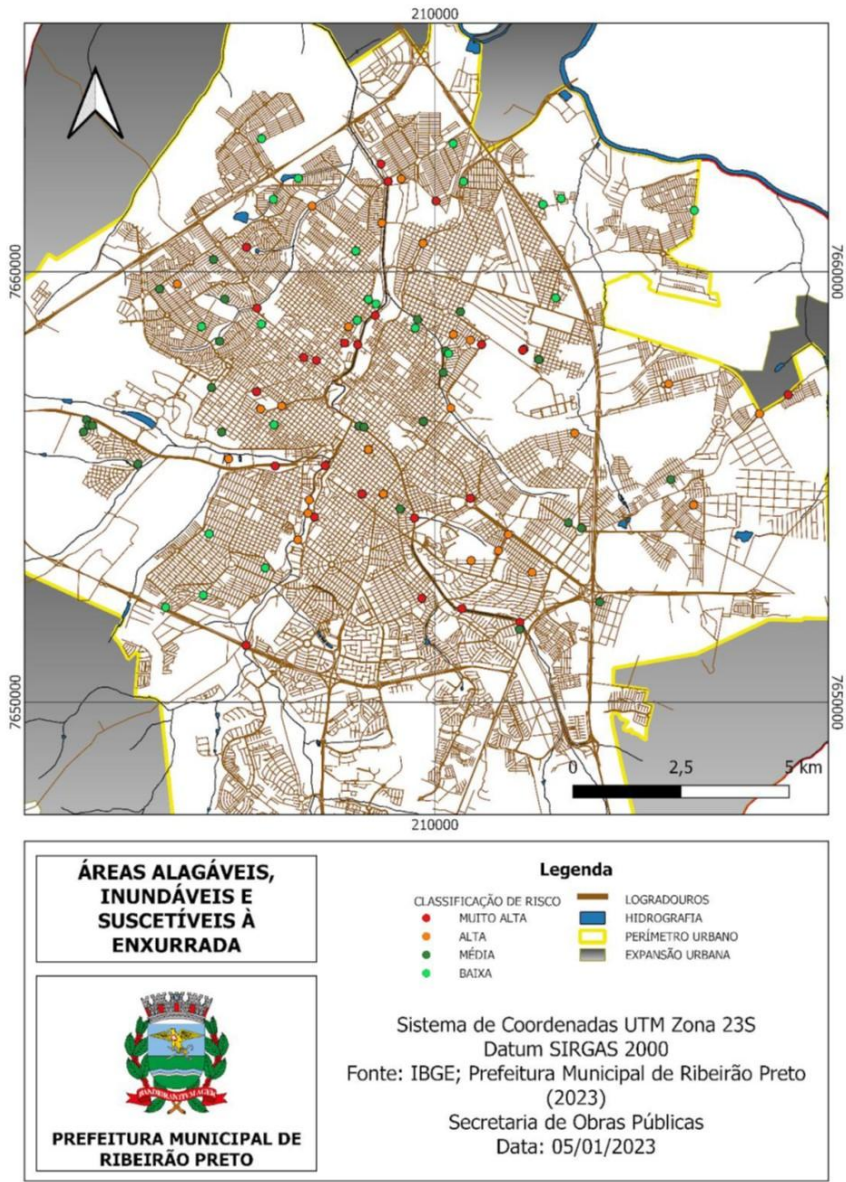
#### 6.1.5. Levantamento dos pontos críticos de alagamento em Ribeirão Preto

O Departamento de Drenagem Urbana de Ribeirão Preto, com base em dados da Defesa Civil, identificou 100 pontos de alagamento no município nos últimos anos (Figura 26). A



maioria concentra-se nas proximidades dos principais cursos d’água, o Ribeirão Preto e o Córrego Retiro Saudoso, que atravessam áreas densamente urbanizadas e historicamente vulneráveis (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024b).

**Figura 26** - Mapa dos pontos de alagamentos e classificação das áreas conforme o grau de criticidade do município de Ribeirão Preto



Fonte: Adaptada de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2019).

A Tabela 4 lista os principais locais sujeitos a alagamentos, inundações e enxurradas, ordenados segundo prioridade de intervenção, periculosidade e relevância populacional. As

ocorrências foram classificadas em quatro categorias: 01–26 como prioridade “muito alta”; 27–50, “alta”; 51–75, “média”; e 76–100, “baixa” (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024b).

**Tabela 4** - Áreas alagáveis, inundáveis e suscetíveis à enxurrada (organizada e numerada pelo grau de risco)

Nº	LOCAL / PONTO	OCORRÊNCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
01	Comunidade Florida Paulista / Rotatória Rua Uruguai x Rua Peru	Inundação/alagamento	-21.154814, - 47.772580
02	Comunidade da Locomotiva	inundação / alagamento	-21.155053, - 47.772875
03	Av. Cavalheiro Paschoal Inecchi (imediações do Quartel da Polícia Militar)	alagamento	-21.153732, - 47.782025
04	Córrego Campos x Av. Luís Galvão César X Maria Tereza Braga Cerri	inundação /alagamento	-21.145277, - 47.831900
05	Rua Garibaldi X Hospital São Francisco	enxurrada / alagamento	-21.184599, - 47.809250
06	Marginal da Av. Bandeirantes - Frente ao Banco de Alimentos	alagamento	-21.178391, - 47.828499
07	Avenida Caramuru X Rua Cairú	inundação / alagamento	-21.189272, - 47.819901
08	Imediações do Centro Universitário Estácio/COC X Av. Maurílio Biagi	inundação / alagamento	-21.208987, - 47.787434
09	Rua Guataparã (imediações da Câmara Municipal)	inundação /alagamento	-21.178499, - 47.817336
10	Extensão: Rua Pernambuco e Rua Dom Pedro II X Av. Eduardo Andréa Matarazzo	inundação	-21.153306, - 47.809611
11	Rua Emigdio Rosseto X Rua Vicente José dos Reis X EMEF Geralda de S. Espin	enxurrada /alagamento	-21.208987, - 47.787434
12	Rua Comte. Marcondes Salgado, São Jose x Rui Barbosa, Perpendiculares	enxurrada/ alagamento	-21.183015, - 47.809908
13	Rua Espírito Santo X Rua Pará X Av. Dom Pedro I	enxurrada /alagamento	-21.156416, - 47.818885

<b>Nº</b>	<b>LOCAL / PONTO</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>
14	Av. Leais Paulistas X Abrão Caixe X Eugênio Rocha Filho	alagamento	-21.206681, - 47.796348
15	Avenida Presidente Kennedy X Av. Maurílio Biagi	inundação /alagamento	-21.212066, - 47.774581
16	Rua Roberto Benedeti X Vanderlei Tafo	enxurrada / alagamento	-21.123485, - 47.791596
17	Rua Caravelas X Rua Pará	enxurrada	-21.152888, - 47.812555
18	Comunidade Via Norte	inundação /alagamento	-21.115521, - 47.803722
24	Córrego dos Catetos X Córrego Retiro Saudoso — Av. Maria de Jesus Condeixa X Av. Dr. Francisco Junqueira	inundação	-21.189812, - 47.797642
25	Av. Alfredo Ravanelli	alagamento	-21.165368,- 47.713876
26	Av. Adelmo Perdizxa x Anel Viário	alagamento	-21.215865, - 47.835660
27	Rua Aliados x Av. Eduardo Andréa Matarazzo	inundação / alagamento	-21.147244, - 47.805608
28	Rua José Buischi x Condomínio Rosa dos Ventos	alagamento	-21.152737, - 47.784498
29	Rua Alexandre Jose Barbosa Lima Sobrinho, 55	enxurrada/ alagamento	-21.139895,- 47.849581
30	Av. Meira Júnior X Av. Cav. Paschoal Inecchi	alagamento	-21.166895, - 47.789137
31	Av. Leão XIII x Córrego dos Catetos (imediações do Residencial Valparaíso)	alagamento	-21.196971, - 47.779055
32	Praça Rua Carlos Aprobato X Rua Monte Alegre	alagamento	-21.166433, - 47.831503
33	Av. Profa. Diná Rizzi	enxurrada / alagamento	-21.162644, - 47.740508
34	Comunidade da Reciclagem	alagamento	-21.118696, - 47.799266



Nº	LOCAL / PONTO	OCORRÊNCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
35	Av. Antônio Helena Zerrenner X Rua Paranapanema	enxurrada	-21.165876, - 47.826791
36	Rua Duque de Caxias X Rua Visconde Inhaúma	alagamento	-21.175325, - 47.807693
37	Rua Paranaguá, 367	enxurrada / alagamento	-21.149457,- 47.811574
38	Rua Clézio Neyder Lima, 20	enxurrada	-21.172657, - 47.761619
39	Av. Pio XII X Córrego Rib. Preto	alagamento	-21.193956, - 47.823740
40	Rua João Rossiti X Córrego Rib. Preto	inundação /alagamento	-21.188417, - 47.821369
41	Rua Humberto Botoso, 212	alagamento	-21.176743,- 47.838861
42	Rua Primo Tronco X Córrego Rib. Preto	alagamento	-21.185643, - 47.821025
43	Rua Joaquim Corrêa De Almeida x Rua Urandy Vieira de Souza Leite	enxurrada/alagamento	-21.188134, - 47.735417
44	Rua Argeu Fuliotto X Rua Ernesto Baroni	enxurrada /alagamento	-21.198957,- 47.785207
45	Av. Independência X Rua Prudente de Moraes	enxurrada/alagamento	-21.184661, - 47.804524
46	Alfredo Ravanelli x Lot. Ângelo Jurca X Lot. Parque das Gaivotas	alagamento	-21.169232, - 47.720367
47	Rua Afonso Taranto, 105	enxurrada/alagamento	-21.201624, - 47.771639
48	Rotatória Leão XIII X Av. Pres. Castelo Branco	alagamento	-21.193643, - 47.776825
49	Rua Coimbra X Av. Mal. Costa e Silva	alagamento	-21.132285, - 47.794692
50	Córrego Campos X Av. Presidente João Goulart	inundação	-21.124032, - 47.819245

Nº	LOCAL / PONTO	OCORRÊNCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
51	Rua Lasar Segall X Rua Guiana Frances	enxurrada / alagamento	-21.151507, - 47.788269
52	Joaquim Graton x Valentina Lanzone X Av. Eduardo Andréa Matarazzo	inundação /alagamento	-21.127861, - 47.803764
53	Rua Fioravante Ângelo - próximo a Ponte Paris	alagamento	-21.159470, - 47.790654
54	Rua João De Moura, 41	enxurrada /alagamento	-21.187838, - 47.800819
55	Rotatória Sir Winston Churchill X Antônio Gomes da Silva Jr.	alagamento	-21.192534, - 47.760498
56	Rua Albert Einstein, 68	enxurrada /alagamento	-21.171093, - 47.840277
57	Rua Heron Domingues X Alfredo Ravanelli X Pedro Barbieri	alagamento	-21.182680, - 47.740389
58	Rua Silvio Aoyama X Av. Luiz A. Gomes de Mattos	alagamento	-21.157057, - 47.769322
59	Rua Vicente Oranges e Paralelas X Av. José Gomes da Silva	enxurrada	-21.191373, - 47.763396
60	Rua Gerivá, 126	enxurrada / alagamento	-21.168019, - 47.870343
61	Rua Cajueiro	enxurrada / alagamento	-21.169172, -47.869877
62	Rua Mangabeira X Rua Gerivá	enxurrada / alagamento	-21.169243, -47.869031
63	Rua Gameleira	enxurrada / alagamento	-21.170525, -47.871034
64	Rua Luís Basso	enxurrada / alagamento	-21.177494, -47.859094
65	Avenida de acesso ao Bairro próximo ao Parque Ruben Cione	alagamento	-21.152060, -47.840363
66	Ruas Perpendiculares X Ernesto de Paula Veiga	enxurrada	-21.134914, - 47.841391
67	Córrego do Tanquinho — Rua Itu até Av. Marechal Costa e Silva	inundação /alagamento	-21.148236, - 47.796189

Nº	LOCAL / PONTO	OCORRÊNCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
69	Rua Paraíba x Av. Saudade X Av. Dr. Francisco Junqueira	inundação / alagamento	-21.170572, - 47.808545
70	Rua Veiga Miranda X Rua Ceará	enxurrada /alagamento	-21.169625, - 47.795292
71	Av. Luigi Rosiello, 115	enxurrada / alagamento	-21.161721, - 47.842370
72	Rua Nadim Hana, 280	enxurrada /alagamento	-21.143239, - 47.839046
73	Av. Alice de Moura Braguetto	enxurrada	-21.213575, - 47.774689
74	R. Fioravante Ângelo - Imediações nº 868	alagamento	-21.154885, - 47.790089
75	Rua Alfredo Calixto, 253	enxurrada / alagamento	-21.140884,- 47.853539
76	Rua Barretos, 91	enxurrada /alagamento	-21.146779, - 47.786609
77	Rua Luiz Pereira, 35	enxurrada / alagamento	-21.208110, - 47.756693
78	Rua Coronel Joaquim Vieira De Souza X José Cláudio Louzada	enxurrada / alagamento	-21.199720, - 47.831117
79	Rua Nicolau Aché, 311	enxurrada /alagamento	-21.122495, - 47.827824
80	Rua Marilena Sartore de Araujo, 416	enxurrada/ alagamento	-21.207610, - 47.853452
81	Av. Rio Pardo X Rua José Roberto Bruno	enxurrada/ alagamento	-21.148612, - 47.831005
84	Rua Basílio da Gama (Rua Camaragibe X Rua Rio Formoso)	alagamento	-21.148168, - 47.809611
85	Rua José Antônio Bernardes, 825	alagamento	-21.148909, - 47.844352
86	Rua Sebastião Leite, 330 X Rua Tabatinga)	alagamento	-21.133651, - 47.809689

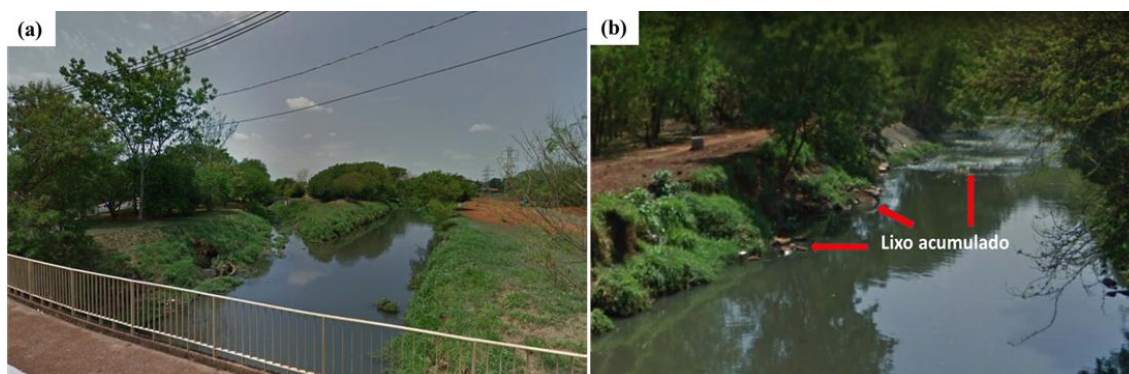
Nº	LOCAL / PONTO	OCORRÊNCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
88	Rua Bahia, 2514 e Rua Rio Xingu, 333	alagamento	-21.143823, - 47.807060
89	Rua Ametista, 903	alagamento	-21.150015, - 47.796735
90	Rua Pará, 2492	alagamento	-21.144817, - 47.805367
91	Rua Bernardo Monteiro x Rua Jose Benedito da Silva	enxurrada/alagameto	-21.111484, - 47.787554
92	Rua Aloisio De Azevedo X Rua Afonso Guimarães	enxurrada /alagamento	-21.192389, - 47.843474
93	Av. Manoel Antônio Dias, 129	alagamento	-21.205215, - 47.845038
94	Rua José Gastão De Oliveira, 85	enxurrada /alagamento	-21.155507,- 47.789418
95	Rua Samuel Faria Santos, 37	enxurrada / alagamento	-21.123376,- 47.763721
96	Rua Arealva X Mogi Das Cruzes	enxurrada / alagamento	-21.124572, - 47.767793
97	Rua Pindorama, 567	enxurrada /alagamento	-21.144206, - 47.765316
98	Rua Terezinha Alves de Oliveira, 58	alagamento	-21.109757, - 47.830208
99	Rua Oswaldo Gabaldo, 785	alagamento	-21.126375, - 47.734124
100	Rua Palmiro Bim, 990	enxurrada / alagamento	-21.118197, - 47.822194

Fonte: Adaptado de Secretaria Municipal de Obras Públicas de Ribeirão Preto (2024).

Os pontos críticos de alagamento concentram-se principalmente em áreas densamente ocupadas, como a região central, as avenidas Francisco Junqueira, Caramuru, Via Norte, Maurílio Biagi e Coronel Paschoal Innechi, além de comunidades socialmente vulneráveis, como a Comunidade Locomotiva. Nesses locais, o impacto das chuvas é agravado pela elevada

impermeabilização do solo, ocupação irregular e descarte inadequado de resíduos, comprometendo o escoamento natural das águas pluviais. A Figura 27 ilustra trechos da Via Norte em Ribeirão Preto (Oliveira *et al.*, 2022; Prefeitura de Ribeirão Preto, 2022).

**Figura 27** - Detalhes do trecho da Via Norte em Ribeirão Preto: (a) área sujeita a inundações; (b) local de descarte irregular de resíduos



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2022).

A interligação inadequada entre a rede de esgoto e a drenagem urbana compromete a eficiência do sistema, resultando em alagamentos frequentes que interrompem o tráfego em vias estratégicas, especialmente na zona norte, causando transtornos e prejuízos à população. O problema é agravado pelo descarte irregular de entulhos e resíduos, que além de poluírem as águas, obstruem o escoamento pluvial e intensificam os episódios de inundação. Nesse contexto, a limpeza periódica e a manutenção preventiva das estruturas de drenagem são fundamentais para garantir o funcionamento adequado do sistema e a condução eficiente das águas pluviais (Prefeitura De Ribeirão Preto, 2019, 2022).

A urgência de intervenções é evidenciada por eventos recentes. Em 8 de janeiro de 2025, Ribeirão Preto sofreu novos episódios de enchentes (G1, 2025), com impactos significativos na área central, especialmente no trecho das ruas Florêncio de Abreu e São José (Figura 28), na Rua Jerônimo Gonçalves, próximo ao terminal rodoviário, e na Avenida Nove de Julho, onde o volume acumulado de água invadiu calçadas e estabelecimentos comerciais dificultando o tráfego de pedestres e veículos.

**Figura 28** - Registro de enchentes no cruzamento das ruas Florêncio de Abreu e São José, em Ribeirão Preto



Fonte: Tiengo, Zanetti, Zaruh (2025).

Na zona norte, a Comunidade Locomotiva, situada em terreno da União na região do Jardim Jóquei Clube, apresenta problemas crônicos de enchentes devido à topografia desfavorável ao escoamento das águas pluviais. Segundo G1 (2024), chuvas intensas frequentemente inundam a comunidade, resultando em alagamento de residências, danos a móveis e pertences, e exposição da população a riscos de doenças (Figura 29).

Do ponto de vista econômico, as enchentes geram prejuízos diretos e indiretos que afetam toda a cidade. Entre os danos diretos, destacam-se a deterioração da pavimentação, a danificação de estruturas urbanas, a necessidade de limpeza emergencial e a interrupção de serviços públicos. Os prejuízos indiretos, contudo, são mais prolongados e difíceis de mensurar: redução da atividade econômica em áreas inundadas, absenteísmo escolar e laboral, perda de produtividade, desvalorização imobiliária em zonas recorrentes de alagamento, aumento das despesas públicas com saúde e assistência social e maior demanda por investimentos emergenciais em infraestrutura. Em um contexto de mudanças climáticas, caracterizado pelo aumento na frequência e intensidade de eventos extremos, esses custos tendem a se intensificar, pressionando ainda mais o orçamento municipal e comprometendo a eficiência das políticas públicas.

**Figura 29** - Moradores utilizando embarcação improvisada para deslocamento em rua alagada da Comunidade Locomotiva, em Ribeirão Preto (SP), durante enchente



Fonte: Badessa (2024).

Outros pontos críticos incluem o cruzamento das avenidas Francisco Junqueira e Independência, trechos da Via Norte, da Avenida Saudade, da Avenida Cavalheiro Paschoal Innechi (nas imediações do Quartel da Polícia Militar), a Avenida Maurílio Biagi e novamente a Comunidade Locomotiva, onde o escoamento inadequado das águas pluviais persiste há anos (Figura 30) (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024b).



**Figura 30** - Trecho da Avenida Cavalheiro Paschoal Innechi, em Ribeirão Preto, frequentemente afetado por enchentes



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2025).

A drenagem urbana no Brasil é historicamente pouco contemplada na legislação, sendo o componente mais vulnerável do saneamento básico devido à escassa regulação e à institucionalização incipiente (Colombelli, 2018). Na maioria dos municípios, os serviços são prestados diretamente pelas prefeituras, sem cobrança de taxas específicas, o que aumenta sua vulnerabilidade técnica, financeira e política, além de comprometer a continuidade do custeio (Baptista; Nascimento, 2002). Diante dos elevados custos de implantação e gestão, torna-se essencial avançar na regulamentação municipal em consonância com a Política Nacional de Saneamento Básico e fomentar soluções sustentáveis que garantam continuidade e efetividade do setor.

Em Ribeirão Preto, o plano de drenagem urbana contempla monitoramento informatizado, elaboração de projetos, execução e manutenção de obras, melhoria da qualidade das águas pluviais, padronização técnica, fortalecimento administrativo, regulamentação municipal e ações de educação ambiental. Os projetos de drenagem convencional são conduzidos segundo as diretrizes do *Plano de Saneamento Básico – Caderno 5: Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas* (2024c), com foco na expansão das áreas de captação e na manutenção da infraestrutura existente.

No entanto, ainda não há iniciativas significativas voltadas à drenagem sustentável, baseada em SbN e alinhadas aos ODS. Essas soluções integram funcionalidade hidráulica,



preservação ambiental e bem-estar social, promovendo manejo integrado dos recursos hídricos. Pequenas intervenções estratégicas podem tornar os sistemas urbanos mais resilientes, reduzindo enchentes, melhorando a qualidade da água, recuperando a biodiversidade e mitigando ilhas de calor (Okimoto; Santos, 2021).

Práticas de baixo impacto, como a biorretenção, são recomendadas, pois retêm volumes excedentes de água e melhoram sua qualidade. A incorporação de estratégias sustentáveis de baixo custo ao planejamento e à legislação municipal é um passo essencial para alcançar resultados efetivos em saneamento, controle de enchentes e adaptação às mudanças climáticas (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2010).

#### 6.1.6. Caracterização da Área de Implantação do Jardim de Chuva: Critérios de Seleção e Justificativa do Local

A seleção da área destinada à implantação do jardim de chuva fundamenta-se na convergência entre a vulnerabilidade hidrológica, as limitações estruturais da drenagem urbana e o potencial de geração de benefícios ambientais decorrentes da adoção de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Em Ribeirão Preto, a recorrência de alagamentos está diretamente associada ao processo de urbanização acelerada, marcado pela expansão territorial, pelo aumento da impermeabilização e pela substituição sistemática da cobertura vegetal por pavimentos rígidos. Esse conjunto de transformações intensificou o escoamento superficial e ampliou a sobrecarga sobre os cursos d'água urbanos, sobretudo em áreas densamente ocupadas, como indicado em diagnósticos municipais e estudos hidrológicos (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2019).

A insuficiência da infraestrutura cinza diante do crescimento urbano desordenado torna-se ainda mais crítica diante das alterações recentes no regime de precipitação, intensificadas pelo aumento da frequência de eventos climáticos extremos. Relatórios do IPCC apontam tendência de incremento das chuvas intensas de curta duração em cidades de clima tropical, como Ribeirão Preto, ampliando o risco de enxurradas e agravando a atuação dos sistemas de macrodrenagem já saturados. Nesse cenário, a incorporação de SbN — com destaque para os jardins de chuva — apresenta-se como estratégia eficaz para o manejo sustentável das águas pluviais, favorecendo infiltração, retenção e melhoria da qualidade da água (Tucci; Meller, 2007; Tominaga, 2013; Habitability, 2022). Diretrizes internacionais, como o Manual de Biorretenção da EPA (2023), consolidam parâmetros técnicos essenciais para implantação, dimensionamento e manutenção dessas estruturas, reforçando sua aplicabilidade em contextos urbanos impermeabilizados, condição característica de Ribeirão Preto.

No âmbito municipal, o Plano de Macrodrenagem (2009) já recomendava a adoção de medidas de infiltração em setores urbanos de baixa capacidade natural para reduzir picos de vazão e volumes acumulados durante eventos intensos de precipitação. Experiências bem-sucedidas em cidades como São Paulo, Curitiba e Belo Horizonte também indicam que os jardins de chuva constituem alternativas eficientes para mitigação de alagamentos, descongestionamento dos sistemas convencionais e adaptação às mudanças climáticas.

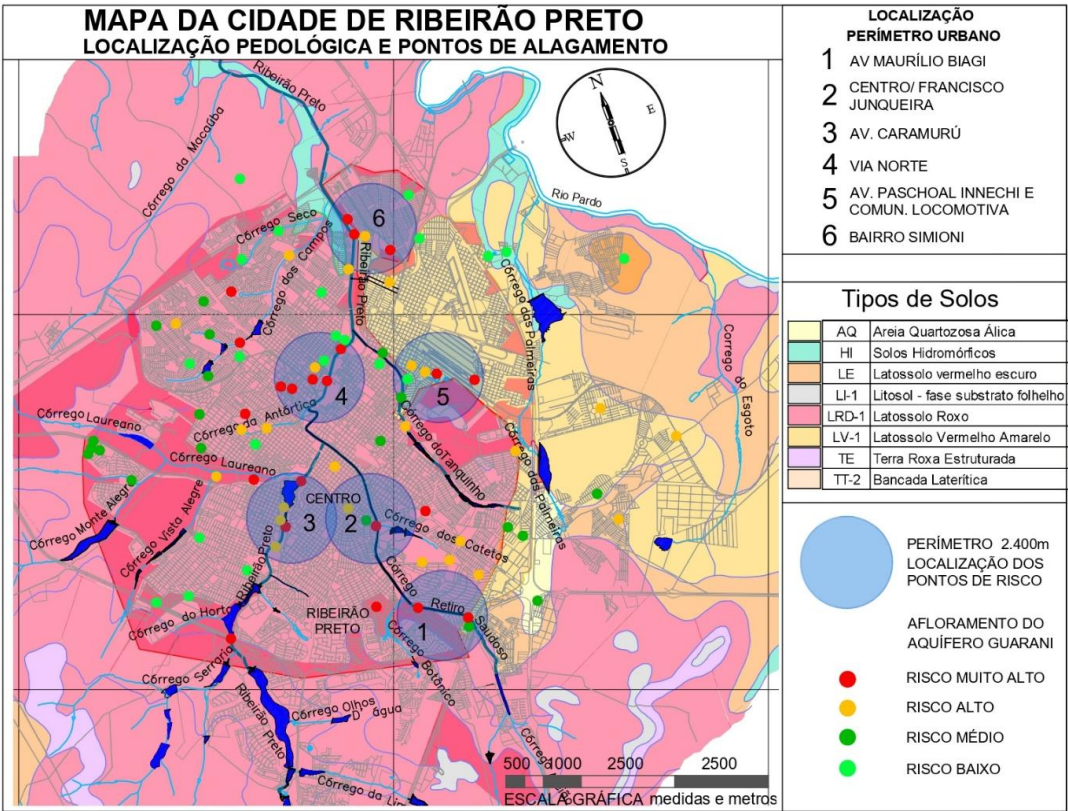
Os levantamentos realizados pela Defesa Civil e pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) evidenciam que os pontos mais críticos de alagamento coincidem com áreas de alta impermeabilização, drenagem deficiente e trechos canalizados de córregos submetidos à sobrecarga hidráulica, especialmente ao longo dos corredores drenados pelo Córrego Retiro Saudoso e pelo Ribeirão Preto. Esses setores acumulam recorrentes prejuízos materiais, riscos à saúde pública, impactos sobre a mobilidade urbana e elevada vulnerabilidade socioambiental (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024c).

Com base nesse diagnóstico, a análise espacial conduzida nesta pesquisa buscou identificar e hierarquizar as áreas prioritárias sujeitas a inundações. A partir do mapa de risco oficial, foi elaborado um mapeamento próprio das zonas alagáveis, permitindo a sistematização dos pontos críticos e a delimitação das faixas de maior concentração de ocorrências. A definição de um perímetro aproximado de 2.400 metros possibilitou identificar seis áreas estratégicas de elevada suscetibilidade a eventos pluviométricos intensos, decorrentes da impermeabilização acentuada, da insuficiência da drenagem e da proximidade com cursos d'água. Esses pontos correspondem à Avenida Maurílio Biagi, às Avenidas Jerônimo Gonçalves e Francisco Junqueira, à Avenida Caramuru, à Via Norte, à Avenida Paschoal Innechi e ao bairro Adelino Simioni (Figura 31). Ressalta-se, ainda, que na zona Leste o afloramento do Aquífero Guarani ocorre justamente em áreas urbanizadas sujeito a alagamentos, o que reforça a necessidade de soluções que integrem infiltração, manejo das águas pluviais e proteção hidrogeológica.



Maurílio Biagi e Francisco Junqueira. Outros sistemas hídricos, como o Córrego Tanquinho — que recebe o escoamento da Avenida Paschoal Innechi — também influenciam diretamente a sobrecarga do Ribeirão Preto, que frequentemente opera acima de sua capacidade durante episódios de precipitação intensa.

**Figura 32** - Mapa do município de Ribeirão Preto, sobreposição dos mapas geológico e o mapa de risco



Fonte: Adaptado pela autora de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2019 e 2024c).

Do ponto de vista urbanístico, o crescimento desordenado de Ribeirão Preto reforçou contrastes entre áreas altamente impermeabilizadas e periferias com infraestrutura limitada. Nas zonas consolidadas, onde o espaço é restrito e a drenagem opera no limite, os jardins de chuva devem assumir a forma de micro intervenções distribuídas — como em canteiros, rotatórias, praças e calçadas — para reduzir o escoamento e aliviar as galerias existentes. Em áreas com maior disponibilidade espacial, como praças e equipamentos públicos, podem ser implantados jardins de chuva de maior escala, articulados a parques lineares e corredores verdes, ampliando a conectividade ecológica.

Nesse mesmo contexto de vulnerabilidade hidrológica, destaca-se a Comunidade Locomotiva, situada no Perímetro 5, onde as inundações assumem caráter ainda mais crítico. Anualmente, durante eventos de chuva intensa, o local é tomado pela água em razão da

topografia desfavorável, da baixa capacidade de escoamento e da ausência de áreas permeáveis que favoreçam a infiltração (G1, 2024; Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2022a). Nessa situação, a implantação de jardins de chuva em áreas de montante e em espaços públicos subutilizados representa uma estratégia eficaz para reter e infiltrar parte do volume escoado, contribuindo para a mitigação dos impactos sociais e ambientais associados às inundações.

A participação da comunidade local e ações permanentes de educação ambiental constituem elementos fundamentais para ampliar a eficiência dessas intervenções, favorecendo a conservação dos dispositivos e fortalecendo a corresponsabilidade no manejo das águas pluviais. Embora um jardim de chuva isolado não elimine integralmente os problemas críticos, sua implantação contribui significativamente para a requalificação ambiental do território, a criação de microambientes mais resilientes, a melhoria das condições hidrológicas e o aumento da segurança da população. Cabe ressaltar que os aspectos técnicos referentes ao dimensionamento hidráulico, à definição de áreas de contribuição, aos parâmetros pluviométricos, à seleção de espécies vegetais e aos custos de implantação não serão detalhados no presente estudo, permanecendo como campo aberto para investigações futuras.

Cabe ressaltar que o detalhamento técnico relacionado ao dimensionamento hidráulico, cálculo de área e vazão, parâmetros pluviométricos, seleção de espécies vegetais e custos de implantação não serão abordados no escopo deste trabalho, permanecendo como campo aberto para investigações futuras.

A Tabela 5 organiza as principais variáveis observadas na análise espacial e hidrológica, apresentando os critérios utilizados, a classificação dos níveis de risco e a correspondência entre características físicas e vulnerabilidades identificadas. A sistematização permite articular os resultados com a fundamentação técnica que justifica a indicação de áreas prioritárias para implantação de jardins de chuva, fortalecendo a coerência metodológica da pesquisa.

Destaca-se que, na zona Leste do município, o afloramento do Aquífero Guarani ocorre justamente em áreas urbanizadas que sofrem com alagamentos recorrentes, reforçando a necessidade de soluções que conciliem infiltração, manejo de águas pluviais e proteção hidrogeológica.

**Tabela 5** - Áreas de maior risco de inundação e alagamento e justificativa para a implantação de jardim de chuva

<b>Local</b>	<b>Problema identificado</b>	<b>Justificativa técnica para implantação de jardins de chuva</b>
<b>Avenida Maurílio Biagi</b>	Alagamentos recorrentes nas proximidades do Córrego Retiro Saudoso, em área altamente impermeabilizada e com intenso fluxo viário.	Redução do escoamento superficial e da sobrecarga no córrego; potencial de recarga hídrica; qualificação paisagística em corredor urbano estratégico.
<b>Área Central (Florêncio de Abreu, São José, Jerônimo Gonçalves, Nove de Julho)</b>	Histórico de alagamentos que compromete mobilidade, atividades comerciais e segurança da população.	Mitigação de inundações, melhoria da drenagem e redução de ilhas de calor; integração de infraestrutura verde à requalificação do centro urbano.
<b>Avenida Caramuru</b>	Suscetibilidade a enchentes em setor densamente urbanizado e com convergência de vias críticas.	Controle do escoamento superficial, aumento da eficiência da microdrenagem e qualificação do espaço urbano por meio de solução paisagística sustentável.
<b>Via Norte</b>	Pontos recorrentes de alagamento que afetam o tráfego e a mobilidade urbana.	Inserção de jardins de chuva em corredores verdes lineares, ampliando retenção e retardamento do escoamento, com benefícios estéticos e funcionais.
<b>Avenida Paschoal Innechi</b>	Inundações frequentes nas proximidades do Quartel da PM, afetando a circulação viária e equipamentos públicos.	Solução de drenagem sustentável com dupla função: melhoria hidráulica e valorização da paisagem urbana em área institucional.
<b>Comunidade Locomotiva e Bairro Adelino Simioni</b>	Enchentes crônicas em áreas socioeconomicamente vulneráveis, com perdas materiais e riscos à saúde.	Redução da vulnerabilidade socioambiental; promoção da justiça ambiental; integração entre drenagem sustentável, inclusão social e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A implantação de jardins de chuva em posições estratégicas, sobretudo a montante dos cursos d'água, funciona como barreira descentralizada, que reduz picos de vazão, mitiga a sobrecarga nos sistemas de drenagem e contribui diretamente para a resiliência urbana (EPA, 2023). Essas intervenções também favorecem a criação de microambientes verdes urbanos, aumentando a biodiversidade, o conforto térmico, a resiliência do sistema de drenagem do local a requalificação urbana e o abastecimento do Aquífero Guarani.

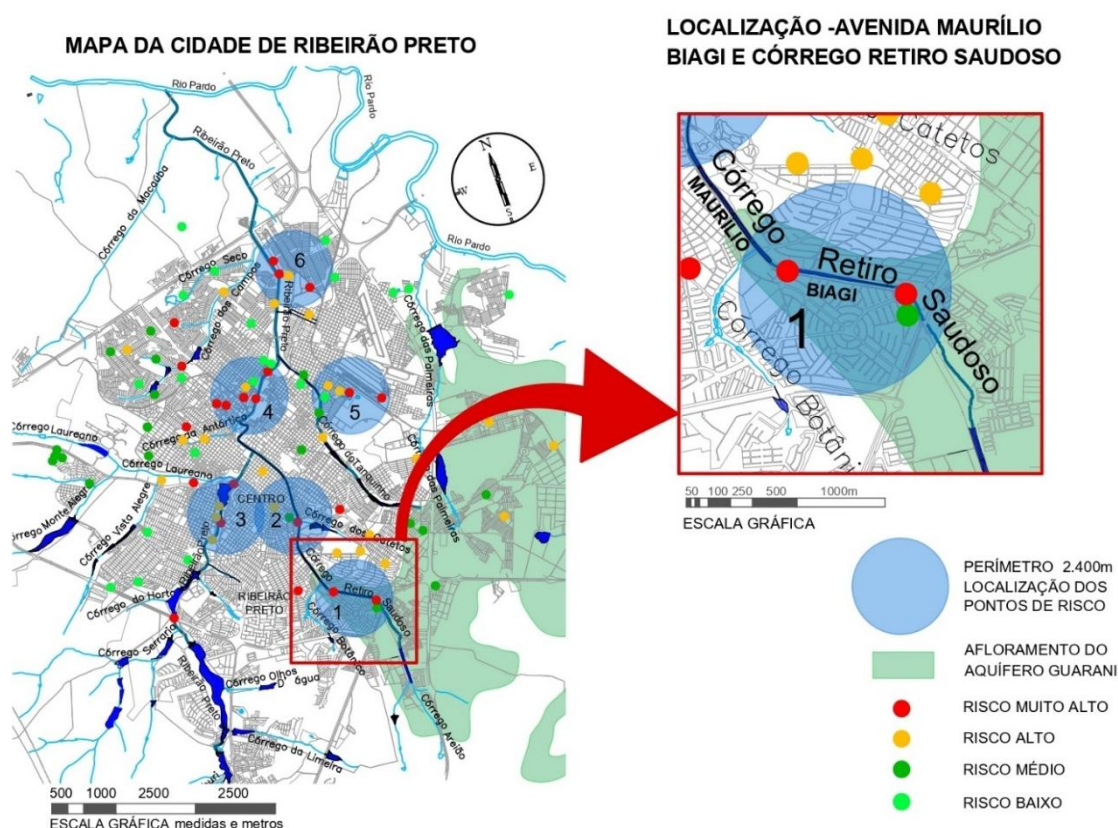
Cabe ressaltar que o detalhamento técnico relacionado ao dimensionamento hidráulico, cálculo de área e vazão, parâmetros pluviométricos, seleção de espécies vegetais e custos de



implantação não serão abordados no escopo deste trabalho, permanecendo como campo aberto para investigações futuras.

#### 6.1.7. Caracterização das Áreas

**Figura 33** - Mapa do município de Ribeirão Preto, Localização da Avenida Maurílio Biagi - perímetro e zoneando - abrangência dos pontos de risco



Fonte: Adaptado pela autora de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2019 e 2024c).

No Perímetro 1, a Avenida Maurílio Biagi apresenta três pontos críticos de alagamento decorrentes das cheias do Córrego Retiro Saudoso durante eventos de chuvas intensas, sobretudo nas proximidades da Faculdade Estácio, um importante eixo viário de elevado fluxo (Figura 33). Considerando que essa área já se caracteriza por intensa impermeabilização e escoamento superficial concentrado em direção ao curso d'água, a implantação de bacias de biorretenção de médio porte integradas ao canteiro lateral configura-se como solução prioritária. A disponibilidade de espaço, aliada à declividade acentuada e ao elevado volume de tráfego, demanda dispositivos com maior capacidade de armazenamento e camadas filtrantes robustas, capazes de atenuar significativamente o volume escoado e reforçar a recarga hídrica

local. Além disso, essa tipologia favorece o desempenho ecológico ao permitir o uso de espécies nativas adaptadas ao solo basáltico predominante na região.

A instalação de jardins de chuva lineares nos canteiros laterais e de unidades pontuais em áreas verdes estratégicas, como na Praça Santa Terezinha Doutora — situada no cruzamento com a Avenida Presidente Kennedy (Figura 34) — contribuirá para captar parte das águas oriundas dos bairros Ribeirânia e City Ribeirão. Essas intervenções também tendem a promover o sombreamento, melhorar o microclima urbano e reforçar o papel da infraestrutura verde na recarga do Aquífero Guarani, uma vez que a região apresenta solos de elevada permeabilidade.

**Figura 34** - Mapa e imagens da Avenida Maurílio Biagi: a) Planta baixa – localização pontos para instalação do jardim de chuva; (b) vista do canteiro lateral e (c) vista da praça Santa Terezinha Doutora



Fonte: Geoportal (a) e acervo pessoal (b e c) (2025).

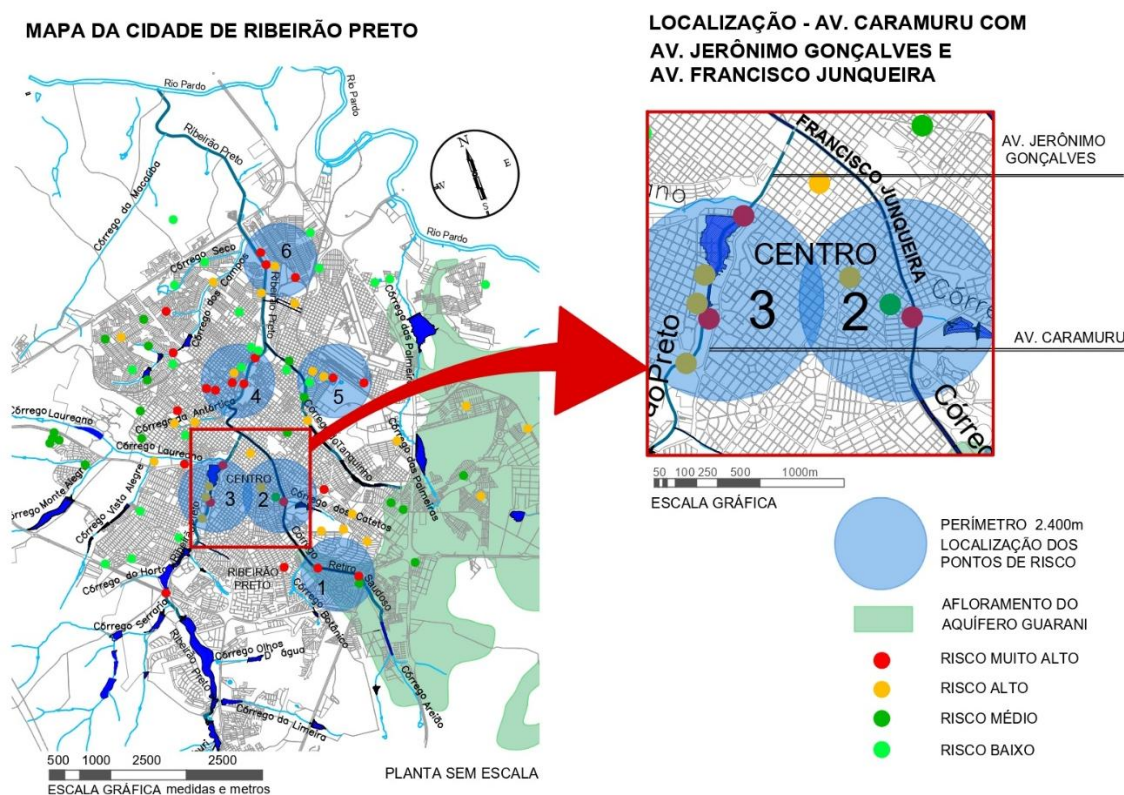
No Perímetro 2, correspondente à área central do município, a elevada densidade urbana e a predominância de usos comerciais intensivos resultam na escassez de áreas verdes e no aumento da vulnerabilidade a alagamentos. Ruas como Florêncio de Abreu, São José e Jerônimo Gonçalves registram episódios recorrentes de inundação durante precipitações intensas. Nessa região, a implantação de jardins de chuva é limitada pela falta de espaços livres, porém praças como Luís de Camões — entre as ruas Rui Barbosa e Visconde de Inhaúma — e Sete de Setembro configuram-se como locais estratégicos para a instalação desses dispositivos. Alternativamente, vagas verdes e canteiros lineares podem ser introduzidos em calçadas de ruas



críticas, como São José e Comandante Marcondes Salgado, em consonância com experiências exitosas já implementadas em cidades como São Paulo. Tais intervenções contribuem para a retenção e infiltração das águas pluviais, ao mesmo tempo em que promovem a requalificação urbana e fortalecem a integração entre infraestrutura verde e planejamento territorial.

No Perímetro 3, a Avenida Caramuru constitui outro vetor relevante de risco hidrológico, caracterizado pela elevada impermeabilização e pela insuficiência da drenagem convencional. Nas proximidades da Avenida Nove de Julho e de vias adjacentes (Figura 35), os episódios de enchentes são particularmente frequentes. A implantação de canteiros lineares ao longo de seu canteiro central desponta como medida estratégica para o manejo sustentável das águas pluviais, contribuindo tanto para a mitigação dos alagamentos quanto para a qualificação da paisagem urbana. Esses dispositivos favorecem a infiltração, reduzem o escoamento direcionado às áreas críticas e reforçam a identidade visual do eixo comercial. Do ponto de vista socioambiental, ampliam o conforto térmico, criam microambientes sombreados e promovem espaços de permanência, fortalecendo a vivência urbana.

**Figura 35** - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a região central, o perímetro 2 e 3 analisados e a distribuição dos pontos de risco de inundação



Fonte: Adaptado pela autora de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2019 e 2024c).

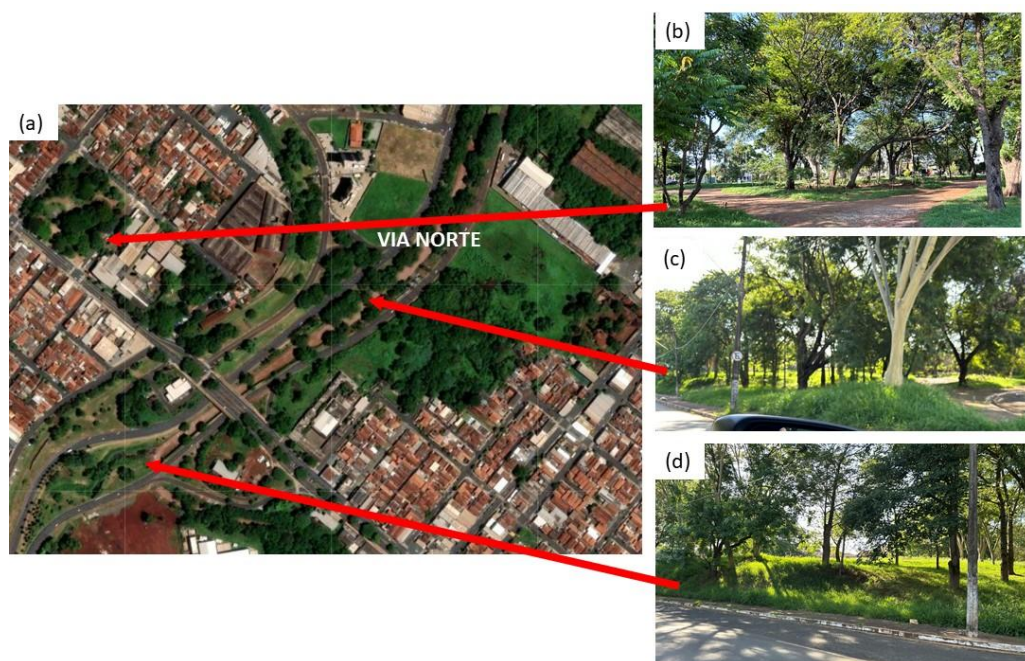
No Perímetro 4, a Via Norte, situada após a confluência do Córrego Retiro Saudoso com o Ribeirão Preto, apresenta elevada recorrência de inundações. A análise cartográfica revela forte concentração de áreas classificadas como de risco muito alto, especialmente durante precipitações intensas. Dada a relevância viária desse corredor e os prejuízos socioeconômicos associados, propõe-se a implantação de jardins de chuva integrados a corredores verdes lineares como estratégia para ampliar a retenção e retardar o escoamento superficial, fortalecendo a resiliência urbana (Figura 36). A Via Norte situa-se em uma das cotas mais baixas do município, recebendo escoamentos provenientes de bairros como Vila Tibério, Vila Amélia, Ipiranga e Campos Elíseos. O mapa topográfico evidencia declividade acentuada em direção ao Rio Ribeirão Preto, com desníveis de cerca de 5 metros entre as cotas, conforme indicado pelas setas amarelas (Figura 37).





A Figura 38 apresenta pontos estratégicos para captação de águas pluviais. Na imagem em planta baixa (a), destaca-se o bairro Vila Albertina e áreas com potencial para implantação de infraestruturas verdes. A Praça Pedro Biagi, localizada na Avenida D. Pedro I (b), desponta como espaço de grande potencial para instalação de um jardim de chuva, tanto pela capacidade de interceptar o escoamento quanto pelo potencial de valorização da paisagem local. As imagens (c) e (d) evidenciam os canteiros laterais e centrais da Avenida Rio Pardo, igualmente indicados para intervenções que favoreçam a infiltração e o controle do escoamento superficial, promovendo requalificação urbana e fortalecendo a integração comunitária.

**Figura 38** - Mapa e imagens das áreas com potencial para implantação de jardins de chuva: (a) Planta baixa da Via Norte, localiza o bairro Vila Albertina; (b) Praça Pedro Biagi, situada na Avenida D. Pedro I; (c) e (d) canteiros laterais e centrais da Avenida Rio Pardo

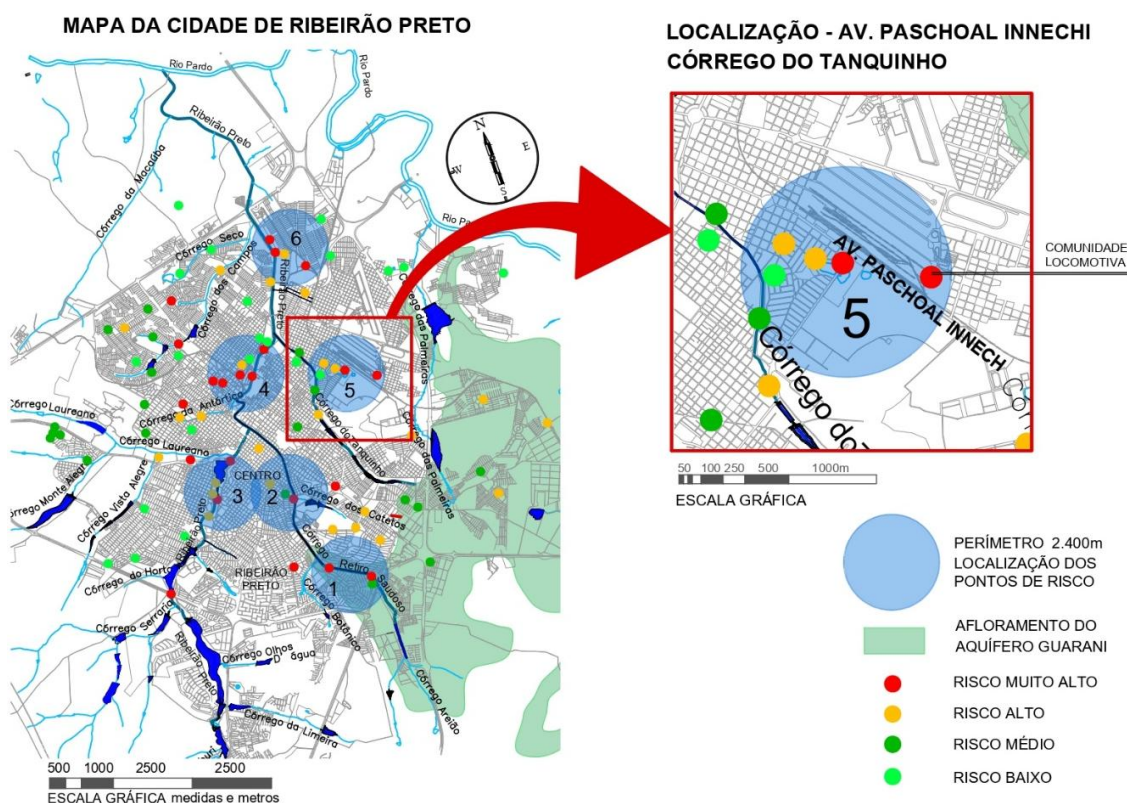


Fonte: Geoportal (a) e acervo pessoal (b, c, e d ) (2025).

No Perímetro 5, a Avenida Paschoal Innechi apresenta problemas recorrentes de inundação, sobretudo nas proximidades do quartel da Polícia Militar, área localizada em cota mais baixa. A lagoa lateral, destinada à drenagem, opera com capacidade limitada, agravada pela sedimentação excessiva e pela insuficiência dos pontos de saída da água. Essa situação demanda intervenções estruturais combinadas a soluções de drenagem sustentável capazes de ampliar a capacidade de escoamento e reduzir os impactos sobre a mobilidade e a segurança da população. A implantação de jardins de chuva em canteiros, biovaletas e calçadas lineares

constitui alternativa para reduzir o escoamento superficial e favorecer a infiltração. Outra estratégia consiste na criação de um bosque de conservação urbana nas proximidades do quartel, ampliando a área destinada à retenção de água e fortalecendo os serviços ecossistêmicos locais (Figura 39).

**Figura 39** - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a Avenida Paschoal Innechi no Perímetro 5 e a distribuição dos pontos de risco de inundação



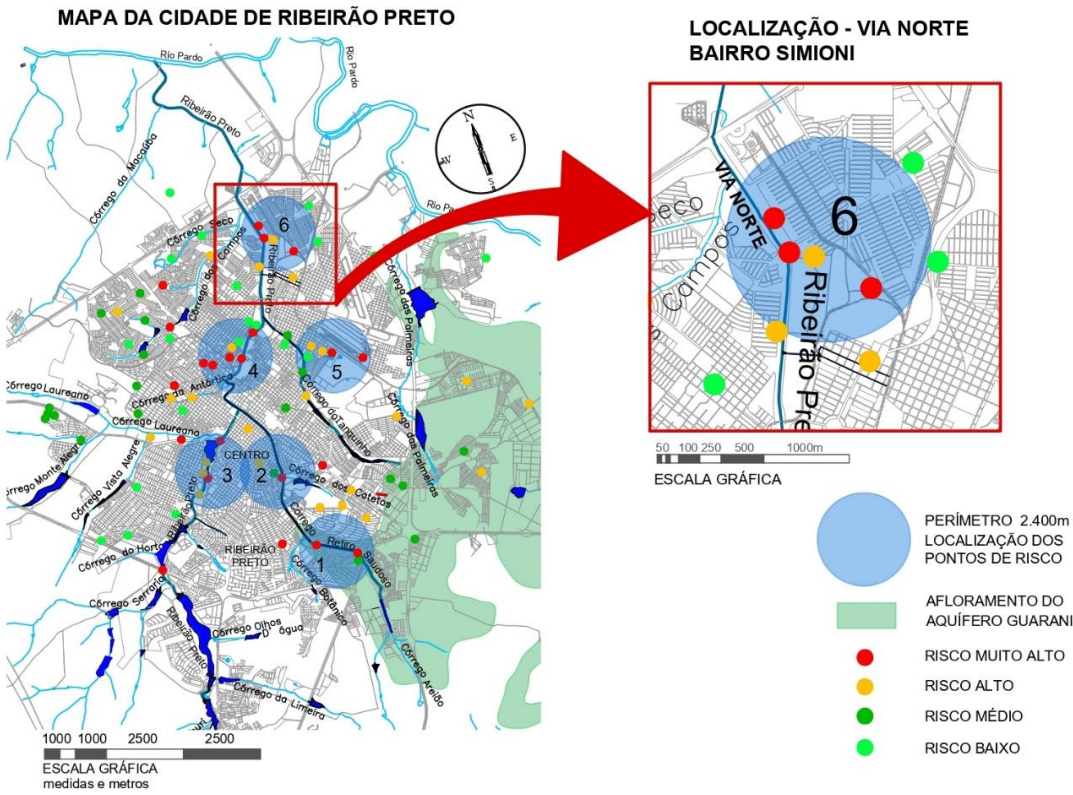
Fonte: Adaptado pela autora de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2019 e 2024c).

Ainda no Perímetro 5, a Comunidade Locomotiva apresenta um dos cenários de maior gravidade. Durante chuvas intensas, a densidade habitacional e a topografia desfavorável favorecem o acúmulo de água em superfície, resultando em alagamentos recorrentes (G1, 2024; Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2022a). A implantação de jardins de chuva a montante, especialmente em espaços públicos subutilizados, configura medida eficaz para retenção temporária e infiltração parcial do escoamento, contribuindo para mitigar os impactos socioambientais. A participação comunitária e a conscientização da população local são essenciais para garantir a manutenção adequada desses dispositivos. Embora tais intervenções não eliminem completamente os problemas críticos, contribuem para a requalificação urbana e ambiental, além de promoverem maior segurança hídrica.

No Perímetro 6, localizado no trecho final da Via Norte, próximo à foz do Ribeirão Preto no Rio Pardo, o bairro Adelino Simioni também enfrenta problemas recorrentes de alagamentos, conforme identificado nos mapeamentos oficiais de áreas de risco e vulnerabilidade hidrológica do município (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024c) . A topografia acentuada e a ocupação de áreas originalmente permeáveis ampliam o risco hídrico, agravado pela presença de ocupações irregulares em áreas originalmente permeáveis, condição já apontada nos diagnósticos de drenagem urbana e nos levantamentos da Defesa Civil Municipal (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2010; 2024c).. As Figuras 40 e 41 mostram, respectivamente, a distribuição dos pontos de risco e as áreas com potencial para instalação de jardins de chuva. Na Avenida Gen. Euclides de Figueiredo, as áreas destacadas em verde representam locais adequados para captação e retenção de águas pluviais antes de seu aporte ao Ribeirão Preto. O Parque dos Sabiás, localizado em setor elevado do bairro, tem potencial para interceptar o escoamento vindo das áreas a montante, contribuindo para a requalificação do espaço e para seu uso social. A rotatória da avenida constitui ponto estratégico para instalação de jardins de chuva, evitando que o fluxo superficial siga diretamente para o rio. Finalmente, a área adjacente ao Ribeirão Preto permite a implantação de dispositivos capazes de reter águas provenientes das avenidas Gen. Euclides de Figueiredo e Eduardo Andréia Matarazzo, ampliando a capacidade de controle de enchentes e reduzindo os impactos sobre as áreas ribeirinhas.



**Figura 40** - Mapa do município de Ribeirão Preto, destacando a Via Norte no Perímetro 6 e a distribuição dos pontos de risco de inundação



Fonte: Adaptado pela autora de Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, (2019 e 2024c).

**Figura 41** - Mapa do bairro Adelino Simioni contendo delimitação das áreas invadidas e das áreas de possíveis instalações de jardins de chuva



Fonte: Imagem adaptada pela autora de Google Earth (2025).

Na Figura 40, a Avenida Gen. Euclides de Figueiredo, áreas destacadas em verde são locais com potencial para implantação de jardins de chuva, visando a captação e retenção eficientes das águas pluviais antes de chegar no Ribeirão Preto. O Parque dos Sabiás, localizado na parte superior do bairro, interceptará o escoamento proveniente do próprio bairro e das áreas a montante, a criação dos jardins de chuva requalificará a área e contribuirá para uso social. A rotatória da avenida configura-se como ponto estratégico para a implantação de jardins de chuva, evitando que a água do bairro siga diretamente para o córrego Ribeirão Preto. Além disso, a área adjacente ao Ribeirão Preto permitirá a retenção das águas provenientes das avenidas Gen. Euclides de Figueiredo e Eduardo Andréia Matarazzo, ampliando a capacidade de controle de enchentes e reduzindo impactos urbanos nas áreas ribeirinhas.

A implantação dos jardins de chuva requer estudos detalhados de solo, profundidade do lençol freático e delimitação das bacias de contribuição, garantindo o desempenho hidráulico e a sustentabilidade do sistema. Quando posicionados a montante, atuam como dispositivos descentralizados de moderação do escoamento, reduzindo picos de vazão e aliviando a carga sobre o Córrego Retiro Saudoso, Ribeirão Preto e outros cursos d'água urbanos (Evers, 2022). Sua função, portanto, extrapola a simples infiltração, configurando um modelo de infraestrutura verde distribuída capaz de fortalecer a resiliência urbana.

Nesse cenário, torna-se evidente que políticas públicas integradas são indispensáveis para consolidar práticas sustentáveis de drenagem urbana. A incorporação de SbN no município depende da criação de marcos regulatórios específicos, de incentivos fiscais e financeiros e da coordenação entre diferentes setores governamentais do município. Diante da insuficiência histórica das respostas baseadas exclusivamente na ampliação de redes de drenagem — estratégia incapaz de acompanhar o ritmo da impermeabilização e da intensificação de eventos extremos — é necessário que o planejamento urbano adote instrumentos capazes de induzir a adoção sistemática de medidas sustentáveis. Entre esses instrumentos incluem-se a exigência de infraestrutura verde em novos empreendimentos, programas de incentivo tributário como o IPTU Verde, fundos municipais voltados às SbN e mecanismos de compensação ambiental orientados à implantação de dispositivos de biorretenção.

A integração entre jardins de chuva, pavimentos permeáveis, biorretenção e corredores verdes amplia a justiça ambiental, melhora a qualidade hídrica e contribui para a mitigação dos riscos hidrológicos, aproximando o município das metas de adaptação climática e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2024c; Evers, 2022). Entretanto, os resultados desta pesquisa revelam lacunas estruturais que ainda limitam a adoção



abrangente dessas técnicas. Persistem barreiras institucionais, financeiras, políticas e socioculturais, expressas na fragmentação entre setores públicos, na predominância da infraestrutura cinza, na ausência de diretrizes municipais específicas e na descontinuidade administrativa. Do ponto de vista financeiro e técnico, destacam-se a fragilidade dos instrumentos de fomento, a ausência de fundos dedicados e a carência de formação continuada para profissionais do setor.

As dinâmicas sociais, por sua vez, exercem papel fundamental na eficácia das SbN. Em áreas vulneráveis e expostas a recorrentes episódios de inundação, os jardins de chuva podem operar como estruturas multifuncionais, conciliando mitigação de riscos, qualificação dos espaços públicos e promoção da convivência comunitária. Contudo, sua efetividade depende da participação social permanente, sobretudo em regiões onde a fragilidade socioambiental exige processos contínuos de manutenção, replantio e monitoramento. Experiências nacionais e internacionais demonstram que iniciativas sustentáveis prosperam mais quando articuladas a estratégias de educação ambiental, corresponsabilidade cidadã e engajamento comunitário (Menezes et al., 2022; Galdino; Silva, 2025).

A pesquisa realizada apresenta também limitações que precisam ser reconhecidas como parte do processo científico. A disponibilidade e a qualidade dos dados hidrológicos, pluviométricos e pedológicos do município, marcadas por lacunas temporais, documentais e heterogeneidade espacial, limitaram a precisão dos modelos e estimativas de desempenho dos dispositivos. A integração espacial dependeu de bases cartográficas produzidas por diferentes órgãos, com variações de escala e atualização. Do ponto de vista institucional, a análise fundamentou-se essencialmente em documentos públicos, sem a realização de entrevistas com gestores, técnicos ou moradores, o que reduz a profundidade da compreensão sobre as dinâmicas sociopolíticas que condicionam a adoção das SbN nos espaços abordados.

Diante desse conjunto, torna-se claro que a implementação de jardins de chuva em Ribeirão Preto não deve ser entendida como solução técnica isolada, mas como vetor de transformação urbano-ambiental, capaz de articular dimensões hidrológicas, sociais, ecológicas e institucionais. A construção de modelos participativos institucionalizados — como manutenção compartilhada, diretrizes municipais específicas, incentivos fiscais e programas permanentes de educação ambiental — é fundamental para que a infraestrutura verde se consolide como política pública e não apenas como intervenção pontual.

Assim, este estudo contribui ao demonstrar, de forma integrada, a pertinência técnica, ambiental e social dos jardins de chuva para o contexto urbano de Ribeirão Preto, ao mesmo tempo em que identifica os entraves que condicionam sua implementação e formula diretrizes

para superá-los. Com isso, estabelece as bases conceituais e metodológicas necessárias para orientar práticas mais sustentáveis de drenagem e preparar o município para a conclusão desta dissertação, na qual se sintetizam as principais implicações, recomendações e perspectivas futuras para a adoção de Soluções Baseadas na Natureza no território.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo desta dissertação demonstrou que Ribeirão Preto apresenta um quadro de vulnerabilidade significativa frente aos processos de alagamento urbano, resultado da combinação entre rápida expansão territorial, modelos de urbanização historicamente baseados na impermeabilização maciça do solo e ausência de um planejamento orientado por princípios de sustentabilidade e justiça ambiental. O mapeamento dos pontos críticos e a leitura integrada do território evidenciaram a formação de um verdadeiro corredor de escoamento superficial, estruturado ao longo das bacias do Ribeirão Preto e do Córrego Retiro Saudoso, impactando diretamente em bairros altamente urbanizados, onde os efeitos socioambientais das inundações tornam-se particularmente acentuados.

Nesse contexto, as Soluções Baseadas na Natureza - jardins de chuva, emergem como alternativas eficazes para requalificar a drenagem urbana, ao promover infiltração, desaceleração dos fluxos, retenção temporária de volumes críticos e melhoria do desempenho hidrológico do sistema como um todo. As análises realizadas demonstraram que, quando estrategicamente posicionados — como nas avenidas Maurílio Biagi e Caramuru, em áreas centrais densificadas ou em zonas de maior vulnerabilidade socioambiental —, os jardins de chuva contribuem não apenas para reduzir o escoamento superficial e os picos de vazão, mas também para ampliar benefícios ambientais, paisagísticos e sociais, fortalecendo a resiliência urbana e promovendo um ambiente mais equilibrado sob o ponto de vista climático.

A aplicação metodológica, estruturada em etapas de diagnóstico, classificação de risco, seleção de áreas e proposição técnica, permitiu desenvolver um estudo de caso replicável. O detalhamento das áreas destinadas à implantação da infraestrutura verde, integrando características topográficas, hidrológicas e de uso do solo, reforçam a viabilidade da técnica e contribuição para a mitigação de impactos locais, especialmente em trechos diretamente conectados aos córregos e rio. Além disso, a inclusão dos aspectos normativos, das diretrizes de planejamento urbano e da discussão sobre o conceito de cidade-esponja ampliou o escopo técnico e teórico do trabalho, inserindo Ribeirão Preto em um debate contemporâneo internacional sobre adaptação climática e gestão sustentável das águas.

Os resultados obtidos demonstram que jardins de chuva, não devem ser compreendidos como soluções isoladas nem como resposta totalizante para problemas históricos de drenagem. Pelo contrário, configuram-se como elementos estratégicos dentro de um sistema híbrido que integra infraestrutura verde e cinza, apoiado por políticas públicas consistentes, ações continuadas de manutenção e envolvimento comunitário. Em áreas socialmente vulneráveis,

como a Comunidade Locomotiva, os jardins de chuva representam também instrumentos de justiça ambiental e social, ao contribuir para reduzir impactos desproporcionalmente sentidos por populações historicamente negligenciadas pelo planejamento urbano.

A contribuição desta pesquisa se manifesta de forma multidimensional. A dissertação avança na literatura ao integrar diagnóstico hidrológico, análise espacial, revisão sistemática e aplicação prática de Soluções Baseadas na Natureza em uma cidade brasileira de médio a grande porte, caracterizada por elevada impermeabilização e marcada vulnerabilidade socioambiental. Ao oferecer estratégias e diretrizes técnicas e socioinstitucionais específicas para Ribeirão Preto, o estudo preenche uma lacuna significativa nos trabalhos sobre drenagem urbana sustentável no contexto local. Ademais, ao identificar barreiras políticas, financeiras, institucionais e socioculturais, e ao apontar facilitadores — como regulamentações específicas, incentivos fiscais, instrumentos de planejamento e mecanismos de corresponsabilidade comunitária —, o trabalho amplia a compreensão sobre os desafios concretos para a implementação de SbN no Brasil, contribuindo tanto para o avanço acadêmico quanto para o aprimoramento da gestão pública.

Portanto, esta dissertação evidencia que a adoção de jardins de chuva em Ribeirão Preto é tecnicamente recomendável, ambientalmente necessária e socialmente justa. Ao mesmo tempo, destaca-se que sua efetividade depende de um esforço institucional contínuo, capaz de integrar diagnóstico técnico, governança territorial, participação social e manutenção adequada. A consolidação de uma cidade mais resiliente às mudanças climáticas, mais permeável e ambientalmente equilibrada passa, necessariamente, pela incorporação definitiva das Soluções Baseadas na Natureza como eixo estruturador da política de drenagem urbana.

Assim, conclui-se que este trabalho contribui não apenas para o campo técnico da engenharia urbana e hidráulica, mas também para o fortalecimento de uma agenda municipal de adaptação climática, oferecendo bases conceituais, metodológicas e aplicadas para orientar futuras intervenções, pesquisas e políticas públicas voltadas à construção de cidades mais sustentáveis, inclusivas e resilientes.

## REFERÊNCIAS

- ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Programa Soluções para Cidades. Controle de inundações. Programa Ruas Verdes de Portland- EUA.** Disponível em: [https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/AF\\_04\\_PORTLAND\\_revita\\_ruas.pdf#:~:text=INSTITUCIONALIZ A%C3%87%C3%83O%20DO%20PROGRAMA%20A%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20que%20institucionaliza,Programa%2C%20tornando%20sua%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20obrigat%C3%B3ria%2C%20considera%20que:&text=De%2060%25%20a%2070%25%20do%20escoamento%20superficial,em%20obras%20privadas%20como%20em%20obras%20p%C3%ABlicas](https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/AF_04_PORTLAND_revita_ruas.pdf#:~:text=INSTITUCIONALIZ A%C3%87%C3%83O%20DO%20PROGRAMA%20A%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20que%20institucionaliza,Programa%2C%20tornando%20sua%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20obrigat%C3%B3ria%2C%20considera%20que:&text=De%2060%25%20a%2070%25%20do%20escoamento%20superficial,em%20obras%20privadas%20como%20em%20obras%20p%C3%ABlicas). Acesso em 20 out. de 2024.
- ALENCAR, S. G. *et al.*. **Técnicas compensatórias de drenagem urbana para manejo de águas pluviais: revisão sistemática e análise comparativa de métodos convencionais e inovadores no estado de Mato Grosso.** XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, 2022. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13897>. Acesso em: 04 out. 2024.
- ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. *Ci. Fl., Santa Maria*, v. 29, p. 193-207, 2019.
- ANA – **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.** 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Manual de drenagem urbana sustentável.** 2015.
- BADESSA, M. **Comunidade Locomotiva: rua vira 'rio', e água invade casas em área com problema crônico de enchentes em Ribeirão Preto.** G1, Ribeirão Preto, 07 nov. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2024/11/07/rua-vira-rio-e-agua-invade-casas-em-comunidade-com-problema-cronico-de-enchentes-em-ribeirao-preto-video.ghtml>. Acesso em: 02 set. 2025.
- BARROS, E. N. *et al.*. Jardins de chuva para mitigação dos alagamentos urbanos: análise de um projeto piloto. 2024. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v.17, p. 1396–1411, 2024.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos Institucionais e de Financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, p. 29-49, 2002.

BELO HORIZONTE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Prefeitura de Belo Horizonte, 2016. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Cap%C3%ADtulo1\\_Drenagem%20Urbana%20em%20BH.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Cap%C3%ADtulo1_Drenagem%20Urbana%20em%20BH.pdf). Acesso em: 4 set. 2025.

BENINI, R. M.; ROSIN, J. Resiliência urbana e infraestrutura verde: estratégias sustentáveis para drenagem urbana. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 87–103, 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana sustentável: manual de diretrizes técnicas**. Brasília: MCidades, 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Manual de Drenagem Urbana Sustentável**. Brasília: MDR, 2020.

BRILHANTE, A. K. V. C. **Transição para Cidade-Esponja: Desafios e oportunidades para a cidade de João Pessoa-PB**. 2020.

BOEHM, S.; SCHUMER, C. **10 conclusões do Relatório do IPCC sobre Mudanças Climáticas de 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/10-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-sobre-mudancas-climaticas-de-2023>. Acesso em: 4 set. 2025.

CALVÁRIO A. C. *et al.*. **Jardins de chuva e dispositivos de drenagem por meio de infiltração: uma revisão sistemática da literatura**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2022. Disponível em: [https://abes-dn.org.br/anaisletronicos/32cbesa/916\\_tema\\_ix.pdf](https://abes-dn.org.br/anaisletronicos/32cbesa/916_tema_ix.pdf). Acesso em: 15 set. 2025.

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Projeto reconhece jardins de chuva como solução de drenagem urbana**. 2024. Disponível em:

<https://www.curitiba.pr.leg.br/informacao/noticias/projeto-preve-jardins-de-chuva-na-drenagem-urbana-de-curitiba>. Acesso em: 05 ago. 2025.

CASTAGNA, G. *et al.* **Integração comunitária em projetos de drenagem sustentável**. 2023.

CASTAGNA, G.; SABEY, N.; CARDIM, R. **Projeto de jardim de chuva no Largo das Araucárias**. São Paulo: Editora Cidade Sustentável, 2023.

CAU/SC- Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Santa Catarina. **Kongjian Yu defendeu “cidades-esponja” na abertura da Conferência Internacional CAU 2025**. Santa Catarina. Disponível em: <https://www.causc.gov.br/noticias/kongjian-yu-defendeu-cidades-esponja-na-abertura-da-conferencia-internacional-cau-2025/>. Acesso em: 19 nov. 2025.

CETESB, 2025. Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/consulta-por-aquiferos-monitorados/aquifero-guarani/>. Acesso em: 01 ago. 2025.

CICLOVIVO. **Jardins de chuva: solução que reduz os impactos de alagamentos**. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/arq-urb/urbanismo/jardins-de-chuva-solucao-que-reduz-os-impactos-de-alagamentos/>. Acesso em: 22 maio 2025.

CLIMATE DATA. **Clima de Ribeirão Preto**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/ribeirao-preto-3193/#climate-graph>. Acesso em: 08 ago. 2025.

CLIMATEMPO, **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Ribeirão Preto, BR**. 2025. Disponível em: <https://www.climatepo.com.br/climatologia/530/ribeiraopreto-sp>. Acesso em: 10 jan. 2025.

COLOMBELLI, M. Drenagem urbana e o planejamento sustentável. *Revista Gestão Urbana*, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 321–339, 2018.

CONTE, I. R. *et al.*. Estudos de caso para redução do índice de problemas relacionados à enchente no estado de São Paulo. **Revista FT**, São Paulo. 2022. DOI: 10.5281/zenodo.7357549. ISSN 1678-0817.

COSTA FILHO, J. L.; SILVA, J. S.. Estudo de caso: análise de drenagem urbana em trecho da Avenida Beira Rio em Gurupi-TO. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 06, Ed. 05, Vol. 09, pp. 24-36. Maio de 2021. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/avenida-beira> Acesso em: 10 abr. 2025.

COSTA, U. W. de C. A **(In)Sustentabilidade dos sistemas de drenagem urbana**: Proposta de modelo de cobrança baseado em incentivo no uso de técnicas LID para financiamento dos sistemas municipais. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hídrica) - Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020.

CPRM. Serviços Geológicos do Brasil.**Vitória/ ES**. 2017. Disponível em:: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG%20-%202017/Processos%20Hidrol%C3%B3gicos%20%20-%20Inunda%C3%A7%C3%B5es,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%81reas%20de%20Risco.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2025.

DAEE/CETESB. **Manual de Projeto de Drenagem Urbana**. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). 1980.

DAERP/ SAERP. **Revisão do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto**. Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto. 2022.

DAILY MARE. **Gdańsk withstands record rainfall thanks to long-term water infrastructure Investments**. Disponível em: <https://dailymare.com/news/gdansk-withstands-record-rainfall-thanks-to-long-term-water-infrastructure-investments,1628>. Acesso em: 9 out. 2025.

DAVIS, A. P. *et al.*, M. Bioretention Technology: Overview of Current Practice and Future Needs. **Journal of Environmental Engineering**, v. 135, 2009.



DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - GOVERNO. DO ESTADO DO PARANÁ. **Fraca ou forte? Simepar explica a relação entre o tempo e o volume das chuvas.** 2025. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Fraca-ou-forte-Simepar-explica-relacao-entre-o-tempo-e-o-volume-das-chuvas#:~:text=Entre%20%2C3%20mm%20e,mm%20%C3%A9%20considerada%20chuva%20extrema>. Acesso em: 25 nov. 2025.

DUNNETT, N.; CLAYDEN, A.. **Rain gardens:** managing water sustainably in the garden and designed landscape. Portland: Timber Press, 2007.

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Bioretention Manual.** Washington, DC, 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/bioretention-manual>. Acesso em: 10 abr. 2025.

EVERS, M. **Nature-based solutions and urban water management:** integrating green infrastructure in planning. Environmental Science & Policy, 2022.

FERRAZ, C.; CASTAGNA, G.. **Guia Prático de Jardins de Chuva para Cidades.** Fluxus Design Ecológico, s.d. Disponível em: [https://fluxus.eco.br/wp-content/uploads/2025/05/JARDINS-DE-CHUVA-PARA-CIDADES\\_-2025\\_compressed.pdf](https://fluxus.eco.br/wp-content/uploads/2025/05/JARDINS-DE-CHUVA-PARA-CIDADES_-2025_compressed.pdf) Acesso em: 23 maio 2025.

FLORIAN, M. C. **Paisagista Kongjian Yu, pioneiro do conceito de "cidade esponja", recebe o Prêmio Oberlander 2023.** Disponível em: [https://www.archdaily.com.br/br/1008501/paisagista-kongjian-yu-pioneiro-do-conceito-de-cidade-esponja-recebe-o-premio-oberlander-2023?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com.br/br/1008501/paisagista-kongjian-yu-pioneiro-do-conceito-de-cidade-esponja-recebe-o-premio-oberlander-2023?ad_medium=gallery). Acesso em: 10 abr. 2025.

GALDINO, F.; SILVA, A. Infraestrutura Verde e Cidades Esponja: fundamentos para o planejamento urbano resiliente. **Revista de Engenharia Urbana**, 2025.

GONDIM, F. R. **Jardins de Chuva: uma análise teórica e experimental para a implementação no Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.bdttd.uerj.br:8443/handle/1/23416>. Acesso em: 20 jul. 2025.

GONDIM, F. R., JÚNIOR, Alberto Akira Ohnuma, OBRACZKA, Marcelo. **Jardins de Chuva: Atualizações sobre a técnica a partir de uma revisão sistemática**. Rain Gardens: Technique Updates Based On A Systematic Review. 2023. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n5.201-215>.

GOMES, M. V. R.; VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M. G.. Infraestruturas Verdes e Azuis como Estratégia Projetual de Cidades mais Inteligentes. In: Encontro Latino-americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (euroELECS), 4., 2021. **Anais [...]. [S. l.], 2021. p. 1196–1209. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/2689>**. Acesso em: 20 jul. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei Complementar nº 1.395, de 16 de março de 2024**: Cria a Região Metropolitana de Ribeirão Preto. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei.complementar/2023/lei.complementar-1395-22.12.2023.html>. Acesso em: 15 dez. 2024.

GONZALA, G. G.. **A industrialização, impactos ambientais e a necessidade de desenvolvimento de políticas ambientais sustentáveis no século XXI**. Faculdade UNINTER, 2018. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/bitstream/handle/1/295/1355104%20-%20GABRYELLY%20GODOIS%20GANZALA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 dez. 2024.

HABITABILITY. **Manual técnico de jardins de chuva para áreas urbanas**. São Paulo: Habitability Sustentável, 2022. Disponível em: <https://habitability.com.br/jardins-de-chuva-minimizam-efeitos-de-alagamento/>. Acesso em: 9 fev. 2025.

HABITABILITY. **Guia prático de jardins de chuva para cidades brasileiras**. São Paulo: Habitat Brasil, 2023.

HERNANDEZ, L. C.; SZIGETHY, L.. **Controle de enchentes**: exemplos do uso da tecnologia e inovação para o controle de enchentes. Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade (IPEA), 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/231-controle-de-enchentes>. Acesso em: 04 abr. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04 abr. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas populacionais**. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 04 abr. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações municipais de Ribeirão Preto**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/ribeirao-preto.html>. Acesso em: 04 abr. 2025.

IDE-SP - **Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo**. Disponível em: <https://www.idesp.sp.gov.br/>. Acesso em: 04 abr. 2025.

INFORMATIVO REGIONAL. **Ações Humanas Potencializam Efeitos das Chuvas e Contribuem para Alagamentos**. Disponível em: [https://www.informativoregional.net/geral/acoes\\_humanas\\_potencializam\\_efeitos\\_das\\_chuvas\\_e\\_contribuem\\_para\\_alagamentos.413326](https://www.informativoregional.net/geral/acoes_humanas_potencializam_efeitos_das_chuvas_e_contribuem_para_alagamentos.413326). Acesso em: 04 abr. 2025.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Relatório Climático**. 2018. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 04 abr. 2025.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Relatório Especial: Aquecimento Global de 1,5°C. Genebra: IPCC, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 10 maio 2025.

IPCC -Intergovernmental Panel on Climate Change. **Aquecimento Global de 1,5°C**. Sumário para Formuladores de Políticas. 2018. Disponível em:

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2025.

LOPES, L. S.; MARQUES, R. F.P.V.; SILVA, F. B.. **Jardins de chuva**: uma revisão da literatura. 18º Congresso Nacional de Meio Ambiente. Poços de Caldas, 2021. Disponível em: [https://meioambientepocos.com.br/anais/ANAIIS%202021/288\\_jardins-de-chuva-uma-revisao-de-literatura.pdf](https://meioambientepocos.com.br/anais/ANAIIS%202021/288_jardins-de-chuva-uma-revisao-de-literatura.pdf). Acesso em: 5 nov. 2024.

LI, J. Q.; ZHAO, W. W. Design and Hydrologic Estimation Method of Multi-Purpose Rain Garden: Beijing case study. **In**: International low impact development conference, Seattle, 2008.

MAIA, D. C. **Impactos pluviais na área urbana de Ribeirão Preto - SP**. 2007. 153 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/13771a22-0b6f-49c3-9f9f-6fe6a788820c>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MARQUES, J. J. S. *et al.* Caracterização hidrogeológica da zona de recarga do Aquífero Guarani no município de Ribeirão Preto, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 207–216, 2003

MELO, T. A. *et al.* **Jardim de chuva**: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2014.

MENDES, R. Transformações ambientais desde a Revolução Industrial. Campinas: Editora Histórica, 2020.

MENEZES, L. A. A. *et al.* **Cidades esponjas e suas técnicas compensatórias: uma revisão sistemática de literatura**. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32606>.

MINCATO, R.; ENZWEILER, J.; SCHRANK, A. (2003). **Novas idades  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  e implicações na metalogênese dos depósitos de sulfetos magmáticos de Ni-Cu-EPG na Província Ígnea Continental do Paraná**. 9th Brazilian Congress of Geochemistry, Belém

(Pará). 2003. 67-92. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/285884184\\_Novas\\_idades\\_39Ar40Ar\\_e\\_implicacoes\\_na\\_metalogenese\\_dos\\_depositos\\_de\\_sulfetos\\_magmaticos\\_de\\_Ni-Cu-EPG\\_na\\_Provincia\\_Ignea\\_Continental\\_do\\_Parana](https://www.researchgate.net/publication/285884184_Novas_idades_39Ar40Ar_e_implicacoes_na_metalogenese_dos_depositos_de_sulfetos_magmaticos_de_Ni-Cu-EPG_na_Provincia_Ignea_Continental_do_Parana). Acesso em: 10 abr. 2025.

MPCA – Minnesota Pollution Control Agency. **Stormwater manual: bioretention**. 2005. Disponível em: <https://stormwater.pca.state.mn.us>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MOURA, N. C. B. de. (2014). **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas de chuva**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-30052014-104153/> Acesso em: 21 mar. 2025.

MUTHANNA, T. M.; VIKLANDER, M.; THOROLFSSON, S. T. **Seasonal Climatic Effects on the Hydrology of a Rain Garden**. Hydrological Process, 2008.

OICS - CATÁLOGO BRASILEIRO DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA. **Jardins de chuva: Condições e etapas para implementação**. 2021. Disponível em: <https://catalogo-sbn-oics.cgee.org.br/solucoes/jardim-de-chuva/condicoes-e-etapas-para-implementacao/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

OMM -World Meteorological Organization. **Previsão da Organização Meteorológica Mundial** Disponível em: <https://wmo.int/>. Acesso em: 22 nov. 2025.

OKIMOTO, F. S.; SANTOS, K. **Conduta dos. Jardins de Chuva: Conceitos, Práticas e Desempenhos**. Estrabão, v. 4, p. 125–136, 2023.

OKIMOTO, P.; SANTOS, R.. **Infraestrutura Verde e Azul: fundamentos e aplicações**. Campinas: Editora da Unicamp, 2021.

OLIVEIRA, M. **Meteorologista do Inmet explica como classificar a intensidade das chuvas**. 2021. Disponível em: <https://controle.portalmultiplix.com/noticias/cotidiano/meteorologista-do-inmet-explica-como-classificar-a-intensidade-das-chuvas>. Acesso em: 20 nov. 2025.

OLIVEIRA, Í. J. L. S. *et al.* **Benefícios Da Implantação Dos Jardins De Chuva No Meio Urbano**. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2020.

OLIVEIRA, M. *et al.* Soluções Baseadas na Natureza para águas urbanas: discussão das propostas de projetos de drenagem urbana e de mitigação de mudanças climáticas na cidade de São Paulo. **Scientific Journal ANAP**, v. 01, 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wup/>. Acesso realizado em 5 de maio 2025.

PLANO DE CONTINGÊNCIA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (PCDC). 2022. **Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Ribeirão Preto/SP (COMPDEC-RP)**. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/pdf/casa-civil-06202207.pdf>. Acesso em: 23 maio 2025.

PEGORARO, A.; VERONESI, C. Avaliação da eficiência de jardins de chuva no controle do escoamento superficial. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 65-78, 2023.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **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**. Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento e Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos. 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy\\_of\\_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR\\_SEI\\_00042.000497\\_2023\\_74.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf). Acesso em: 20 set. 2025.

PHILADELPHIA WATER DEPARTMENT. 2019. Disponível em: <https://www.phila.gov/departments/philadelphia-water-department/>. Acesso em: 01 mar. 2025.

PORTLAND BUREAU OF ENVIROMENT SERVICES (2017). Portland (2016). Stormwater Management Manual. Disponível em: <<https://www.portlandoregon.gov/bes/64040>>. Acesso em: 20 abr. 2025.

PORTLAND AND THE FEDERAL GOVERNMENT. **Environmental Services**. 2021. Disponível em: <https://www.portland.gov/bes>. Acessado em 08 ago 2025

PREFEITURA DE CURITIBA. **Curitiba é referência em resiliência urbana após avanços na infraestrutura e macrodrenagem**. 2023a. Disponível em: <https://servidor.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-e-referencia-em-resiliencia-urbana-apos-avancos-na-infraestrutura-e-macrodrenagem/75423>. Acesso em: 05 ago. 2025.

PREFEITURA DE CURITIBA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba inicia nova fase com foco em soluções sustentáveis**. 2023b. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br>. Acesso em: 05 ago. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PCDC)**. 2022. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/pdf/casa-civil-06202207.pdf>. Acesso em: 23 mai 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Diagnóstico Ambiental – Estudos Ambientais**. Aditivo Técnico. Disponível em: <https://www.coderp.sp.gov.br/portal/pdf/p-ambiente07202111.pdf>. Acesso 15 abr. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Geoportal**. Disponível em: <https://webgis.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/apps/sites/#/geoportal>. Acesso em: 02 fev. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano de Ações Emergenciais – Defesa Civil. Ribeirão Preto**, 2024b. Disponível em:

<https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/pdf/casa-civil-06202207.pdf>. Acesso em: 07 set. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano Diretor Municipal. Ribeirão Preto: Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto.** Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório Técnico – Drenagem Urbana.** Ribeirão Preto: Secretaria de Obras Públicas, 2024c. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/>. Acesso em: 07 set. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. Secretaria de Planejamento e Gestão Pública. **Atualização do Plano Diretor de Macrodrenagem das Bacias do Ribeirão. Relatório Consolidado.** Volume Iv- Anteprojeto, Medidas Estruturais e Medidas Não-Estruturais. Tomo I-Texto. 2010. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/obras/macrodrenagem>. Acesso em: 25 jun. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Ribeirão Preto: Secretaria de Obras e Serviços. 2024a. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/>. Acesso em: 07 set. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano de Saneamento Básico De Ribeirão Preto.** Caderno 2: Sistema de Abastecimento de Água. 2024d. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/pdf/planejamento2060202405.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano de Saneamento Básico de Ribeirão Preto.** Caderno 5: Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. 2024c. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/>. Acesso em: 07 set. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Relatório de drenagem urbana da Avenida Maurílio Biagi.** Ribeirão Preto: Secretaria de Obras, 2022a. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/590208510/Plano-Diretor-de-Drenagem-Urbana-de-Ribeirao-Preto-SP>. Acesso em: 4 set. 2025.



PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. **Justificativa Técnica da Revisão da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo**. 2022. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. **Revisão da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo**. Produto 4: Relatório Síntese Ambiental. 2019. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/>. Acesso em: 07 set. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Sistema de Abastecimento de Água**. Caderno 2. 2024e. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/pdf/planejamento2060202405.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Jardins de chuva**: soluções baseadas na natureza para uma cidade mais resiliente. São Paulo: Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, 2021. Acesso em: 03 abr. 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Jardins de chuva melhoram o escoamento das águas e trazem beleza para a capital paulista**. 2023. Disponível em: <https://prefeitura.sp.gov.br/web/subprefeituras/w/noticias/356074>. Acesso em: 03 abr. 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Relatório de implantação de jardins de chuva**. 2023. São Paulo: Secretaria do Verde e Meio Ambiente, 2023. Disponível em: <https://prefeitura.sp.gov.br/web/subprefeituras/w/noticias/356074> Acesso em : 03 abr. 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Confira nossos jardins de chuva!** Subprefeitura Sé. 2025. Disponível em <https://prefeitura.sp.gov.br/web/se/w/noticias/121529>. Acesso em: 22 nov. 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica DPO nº 11, de 30/05/2017**. Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos Departamento de Águas e Energia Elétrica Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização. 2017. Disponível em:

<https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/gestao/instrucao-dpo-011-17.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE. **Memorial de Cálculo de Drenagem Pluvial Obras de Drenagem da Rua Francisca Ricardina de Paula**. 2021. Disponível em: <https://pousoalegre.mg.gov.br/licitacoes/DAC-PMPA-RSM-PE-DRE-R00.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.

PRIOSTE, M.A.O. **Governança local de águas pluviais baseada no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto (LIUDD)**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia e Ciências, 2022.

PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES. CONTROLE DE INUNDAÇÕES. Programa Ruas Verdes de Portland- EUA. Disponível em: [https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF\\_Inic%20Insp04%20PORTLAND%20\\_revitalizacao%20de%20ruas\\_web.pdf](https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF_Inic%20Insp04%20PORTLAND%20_revitalizacao%20de%20ruas_web.pdf). Acesso em: 11 nov. 2025.

RANGEL, J. **Ilhas de Calor**: O que são e quais estratégias para diminuir seus efeitos. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/o-que-sao-ilhas-de-calor/>. Acesso em: 20 out. 2024.

REBOUÇAS, A. C. **Águas subterrâneas**: um recurso vulnerável. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

REIS, R. P.; ILHAS, A. **Poço de Infiltração e Jardim de Chuva**: Comparação de Desempenho em Drenagem Urbana. *Ambient. Constr.*, v.14, 2014.

REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (RMBH). **Plano Estadual de Drenagem**. 2020.

ROSA, F. M. **Soluções sustentáveis para drenagem urbana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.

ROSSETO, G. P.; TRAVASSOS L. Drenagem urbana e emergência climática: a difícil transição para a sustentabilidade (natureza, crise ambiental e mudanças climáticas). **Anais do XXI Encontro Nacional da ANPUR**. 2025.

SAERP - Secretaria de Águas e Esgotos de Ribeirão Preto. Disponível em: [www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/saerp/](http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/saerp/). Acesso em: 27 nov. 2024.

SANTOS, A. L. B. Jardins de chuva como solução baseada na natureza: contribuições ao controle da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Sustentabilidade e Meio Ambiente**, v. 6, p. 59-72, 2020a.

SANTOS, D. C. **Jardins de chuva como estratégias sustentáveis de drenagem urbana**. São Carlos: EdUFSCar, 2020b.

SANTOS, E. C. M. O papel das comunidades para a construção de cidades resilientes: o caso do Jardim de chuva do Largo das Araucárias, Pinheiros-SP. **Revista LABVERDE**, v. 10. 2020.

SEATTLE PUBLIC UTILITIES. **RainWise Program Overview**. Seattle, 2020.

SILVA, G. L. O. *et al.* Os Impactos da Drenagem Urbana nos Sistemas de Saneamento Básico e Saúde Pública. **European Academic Research**, v. 8, 2021.

SILVA, F. de P. *et al.* Arcabouço geológico e hidrofacies do Sistema Aquífero Guarani, no município de Ribeirão Preto (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, p. 56-67, 2008.

SILVA, L. H. *et al.* Sistemas de biorretenção para o manejo das águas pluviais: panorama internacional e critérios para projeto. **Research, Society and Development**, v. 9, 2020.

SILVA, J. A.; MOURA, M. F. Soluções baseadas na natureza: biorretenção no contexto urbano brasileiro. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 6, p. 101–115, 2017.

SILVA, M. R. V. *et al.* Jardins De Chuva: Técnicas Compensatórias para Sistemas de Drenagem. **Ciências exatas e tecnológicas**, Alagoas, v. 5, p. 13-20, 2018.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Controle De Inundações: Programa Ruas Verdes De Portland** – EUA. São Paulo: Soluções para Cidades, 2013. Disponível em: [https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF\\_Inic%20Insp04%20PORTLAND%20\\_revitalizacao%20de%20ruas\\_web.pdf](https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF_Inic%20Insp04%20PORTLAND%20_revitalizacao%20de%20ruas_web.pdf). Acesso em: 31 jul. 2025.

SOUZA, V. C. B. Gestão de Drenagem Urbana no Brasil: Desafios para a sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, p.58, 2013.

SOMAR METEOROLOGIA. **Dados meteorológicos de Ribeirão Preto**. 2025. Disponível em: [https://somarmeteorologia.com.br/security/defesa\\_civil/mapas.php?ano=2025&cid=RibeiraoPreto-SP&mes=01](https://somarmeteorologia.com.br/security/defesa_civil/mapas.php?ano=2025&cid=RibeiraoPreto-SP&mes=01). Acesso em: 06 maio 2024.

TAKAGI, H.; et.al. Green Infrastructures in Megacity Jakarta: Current Status and Possibilities. **In: Urban and Transit Planning**. Springer, 2021. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-6791-6\\_21](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-6791-6_21). Acesso em 15 abr. 2025

SZPAKOWSKI, W. **Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis no Mundo e no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2022.

TIENGO, R.; ZANETTI, L.; ZARUH. H. **Ruas e avenidas têm alagamentos e 'corredeiras' durante forte chuva em Ribeirão Preto**. *G1*, Ribeirão Preto, 08 jan. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2025/01/08/chuva-provoca-alagamentos-em-ribeirao-preto.ghtml>. Acesso em: 15 abr. 2025.

TOMINAGA, E. N. S. **Urbanização e Cheias: Medidas de Controle na Fonte**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2013.

TORNES, L.H. **Effects of Rain Gardens on the Quality of Water in the Minneapolis**. St. Paul Metropolitan Area of Minnesota, 2002.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos avançados**, v. 22, 2008.

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. Regulação das Águas Pluviais Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 2017.

WINSTON, R. J. *et al.* Certifying the Landscape Community in Rain Garden Installation: the North Carolina experience. **In**: International Low Impact Development Conference, San Francisco, 2010.

ZAREI, M.; SHAHAB, S. Nature-Based Solutions in Urban Green Infrastructure: A Systematic Review of Success Factors and Implementation Challenges. **Land**, v. 14, p. 818, 2025.