



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA  
PARAÍBA DIRETORIA GERAL DO CAMPUS JOÃO PESSOA  
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR  
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**LAURA PEDROSA DE ALBUQUERQUE BARBOSA**

**PROPOSTA DE INTERVENÇÕES DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL  
PARA UMA ÁREA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA – PB**

**JOÃO PESSOA**

**2026**

**LAURA PEDROSA DE ALBUQUERQUE BARBOSA**

**PROPOSTA DE INTERVENÇÕES DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL  
PARA UMA ÁREA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro(a) Civil.

Orientadora: Dra. Mirella Leôncio Motta e Costa.

**JOÃO PESSOA**

**2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *Campus* João Pessoa

B238p

Barbosa, Laura Pedrosa de Albuquerque.

Proposta de intervenções de drenagem urbana sustentável para uma área do Município de João Pessoa – PB / Laura Pedrosa de Albuquerque Barbosa. – 2026.

68 f. : il.


TCC (Graduação – Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Departamento de Ensino Superior / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, 2026.

Orientação: Prof<sup>a</sup> Dra. Mirella Leôncio Motta e Costa.

1. Drenagem urbana sustentável. 2. Alagamentos 3. Valentina - bairro. 4. João Pessoa. 5. escoamento superficial. I. Título.

CDU 556.51:502.131.1(043)

Bibliotecária responsável: Lucrecia Camilo de Lima – CRB 15/132

 <p><b>INSTITUTO FEDERAL</b> Paraíba</p>	<p>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba CAMPUS JOÃO PESSOA</p>
---	--

DECISÃO 27/2026 - CBEC/UA1/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB, de 9 de março de 2026.

**LAURA PEDROSA DE ALBUQUERQUE BARBOSA**

**PROPOSTA DE INTERVENÇÕES DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL PARA UMA ÁREA DO  
MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA – PB**

	<p>Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito curricular para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil</p>
--	--

Aprovado em 27 de fevereiro de 2026

**Banca Examinadora**

**Dra. Mirella Leôncio Motta e Costa (Orientadora - IFPB)**

**Me. Camila Campos Gomez Famá (Examinadora Interna - IFPB)**

**Me. Mellyne Palmeira Medeiros (Examinadora Interna - IFPB)**

**JOÃO PESSOA**

**2026**

Documento assinado eletronicamente por:

- **Mirella Leôncio Motta e Costa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 09/03/2026 13:40:31.
- **Camila Campos Gomez Famá**, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CBEC-JB, em 10/03/2026 14:30:25.
- **Mellyne Palmeira Medeiros**, COORDENADOR(A) DE CURSOS - FUC1 - UA1-JB, em 11/03/2026 08:42:28.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/03/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código: 847026  
Verificador: 2924515006  
Código de Autenticação:



**NOSSA MISSÃO:** Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

**VALORES E PRINCÍPIOS:** Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

"Dedico este trabalho à minha avó paterna Severina Freire, à minha mãe Antônia Fabiana e ao meu pai Lucas Pedrosa por todo amor, pela força e pelo apoio em todos os momentos da minha vida. À minha família, que sempre me impulsionou a alcançar meus objetivos e aos meus amigos pelo companheirismo ao longo desta jornada acadêmica."

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, que me concedeu saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios desta jornada. Sua presença constante foi essencial para que eu chegasse até aqui, com fé e perseverança, superando cada obstáculo ao longo do caminho.

À minha avó Severina Freire e à minha mãe Antônia Fabiana pelo amor incondicional, apoio constante para não desistir dos meus objetivos e por serem minhas maiores inspirações de mulheres de força e perseverança. Aos meus irmãos, em especial minha irmã Lívia Pedrosa por sempre terem acreditado em mim.

À minha noiva Maria Fernanda que sempre me incentivou em momentos difíceis e depositou toda sua confiança em mim.

Aos meus amigos da jornada na faculdade, que compartilharam risadas, aprendizados, experiências e desafios, tornando essa trajetória acadêmica mais leve, enriquecedora e inesquecível.

Ao meu ambiente de trabalho, pela confiança depositada e pelo conhecimento adquirido, que contribuíram de forma significativa para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha orientadora, professora doutora Mirella Leôncio Motta e Costa, pela paciência, dedicação e disponibilidade. Sua experiência e apoio foram essenciais para a concretização desta pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho.

*“Uma mente que se abre a uma nova  
ideia jamais voltará ao seu tamanho  
original”*

*Albert Einstein*

## RESUMO

A drenagem urbana sustentável tem se consolidado como uma alternativa eficaz para mitigar os impactos da urbanização e da impermeabilização do solo sobre o escoamento das águas pluviais. Neste trabalho, investigou-se a aplicação de sistemas de drenagem urbana sustentável no bairro Valentina, localizado na zona sul do município de João Pessoa–PB, com o objetivo de reduzir os impactos dos alagamentos recorrentes, especialmente na Rua Jorge de Barros Barbosa. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso, com coleta e análise de dados pluviométricos, topográficos e geotécnicos, além de visitas técnicas para identificação dos pontos críticos de alagamento. A área de contribuição delimitada apresentou extensão de 0,084 km<sup>2</sup> (8,4 ha), caracterizada por elevado grau de impermeabilização e baixa capacidade de infiltração, associada à predominância de Argissolos. A partir das curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), determinou-se uma intensidade de precipitação de 208,08 mm/h para um tempo de retorno de 5 anos e duração de 5 minutos, correspondente ao tempo de concentração da bacia. Com base nesses parâmetros, a vazão máxima de escoamento superficial foi estimada em 2,92 m<sup>3</sup>/s por meio do método racional, evidenciando a sobrecarga do sistema de microdrenagem existente. Diante desse cenário, foram propostas soluções baseadas nos princípios da drenagem urbana sustentável, incluindo pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e microreservatórios de retenção. O pavimento permeável foi dimensionado para uma área de 4.130,23 m<sup>2</sup>, resultando em uma espessura máxima da camada de armazenamento de aproximadamente 55,67 mm, adotando-se 15 cm como espessura máxima conforme recomendações do IPH (2005). A trincheira de infiltração foi projetada ao longo da calçada, considerando 5% da área total de drenagem, com dimensões de 500 m de comprimento, 1 m de largura e 1,2 m de profundidade. O microreservatório de retenção foi dimensionado com base na diferença entre as vazões de entrada e saída, sendo proposto um volume de 100 m<sup>3</sup>, com dimensões de 10 m × 10 m × 1,0 m, permitindo o amortecimento de alguns picos de cheia. Conclui-se que a adoção dessas soluções constitui alternativa tecnicamente viável e ambientalmente adequada para o controle de alagamentos urbanos, contribuindo para a redução das vazões de pico e para o planejamento urbano resiliente.

**Palavras-chave:** Drenagem urbana sustentável; Alagamentos; Valentina; João Pessoa; Escoamento superficial.

## ABSTRACT

Sustainable urban drainage has become established as an effective alternative to mitigate the impacts of urbanization and soil impermeability on stormwater runoff. This study investigated the application of sustainable urban drainage systems in the Valentina neighborhood, located in the southern zone of the municipality of João Pessoa–PB, with the aim of reducing the impacts of recurring flooding, especially on Jorge de Barros Barbosa Street. The research was developed through a case study, with the collection and analysis of rainfall, topographic, and geotechnical data, as well as technical visits to identify critical flooding points. The delimited contributing area covered 0.084 km<sup>2</sup> (8.4 ha), characterized by a high degree of impermeability and low infiltration capacity, associated with the predominance of Argisols. Based on the Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves, a rainfall intensity of 208.08 mm/h was determined for a return period of 5 years and a duration of 5 minutes, corresponding to the basin's time of concentration. Based on these parameters, the maximum surface runoff flow was estimated at 2.92 m<sup>3</sup>/s using the rational method, highlighting the overload of the existing microdrainage system. Given this scenario, solutions based on the principles of sustainable urban drainage were proposed, including permeable pavements, infiltration trenches, and micro-detention reservoirs. The permeable pavement was designed for an area of 4,130.23 m<sup>2</sup>, resulting in a maximum storage layer thickness of approximately 55.67 mm, adopting 15 cm as the maximum thickness according to IPH (20025) recommendations. The infiltration trench was designed along the sidewalk, considering 5% of the total drainage area, with dimensions of 500 m in length, 1 m in width, and 1.2 m in depth. The micro-detention reservoir was sized based on the difference between the inflow and outflow rates, proposing a volume of 100 m<sup>3</sup>, with dimensions of 10 m × 10 m × 1.0 m, allowing for the attenuation of some flood peaks. It is concluded that the adoption of these solutions constitutes a technically viable and environmentally appropriate alternative for the control of urban flooding, contributing to the reduction of peak flows and to resilient urban planning.

**Keywords:** Sustainable urban drainage; Flooding; Valentina; João Pessoa; Surface runoff.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de valetas de infiltração: (a) Esquema de uma vala de infiltração entre pistas de rodovias; (b) Foto de vala de infiltração em rodovia da Inglaterra.....	19
Figura 2 - Jardins de chuva.....	19
Figura 3 - Telhado Verde.....	20
Figura 4 - Calçada permeável com jardim.....	20
Figura 5 - Pavimentos semipermeáveis.....	21
Figura 6 - Trincheira de infiltração: (a) uso comercial; (b) uso residencial.....	21
Figura 7 - Reservatório de retenção.....	22
Figura 8 - Microreservatório enterrado.....	23
Figura 9 - Boca de lobo obstruída na Rua Jorge de Barros Barbosa.....	26
Figura 10 - Fluxograma das etapas.....	30
Figura 11 - Coeficientes de escoamento superficial.....	35
Figura 12 - Matéria do portal “parkcowboy” publicado no aplicativo “Instagram” de alagamentos nas proximidades do Valentina e ao redor do Centro Profissional Deputado Antônio Cabral - CPDAC.....	43
Figura 13 - Localização da bacia e área de drenagem.....	45
Figura 14 - Curvas de nível.....	46
Figura 15 - Área e fluxo da rede de drenagem.....	46
Figura 16 - Classificação dos solos em João Pessoa.....	47
Figura 17 - Área delimitada.....	47
Figura 18 - Requerimento de solicitação à SEINFRA (Secretaria de Infraestrutura do município de João Pessoa) para desobstrução da rua Jorge de Barros Barbosa.....	48
Figura 19 - Curvas IDF.....	49
Figura 20 - Esboço conceitual das intervenções propostas.....	52
Figura 21 - Solução apresentada com pavimento permeável.....	53
Figura 22 - Método gráfico para determinação do $hm_{\max}$ .....	54
Figura 23 - Solução apresentada com trincheira de infiltração.....	55
Figura 24 - Área de drenagem da cobertura da quadra para o microreservatório.....	58
Figura 25 - Hidrograma pré-ocupação.....	58
Figura 26 - Hidrograma pós-ocupação.....	59
Figura 27 - Forma do microreservatório: paralelepípedo.....	59
Figura 28 - Microreservatório enterrado.....	60
Figura 29 - Esboço das dimensões do microreservatório com vertedouro.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intensidades máximas de precipitação (mm/h) para o local de estudo.....	46
Tabela 2 - Determinação do $h_{m\acute{a}x}$ .....	51
Tabela 3 - Volumes escoados para a trincheira.....	53
Tabela 4 - Volumes de saída de água da trincheira.....	53

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
3.1 Política Nacional de Saneamento Básico e a drenagem urbana.....	16
<b>3.2 Drenagem Urbana.....</b>	<b>17</b>
3.3 Drenagem Urbana Sustentável.....	17
3.3 Técnicas e soluções em drenagem urbana sustentável.....	18
3.4 Infraestrutura verde: seus benefícios à sociedade e ao meio ambiente.....	23
3.5 ODUS e drenagem urbana sustentável.....	23
3.6 Qualidade da água de escoamento urbano: resíduos sólidos e sedimentos.....	25
3.7 Norma de Referência NR 12/2025 para Drenagem Urbana Sustentável.....	26
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
4.1 Caracterização da área de estudo.....	29
4.2 Coleta de dados em campo.....	30
4.3 Tratamento e análise das informações.....	30
4.4 Determinação das Intensidades de Precipitação.....	31
4.5 Determinação da vazão máxima.....	32
4.6 Proposta de intervenções na área de estudo.....	33
4.6.1 Pavimentos permeáveis.....	34
4.6.2 Trincheiras de infiltração.....	35
4.6.3 Microreservatórios de retenção.....	38
4.6.4 Síntese das intervenções propostas.....	39
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
5.1 Caracterização da área de estudo.....	41
5.2 Curvas IDF - Intensidade, Duração e Frequência.....	45
5.3 Vazão máxima.....	47
5.4 Intervenções propostas.....	48
5.4.1 Pavimento permeável.....	49
5.4.2 Trincheira de Infiltração.....	51
5.4.3 Microreservatório.....	54
5.4.4 Outras recomendações.....	57
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado nas cidades brasileiras, frequentemente associado à ocupação desordenada do solo e à insuficiência de planejamento urbano, tem agravado de forma significativa os problemas relacionados à drenagem das águas pluviais. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), mais de 80% da população brasileira vive em áreas urbanas, onde a expansão de superfícies impermeáveis compromete a infiltração natural da água no solo. Informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022) indicam que mais de 60% dos municípios brasileiros enfrentam recorrentes problemas de alagamentos e enchentes, evidenciando a limitação dos sistemas convencionais de drenagem. No PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa, 2014) evidencia os locais de maiores eventos de alagamentos e inundações, sendo o principal caminho para iniciar o estudo investigativo da região escolhida, a preferência pela Zona Sul deu-se a partir da leitura do plano devido ao maior índice de crescimento urbano desordenado nessa região sendo mais propícia a problemas de saneamento. Além disso, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2025) destaca que a falta de integração entre drenagem urbana, uso do solo e gestão de recursos hídricos contribui para o aumento do escoamento superficial, da poluição difusa e dos impactos socioambientais associados às chuvas intensas, cenário agravado pelas mudanças climáticas e pela crescente frequência de eventos extremos.

A drenagem urbana sustentável surge como uma solução promissora para mitigar esses problemas. Trata-se de um conjunto de práticas e tecnologias que buscam restabelecer o equilíbrio do ciclo hidrológico, utilizando soluções baseadas na natureza, como pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes. Essas abordagens não apenas promovem o escoamento eficiente das águas pluviais, mas também proporcionam benefícios ecológicos, como a redução das enchentes, a melhoria da qualidade da água e a promoção da biodiversidade urbana.

No contexto do município de João Pessoa, o bairro Valentina, é um exemplo claro dos impactos negativos da urbanização desordenada e da falta de um planejamento adequado de drenagem. A região sofre com alagamentos recorrentes, resultado da impermeabilização do solo e da insuficiência ou ineficácia dos sistemas de drenagem existentes. Esses eventos não apenas afetam a infraestrutura urbana e os serviços públicos, mas também comprometem a qualidade de vida da população, gerando danos econômicos e sociais.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar a viabilidade e as

vantagens da implementação de sistemas de drenagem urbana sustentável no bairro Valentina. A pesquisa visa mapear os pontos críticos de alagamento e propor soluções adequadas, considerando tanto os aspectos técnicos das soluções sustentáveis quanto a realidade socioeconômica da região. Além disso, busca-se destacar a importância de uma gestão integrada dos recursos hídricos, que envolva políticas públicas eficazes e a conscientização da comunidade local sobre a relevância da drenagem sustentável para a melhoria da qualidade de vida urbana.

A partir de uma análise detalhada das condições atuais da drenagem urbana no bairro, bem como do levantamento de soluções tecnológicas inovadoras, espera-se contribuir para um planejamento mais sustentável da cidade, erradicando os impactos das chuvas intensas e promovendo um desenvolvimento urbano digno à população.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo a proposição de melhorias para a população utilizando sistemas de drenagem urbana sustentável para um estudo de caso localizado na Comunidade Frei Damião na região central do bairro Valentina.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar a partir do Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (2014) locais com alagamentos frequentes;
- Realizar visita técnica na área de estudo selecionada;
- Realizar um estudo hidrológico para a área de estudo;
- Propor os tipos de dispositivos de drenagem urbana sustentável que podem ser aplicados na área de alagamento.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Política Nacional de Saneamento Básico e a drenagem urbana**

A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), instituída pela Lei nº. 11.445/2007 e atualizada pela Lei nº 14.026/2020, estabelece o marco legal para a organização, o planejamento e a prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil. De acordo com essa legislação, o saneamento básico é composto por quatro componentes fundamentais: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2007).

No contexto da PNSB, a drenagem urbana deixa de ser tratada apenas como uma obra de engenharia hidráulica e passa a ser reconhecida como um serviço público essencial, diretamente relacionado à saúde pública, à proteção ambiental e à qualidade de vida da população. A lei define a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais destinadas à coleta, transporte, detenção, retenção, infiltração, tratamento e disposição final das águas provenientes das precipitações, com vistas à prevenção de danos causados por inundações e alagamentos.

A Política Nacional de Saneamento Básico estabelece ainda que os municípios, na condição de titulares dos serviços, são responsáveis pelo planejamento e pela gestão da drenagem urbana, devendo elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2014), no qual a drenagem deve ser abordada de forma integrada às demais políticas urbanas, ambientais e de uso do solo. No entanto, historicamente, observa-se que esse componente do saneamento recebeu menor atenção em relação ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, o que contribuiu para a insuficiência e a defasagem dos sistemas de drenagem em grande parte das cidades brasileiras.

Com a atualização do marco legal em 2020 e a ampliação das atribuições da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a PNSB passou a contar com normas de referência nacionais, como a Resolução ANA nº 245/2025, que institui a Norma de Referência nº 12/2025 para a drenagem urbana sustentável. Dessa forma, a política nacional fornece a base legal que justifica e orienta a adoção de soluções sustentáveis, priorizando o controle do escoamento na fonte, o uso de Soluções Baseadas na Natureza e a mitigação dos impactos hidrológicos da urbanização.

Assim, a Política Nacional de Saneamento Básico constitui o fundamento legal que estabelece a obrigatoriedade do planejamento da drenagem urbana pelos municípios, ao

mesmo tempo em que incentiva a transição de modelos tradicionais para sistemas mais sustentáveis, resilientes e integrados. A compreensão desse marco normativo é essencial para embasar a análise e as propostas de drenagem urbana sustentável desenvolvidas neste trabalho.

### **3.2 Drenagem Urbana**

O escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas em razão de dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados:

- a. inundações de áreas ribeirinhas: são inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica;
- b. inundações em razão da urbanização: são as inundações que ocorrem na drenagem urbana por causa do efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento (Tucci, 2008).

No contexto da drenagem urbana, os sistemas podem ser classificados em microdrenagem e macrodrenagem, de acordo com a escala de atuação e os tipos de estruturas envolvidas.

A microdrenagem urbana corresponde ao conjunto de dispositivos destinados à coleta e condução das águas pluviais provenientes de áreas menores, como lotes, quadras e vias públicas. Esse sistema é composto, principalmente, por sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias pluviais de pequeno porte, sendo responsável pelo escoamento inicial das águas de chuva até os sistemas de maior capacidade.

Já a macrodrenagem urbana abrange estruturas de maior porte, responsáveis pelo transporte e controle dos volumes provenientes da microdrenagem e de áreas extensas da bacia urbana. Inclui canais, galerias principais, rios canalizados, reservatórios de retenção e retenção, além de obras de controle de cheias, tendo como objetivo reduzir os picos de vazão e minimizar os riscos de inundações em escala urbana e regional.

### **3.3 Drenagem Urbana Sustentável**

A drenagem urbana sustentável é um conjunto de práticas e tecnologias que buscam minimizar os impactos negativos da urbanização sobre o ciclo hidrológico natural. O crescimento desordenado das cidades, associado ao aumento da impermeabilização do solo, resulta em eventos de enchentes, poluição hídrica e degradação dos ecossistemas aquáticos

(Tucci, 2008).

Um dos principais problemas das águas urbanas decorre do fato de que, apesar da implementação das redes de esgotamento sanitário, a implantação da rede de drenagem urbana ainda é insuficiente ou inexistente em muitas cidades (Tucci, 2008). Segundo Mendes e Santos (2023), o manejo sustentável das águas pluviais nas cidades brasileiras ainda apresenta lacunas significativas de planejamento e gestão.

Assim, a gestão sustentável da drenagem urbana pode ser definida como o conjunto de ações de planejamento, organização, liderança e controle direcionadas aos serviços, a fim de que eles sejam executados de forma eficiente e eficaz, reconhecendo a complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade (Mendes; Santos, 2023).

### **3.3 Técnicas e soluções em drenagem urbana sustentável**

As técnicas compensatórias de drenagem urbana constituem aplicações práticas das soluções baseadas na natureza voltadas especificamente para a gestão das águas pluviais. Essas técnicas têm como objetivo compensar os efeitos da impermeabilização do solo, atuando no controle do escoamento na fonte e na redução dos picos de vazão.

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) consistem em abordagens que utilizam ou simulam processos naturais para enfrentar desafios sociais, ambientais e econômicos, promovendo simultaneamente benefícios à biodiversidade e ao bem-estar humano. De acordo com a definição amplamente adotada por organismos internacionais e pela literatura técnica, as SbN podem ser aplicadas a diversos contextos, como adaptação às mudanças climáticas, conservação ambiental, planejamento urbano, segurança hídrica e controle de riscos naturais, não se restringindo exclusivamente ao setor de drenagem urbana.

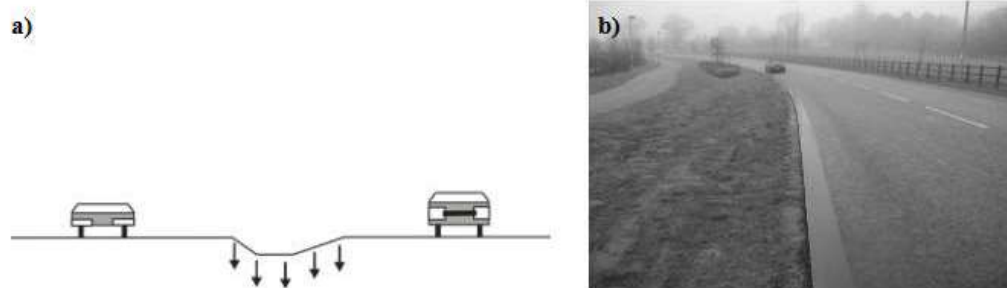
No contexto do manejo das águas pluviais, as SbN assumem papel fundamental ao possibilitar o controle do escoamento superficial por meio de soluções que favorecem a infiltração, a retenção, o armazenamento temporário e a evapotranspiração da água da chuva. Diferentemente dos sistemas convencionais, baseados predominantemente na rápida condução das águas por meio de galerias, essas soluções buscam restabelecer, ainda que parcialmente, o comportamento natural do ciclo hidrológico, reduzindo os impactos associados à urbanização.

De acordo com Baptista *et al.* (2019), diversas técnicas compensatórias podem ser empregadas, dentre as quais se destacam:

a) Valeta de infiltração: são técnicas compensatórias constituídas por simples

depressões escavadas no solo, com o objetivo de recolher águas pluviais, efetuar o seu armazenamento temporário e favorecer sua infiltração (Silva, 2007).

Figura 1 - Tipos de valetas de infiltração: (a) Esquema de uma vala de infiltração entre pistas de rodovias; (b) Foto de vala de infiltração em rodovia da Inglaterra.



Fonte: Agostinho; Poletto, 2012.

b) Jardins de chuva: são áreas verdes que armazenam temporariamente a água da chuva, permitindo sua infiltração no solo (Figura 2).

Figura 2 - Jardins de chuva



Fonte: Google Imagens, 2019.

c) Telhados verdes: são constituídos de uma cobertura verde composta de vegetação e solo, salientando que a cobertura possui um crescimento médio e é plantada sobre uma base impermeável, promovem a redução do escoamento e aumento da evapotranspiração.

Figura 3 - Telhado Verde



Fonte: Revista Haus, 2018.

- d) Pavimentos permeáveis e/ou semipermeáveis: o pavimento permeável (Figura 4) é caracterizado como a aplicação de uma camada de rolamento superficial em camadas de materiais que apresentam alta porosidade. Sua função é absorver o máximo do volume de água que houver.

Figura 4 - Calçada permeável com jardim.



Fonte: Google Imagens, 2017.

Segundo estudos de Araújo *et al.* (2000) os pavimentos semipermeáveis podem ser blocos de concreto industrial, assim como paralelepípedos, entre outros (Figura 5). Tendo como função, conforme Cruz *et al.* (1999), proporcionar uma redução dos

volumes escoados e do tempo de recarga da bacia.

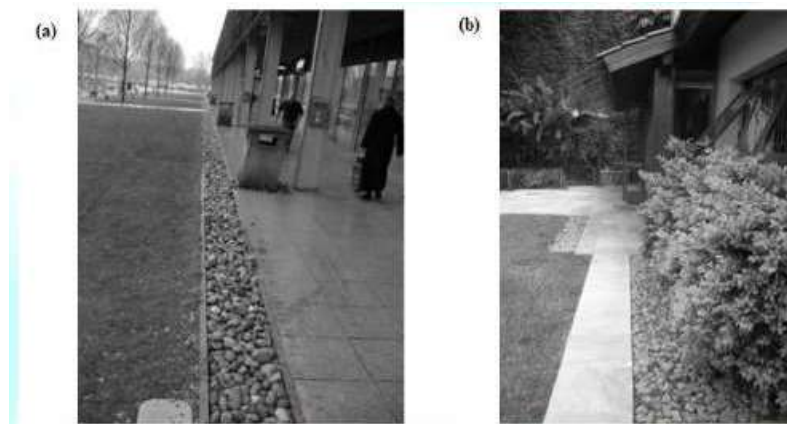
Figura 5 - Pavimentos semipermeáveis



Fonte: Agostinho; Poletto, 2012.

- e) Trincheira de infiltração: Segundo Silva (2007) as trincheiras de infiltração (percolação ou/e drenantes) são estruturas lineares nas quais o comprimento prepondera sobre a largura e a profundidade. Geralmente se destinam a grandes volumes de água a serem infiltrados, são fechadas e permitem o uso paisagístico em harmonia com as demais estruturas como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Trincheira de infiltração: (a) uso comercial; (b) uso residencial.



Fonte: Agostinho; Poletto, 2012.

- f) Reservatórios de detenção e retenção: são dispositivos utilizados para armazenar águas pluviais por um período de tempo, reduzindo os problemas de enchentes durante as chuvas, a grande vantagem dos reservatórios de retenção (Figura 7) é que podem ser instalados em áreas públicas, como praças, parques, quadras, que tenham outra destinação após as precipitações. Os reservatórios de detenção, por sua vez, são mantidos com uma lâmina d'água e têm controlada a qualidade da água.

Figura 7 - Reservatório de retenção.



Fonte: Google Imagens, 2020.

- g) Microreservatórios: podem ser compreendidos como uma alternativa simples e eficiente para auxiliar no controle das águas pluviais em áreas urbanas. São menores que os reservatórios de detenção, pois atuam em escala reduzida e mais localizada. Ele é implantado próximo à fonte do escoamento, como em lotes, estacionamentos, áreas institucionais ou trechos específicos do sistema viário. Ao permitir que a água da chuva seja armazenada temporariamente próximo ao local onde ocorre a precipitação, esses dispositivos contribuem para diminuir o volume que escoar rapidamente pelas vias e galerias, reduzindo a ocorrência de alagamentos.

Além disso, a utilização de microreservatórios (Figura 8) reforça uma abordagem mais integrada e sustentável para o manejo das águas pluviais, ao atuar de forma complementar às demais soluções propostas no estudo. Quando associados a dispositivos como pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração, os microreservatórios ajudam a distribuir melhor o escoamento ao longo do tempo, tornando o sistema de drenagem mais equilibrado e eficiente. Dessa forma, sua adoção contribui não apenas para a redução dos impactos das chuvas intensas, mas também para a melhoria das condições urbanas e ambientais da área analisada.

Figura 8 - Microreservatório enterrado



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio de IA, 2026.

### 3.4 Infraestrutura verde: seus benefícios à sociedade e ao meio ambiente

Com o conceito ambiental de drenagem, em substituição ao higienista, aparecem soluções alternativas, compensatórias ou ambientais, agindo em conjunto com as estruturas convencionais, que procuram compensar sistematicamente os efeitos da urbanização em termos quantitativos e qualitativos (Silva, 2007).

Segundo Agostinho *et al.* (2019), a implementação de infraestrutura verde para drenagem sustentável permite a recuperação do equilíbrio hidrológico das cidades, promovendo benefícios ecológicos e sociais. Já Christofidis *et al.* (2020) ressalta a importância da gestão integrada dos recursos hídricos urbanos, apontando que a sinergia entre soluções naturais e tecnológicas pode resultar em um sistema mais eficiente e resiliente.

### 3.5 ODUS e drenagem urbana sustentável

Os Objetivos de Desenvolvimento Urbano Sustentável (ODUS) são parte integrante da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) brasileira, como uma “agenda nacional” que orienta ações de governo em parceria com a sociedade para promover o desenvolvimento urbano sustentável.

Segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2022), os Objetivos de Desenvolvimento Urbano Sustentável (ODUS) devem representar uma visão de longo prazo para as cidades brasileiras, com horizonte para 2030 e projeções que podem se estender até 2050.

Os ODUS integram a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) e foram

elaborados a partir de um processo participativo envolvendo diferentes atores institucionais e sociais, com o objetivo de orientar o planejamento urbano sustentável no Brasil (BRASIL, 2022).

A formulação desses objetivos envolveu um processo participativo amplo: oficinas regionais, consultas públicas e participação de atores governamentais, da academia e da sociedade civil.

Foram definidos 16 Objetivos de Desenvolvimento Urbano Sustentável, que funcionam como “faróis” para a implementação da PNDU.

- a) direito à cidade para todas as pessoas;
- b) moradia digna, segura e bem localizada;
- c) território urbano articulado e eficiente;
- d) cidade protagonista da ação climática;
- e) cidade e natureza integradas;
- f) águas urbanas para a vida;
- g) prosperidade econômica inclusiva e verde;
- h) cidade inteligente;
- i) patrimônio, identidades e saberes regionais;
- j) espaços urbanos acolhedores e seguros;
- k) cidade para todas as gerações;
- l) cidade democrática e participativa;
- m) cidade educadora;
- n) finanças municipais eficientes, inovadoras e justas;
- o) políticas urbanas integradas;
- p) cooperação e parcerias para o desenvolvimento urbano;

Dentre esses, é possível destacar:

- ODUS 4 – Cidade protagonista da ação climática que enfatiza o papel das cidades como agentes ativos na adaptação e mitigação das mudanças climáticas. A drenagem urbana sustentável contribui para esse objetivo ao reduzir os riscos de inundação, fornecer sistemas de retenção/detecção de cheias e integrar infraestruturas para diminuir a vazão de água.
- ODUS 5 – Cidade e natureza integradas que sugere uma conexão entre infraestrutura urbana e ecossistemas naturais. Esse ODUS abre espaço para a aplicação de soluções baseadas na natureza (SbN), como parques urbanos que funcionem como reservatórios

de água, bacias de infiltração e vegetação para retenção e purificação de águas pluviais.

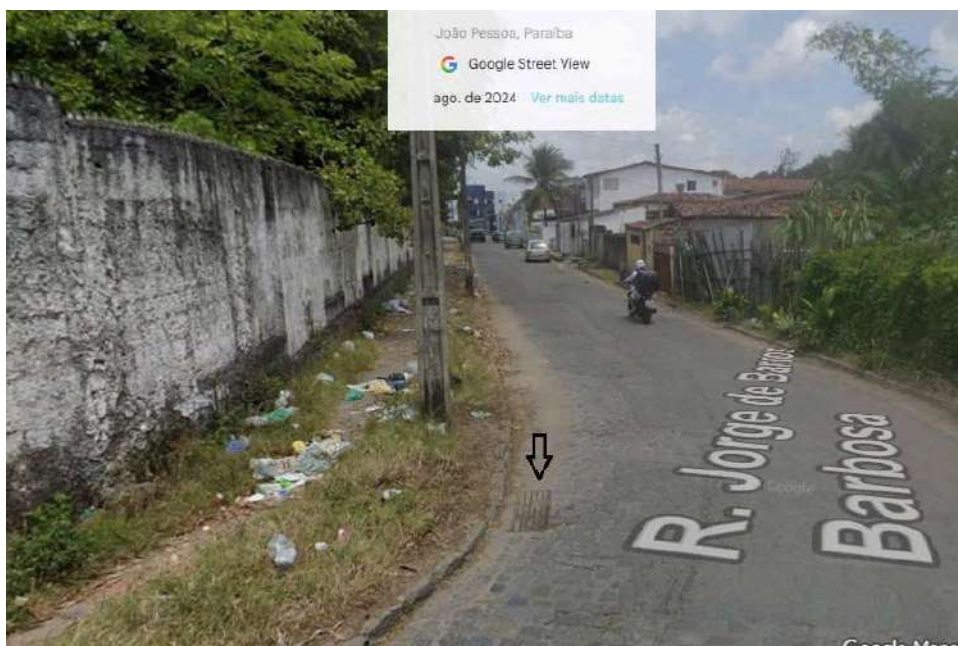
- ODUS 6 – Águas urbanas para a vida que reflete diretamente a importância atribuída à gestão hídrica urbana no planejamento nacional. Esse objetivo evidencia que o Brasil reconhece a água urbana não apenas como um risco (enchentes, inundações) mas como elemento de extrema importância para a vida e a sustentabilidade das cidades.

### **3.6 Qualidade da água de escoamento urbano: resíduos sólidos e sedimentos**

A urbanização acelerada e o aumento das superfícies impermeáveis intensificam não apenas os volumes de escoamento superficial, mas também a sua degradação qualitativa, devido à incorporação de resíduos sólidos, materiais particulados e contaminantes dissolvidos. Segundo o estudo de avaliação da qualidade da água de escoamento superficial realizado por Santos et al. (2020), a água oriunda das primeiras chuvas apresenta elevada concentração de poluentes, fenômeno conhecido como *first flush*, essa metodologia se baseia na suposição de que a maior parte da carga dos poluentes do escoamento pluvial ocorre no início da precipitação (Gupta; Saul, 1996, Deletic, 1998). Esses poluentes são caracterizados por uma quantidade significativa de sólidos suspensos, óleos, metais e matéria orgânica que se acumulam nas vias urbanas durante períodos de estiagem.

Esses materiais, quando não interceptados, tendem a se acumular em bocas de lobo (Figura 9), galerias pluviais e cursos d'água, reduzindo a eficiência dos sistemas de drenagem e agravando episódios de alagamentos.

Figura 9 - Boca de lobo obstruída na Rua Jorge de Barros Barbosa



Fonte: Google Maps, 2024.

Além do impacto físico nas estruturas, a má qualidade da água de escoamento gera implicações ambientais. O transporte de nutrientes e matéria orgânica pode ocasionar processos de eutrofização nos corpos receptores, enquanto metais pesados e hidrocarbonetos derivados do tráfego urbano representam riscos toxicológicos ao meio ambiente. Nesse sentido, a adoção de soluções sustentáveis de drenagem, como pavimentos permeáveis, valetas de infiltração e jardins de chuva, mostra-se estratégica, pois essas técnicas atuam como filtros naturais capazes de reter sólidos, reduzir turbidez e aumentar a infiltração, mitigando a carga poluidora transportada.

Assim, compreender a qualidade da água do escoamento urbano é fundamental para o planejamento de sistemas de drenagem sustentável. A literatura demonstra que práticas baseadas na natureza, quando associadas à manutenção adequada, contribuem para um sistema mais eficiente, resiliente e ambientalmente seguro. Dessa forma, o diagnóstico qualitativo do escoamento é essencial para orientar intervenções no bairro Valentina, garantindo que as propostas de drenagem atendam não apenas aos aspectos quantitativos, mas também à melhoria da qualidade das águas pluviais.

### 3.7 Norma de Referência NR 12/2025 para Drenagem Urbana Sustentável

A Norma de Referência nº 12/2025 foi instituída pela Resolução nº 245/2025 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), estabelecendo diretrizes para a

organização dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas no Brasil (BRASIL, 2025). Essa resolução representa um marco importante para o setor, pois define diretrizes nacionais para que municípios, reguladores e prestadores de serviço adotem procedimentos padronizados, eficientes e sustentáveis no controle do escoamento pluvial.

A norma estabelece que o manejo das águas pluviais deve ser estruturado de forma integrada com as políticas urbanas, ambientais e de saneamento. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (BRASIL, 2025), a NR 12 define os serviços de drenagem como “o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações destinadas à coleta, ao transporte, ao amortecimento, à infiltração, ao tratamento e à disposição das águas pluviais”. Essa abordagem compreende tanto o sistema tradicional de micro e macrodrenagem quanto práticas inovadoras de controle do escoamento na fonte.

Um dos pontos centrais da resolução é a priorização das Soluções Baseadas na Natureza (SbN), que incluem infraestrutura verde, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, bacias de retenção e demais dispositivos que favorecem a infiltração e o armazenamento temporário das águas pluviais. A norma ressalta que essas soluções devem ser aplicadas sempre que viáveis, pois representam alternativas mais resilientes e ambientalmente adequadas para enfrentar eventos extremos de chuva. A ANA (2025) destaca que as SbN constituem “instrumentos essenciais para recuperar o equilíbrio hidrológico urbano, reduzindo riscos de alagamentos e promovendo benefícios ambientais adicionais”.

Além disso, a Resolução nº. 245/2025 especifica as competências de cada agente envolvido no serviço. O município, como titular, é responsável pelo planejamento, implantação e manutenção da infraestrutura de drenagem, devendo elaborar ou atualizar seu Plano de Drenagem Urbana e garantir que ele esteja alinhado com o Plano Municipal de Saneamento Básico. As entidades reguladoras locais devem fiscalizar e emitir normas complementares, enquanto os prestadores de serviço devem executar as atividades operacionais de forma contínua e eficiente. A norma também destaca a importância da participação social, determinando que a população tenha meios de acompanhar e contribuir para a avaliação das políticas de drenagem.

A aplicação da NR 12/2025 tem grande importância para municípios que enfrentam problemas recorrentes de alagamentos, como é o caso da Comunidade Frei Damião, no bairro Valentina. As diretrizes estabelecidas pela resolução fornecem bases técnicas e regulatórias para orientar o planejamento das intervenções necessárias e incorporar práticas sustentáveis ao sistema de drenagem local. A norma, portanto, contribui para modernizar o setor, aumentar

a segurança hídrica urbana e promover uma gestão mais eficiente e integrada das águas pluviais.

#### 4 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada pois busca gerar conhecimentos voltados à solução de um problema prático e específico, direcionando seus resultados para a proposição de sistemas de drenagem urbana sustentável capazes de minimizar os alagamentos recorrentes e melhorar as condições socioambientais do bairro Valentina, em João Pessoa/PB. Segundo Gil (2010), a pesquisa aplicada tem como finalidade gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas concretos, envolvendo interesses locais e sociais.

Complementarmente, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, uma vez que busca aprofundar o conhecimento sobre as condições de drenagem urbana na Comunidade Frei Damião, localizada no bairro Valentina, onde há escassez de estudos sistemáticos sobre a dinâmica do escoamento pluvial. De acordo com Cervo *et al.* (2007), pesquisas exploratórias são adequadas quando o objeto de estudo dispõe de poucas informações consolidadas, permitindo ampliar a compreensão sobre o fenômeno investigado. Já a abordagem descritiva possibilita observar, registrar e analisar fatos, buscando estabelecer relações entre as variáveis que influenciam o problema da pesquisa.

A metodologia empregada fundamenta-se em um estudo de caso, pois a investigação concentra-se em uma área específica: a região da Comunidade Frei Damião, com ênfase na rua Jorge de Barros Barbosa e vias adjacentes. Conforme Yin (2005), o estudo de caso permite analisar fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto real, levando em consideração tanto o que efetivamente ocorre na área investigada quanto às percepções, práticas e expectativas sociais relacionadas ao manejo das águas pluviais.

A realização deste estudo visa compreender a dinâmica de drenagem existente, identificar os fatores que intensificam os alagamentos e propor soluções sustentáveis adequadas à realidade socioambiental do bairro Valentina. A abordagem adotada combina métodos quantitativos e qualitativos. A análise quantitativa envolve a mensuração de variáveis como intensidade pluviométrica, pontos críticos de alagamento, áreas impermeabilizadas e capacidade do sistema de drenagem atual. Já a abordagem qualitativa apoia-se na classificação das ocorrências de alagamentos, nos aspectos socioambientais da comunidade e na avaliação das soluções sustentáveis com base na literatura e nos dados coletados em campo.

A pesquisa percorreu as etapas apresentadas na Figura 10.

Figura 10 - Fluxograma das etapas.



Fonte: Autoria própria, 2026.

#### 4.1 Caracterização da área de estudo

A caracterização da área de estudo foi realizada por meio da integração de diferentes fontes de dados secundários e primários, com o objetivo de compreender os fatores físicos, urbanos e socioambientais que influenciam a ocorrência de alagamentos na Comunidade Frei Damião, localizada no bairro Valentina, no município de João Pessoa/PB.

O histórico de ocupação e expansão urbana da comunidade foi obtido a partir da análise do Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMSB, 2014), complementado por dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025) e por observações em campo. Essa análise permitiu identificar o processo de crescimento urbano desordenado da região, caracterizado pela ocupação progressiva de áreas sem infraestrutura adequada de drenagem.

As características físicas da área, incluindo topografia, declividade e tipo de solo, foram determinadas com base em dados cartográficos e geotécnicos disponíveis em artigos

publicados como mapas de relevo e tipos de solo do município de João Pessoa, como mostra a figura 15. A declividade foi analisada a partir de curvas de nível obtidas em levantamento topográfico do software QGIS de geoprocessamento, permitindo identificar áreas de maior concentração de escoamento superficial. A classificação do solo foi realizada com base em estudos pedológicos existentes, sendo identificada a predominância de Argissolos, que apresentam baixa capacidade de infiltração.

O grau de impermeabilização do solo foi extraído de um artigo em que foram feitos ensaios de laboratório com materiais argissolos e através destes ensaios usou-se como referência o valor encontrado para o presente estudo, o comportamento de infiltração do solo na área de estudo foi estimado com base em valores de referência da literatura para solos do tipo Argissolo. Conforme Pott (2001), a velocidade básica de infiltração para esse tipo de solo é da ordem de 61,4 mm/h.

A adoção desse parâmetro justifica-se pela predominância de Argissolos na área de estudo, conforme levantamento pedológico do município de João Pessoa. Esse valor foi utilizado como coeficiente de infiltração no dimensionamento dos dispositivos de drenagem urbana sustentável, permitindo representar de forma aproximada a capacidade de percolação do solo local. Foram considerados elementos como pavimentação de vias, presença de edificações e ausência de áreas verdes, permitindo classificar a região como altamente impermeabilizada, característica típica de áreas urbanas consolidadas.

A avaliação da existência, ausência ou insuficiência dos sistemas de microdrenagem foi realizada a partir de inspeções de campo, nas quais foram identificados dispositivos como bocas de lobo, sarjetas e galerias pluviais. Durante as visitas, observou-se a presença de dispositivos obstruídos, subdimensionados ou inexistentes em determinados trechos, evidenciando a deficiência do sistema de drenagem local.

Por fim, os aspectos socioeconômicos da comunidade foram analisados com base em dados secundários do IBGE e em observações diretas durante as visitas técnicas. Foram considerados fatores como padrão construtivo das edificações, densidade ocupacional e condições de infraestrutura urbana. Esses elementos são fundamentais para a definição das soluções de drenagem urbana sustentável, uma vez que influenciam diretamente a viabilidade técnica, econômica e social das intervenções propostas.

Dessa forma, a caracterização da área de estudo permitiu estabelecer um diagnóstico integrado das condições locais, servindo como base para a proposição de soluções de drenagem urbana sustentável adequadas à realidade da Comunidade Frei Damião.

Ademais, foi realizada consulta ao Plano Municipal de Saneamento (2014), o que

permitiu comparar a realidade da comunidade com o que está previsto pelas políticas municipais. Segundo Mendes e Santos (2023, p. 105), “o planejamento e a gestão da drenagem urbana ainda apresentam lacunas significativas nos municípios brasileiros”, o que reforça a necessidade de estudos locais como este.

O objetivo desta etapa foi criar um panorama inicial das condições que influenciam os alagamentos recorrentes, permitindo compreender os fatores que contribuem para o problema.

#### **4.2 Coleta de dados em campo**

A segunda etapa envolveu visitas técnicas à área de estudo. As observações de campo foram fundamentais para identificar a situação real da drenagem local e registrar elementos que não aparecem em mapas ou documentos oficiais. Durante as visitas foram realizados:

- visitas técnicas às ruas mais afetadas pelos alagamentos, com ênfase na rua Jorge de Barros Barbosa;
- identificação de obstruções (Figura 9), ausência de bocas de lobo, tamanho das sarjetas, inclinação do pavimento e presença de ligações irregulares;
- obtenção de dados pluviométricos recentes junto a órgãos oficiais.

O propósito dessa etapa foi documentar, com precisão, as situações reais do sistema de drenagem e as dificuldades enfrentadas pela comunidade.

#### **4.3 Tratamento e análise das informações**

Após a coleta de dados, iniciou-se a etapa de tratamento e análise. Nesta fase, as informações foram organizadas em tabelas, registros fotográficos, mapas e descrições, visando facilitar a compreensão dos resultados.

Primeiramente, foi analisado o comportamento do escoamento superficial considerando diferentes cenários de precipitação. A partir dos dados pluviométricos, foi possível relacionar o volume de água das chuvas com a capacidade de drenagem existente. Tucci (2008, p. 41) destaca que “a impermeabilização do solo altera o ciclo hidrológico urbano, reduz a infiltração e aumenta o volume e a velocidade do escoamento superficial”, o que ajuda a explicar os problemas verificados na Comunidade Frei Damião.

Também foram identificados os pontos críticos de alagamento e classificados conforme os impactos gerados. Esse processo permitiu observar a relação direta entre o aumento da urbanização, a falta de infraestrutura de drenagem e a ocorrência de enchentes.

Ao comparar os dados coletados com as diretrizes do Plano Municipal de Saneamento (2014) e com as práticas recomendadas pela literatura, foi possível avaliar as deficiências do sistema atual e os principais fatores que explicam os alagamentos no bairro.

Nessa análise também foram estudadas diferentes soluções sustentáveis, como valetas de infiltração, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração. Baptista *et al.* (2019, p. 112) afirmam que essas técnicas representam “soluções eficazes para reduzir a vazão gerada pelas chuvas e mitigar os impactos da impermeabilização urbana”.

#### 4.4 Determinação das Intensidades de Precipitação

Para a obtenção das intensidades de precipitação utilizadas no dimensionamento hidrológico, adotaram-se os parâmetros da equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) correspondentes ao município de João Pessoa, especificamente ao posto pluviométrico localizado no bairro de Mangabeira. Os parâmetros foram extraídos do estudo realizado por Aragão *et al.* (2024), que regionalizou as curvas IDF para todo o estado da Paraíba com base em séries históricas de precipitação provenientes de 233 postos pluviométricos. Segundo os autores, “o posto João Pessoa – Mangabeira apresentou os parâmetros  $K = 1695,47$ ,  $m = 0,121$ ,  $B = 12,88$  e  $n = 0,795$  para a equação IDF.

A equação empregada no cálculo das intensidades segue o modelo geral de quatro parâmetros, amplamente utilizado em estudos hidrológicos, e é expressa conforme:

$$i = \frac{K \times Tr^m}{(d+B)^n} \quad (\text{equação 1})$$

Em que:

$i$  = representa a intensidade de chuva (mm/h);

$Tr$  = tempo de retorno (anos);

$d$  = duração da precipitação (minutos);

$K, m, B$  e  $n$  = parâmetros ajustados à localidade.

Para o município de João Pessoa, foram adotados os parâmetros  $K = 1695,47$ ,  $m = 0,121$ ,  $B = 12,88$  e  $n = 0,795$ , obtidos a partir de estudos regionais de chuvas intensas. O parâmetro  $K$  está associado à magnitude das precipitações, refletindo a intensidade característica das chuvas na região. O expoente  $m$  representa a influência do tempo de retorno sobre a intensidade da precipitação, indicando o aumento da intensidade para eventos mais raros e extremos.

O parâmetro  $B$  atua como fator de ajuste relacionado à duração da chuva, evitando a

superestimação das intensidades para eventos de curta duração. Já o expoente  $n$  controla a taxa de decaimento da intensidade com o aumento da duração da precipitação, refletindo o comportamento típico das chuvas, nas quais eventos mais longos apresentam intensidades médias menores.

A utilização desses parâmetros permite estimar de forma consistente as intensidades de chuva para diferentes cenários de projeto, sendo fundamental para o dimensionamento adequado dos dispositivos de drenagem urbana e para a avaliação do desempenho hidráulico das soluções propostas.

Com base nos coeficientes estabelecidos para o posto de João Pessoa – Mangabeira, procederam-se aos cálculos das intensidades para os tempos de retorno e durações adotados neste estudo, subsidiando as etapas seguintes do dimensionamento.

A duração da precipitação será adotada como sendo igual ao tempo de concentração, calculado por meio da equação de Kirpich (equação 2):

$$t_c = 57 \times \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (\text{equação 2})$$

Em que:

$t_c$  = Tempo de concentração, em minutos;

$L$  = Comprimento do curso d'água principal, em km;

$\Delta H$  = Diferença de altitude em metros ao longo do curso d'água principal.

#### 4.5 Determinação da vazão máxima

Para a determinação da vazão máxima, será utilizado o método racional, uma vez que a área é inferior a 2 km<sup>2</sup>, sendo dado pela equação 3.

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A \quad (\text{equação 3})$$

Em que:

$Q$  = vazão máxima de escoamento superficial (m<sup>3</sup>/s);

$C$  = coeficiente de deflúvio ou run-off (pode variar entre 0 e 1);

$i$  = intensidade de precipitação de projeto (mm/h);

$A$  = área da bacia em km<sup>2</sup>;

O coeficiente de escoamento superficial ( $C$ ) representa a parcela da precipitação que

se transforma em escoamento superficial e está diretamente associado ao tipo de uso e ocupação do solo, bem como ao grau de impermeabilização da área. Para áreas residenciais, a literatura técnica indica valores de C (Figura 11) variando entre 0,35 e 0,70, conforme o nível de urbanização e as características da superfície (BRASIL, 2005). De acordo com o *Manual de Drenagem de Rodovias* do DNIT (2006) e conforme recomendações da ASCE (1969), adaptadas por Wilken (1978), superfícies pavimentadas e áreas urbanas consolidadas apresentam coeficientes mais elevados devido à baixa capacidade de infiltração. Considerando que a área de estudo apresenta ocupação urbana consolidada e elevado grau de impermeabilização, adotou-se neste trabalho o valor de  $C = 0,60$ , compatível com áreas residenciais densamente ocupadas.

Figura 11 - Coeficientes de escoamento superficial

Tabela 7.2 - Valores de C por tipo de ocupação (adaptado: ASCE, 1969 e Wilken, 1978)	
Descrição da área	C
<i>Área Comercial/Edificação muito densa:</i>	
Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
<i>Área Comercial/Edificação não muito densa:</i>	
Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
<i>Área Residencial:</i>	
residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
lotes com > 2.000 m <sup>2</sup>	0,30 - 0,45
áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
<i>Área industrial:</i>	
indústrias leves	0,50 - 0,80
indústrias pesadas	0,60 - 0,90
<i>Outros:</i>	
Matas, parques e campos de esporte, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,05 - 0,20
parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
<i>Playgrounds</i>	0,20 - 0,35
pátios ferroviários	0,20 - 0,40
áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Fonte: Adaptado ASCE (1969) e Wilken (1978).

De posse do coeficiente de escoamento, da intensidade da precipitação e da área do estudo é possível calcular a vazão máxima que aflui para o exutório considerado no estudo.

#### 4.6 Proposta de intervenções na área de estudo

Com o objetivo de aumentar a infiltração das águas pluviais e reduzir a vazão de projeto, propõem-se intervenções baseadas nos princípios da Drenagem Urbana Sustentável (DUS), buscando aproximar o comportamento hidrológico da área urbanizada às condições naturais do solo. As soluções selecionadas consideram a realidade socioespacial da Rua Jorge de Barros Barbosa na Comunidade Frei Damião.

Diversos estudos apontam que a adoção de técnicas compensatórias de drenagem permite reduções significativas da vazão de pico, contribuindo para a mitigação de alagamentos e sobrecarga dos sistemas convencionais de microdrenagem (Tucci, 2008; Baptista *et al.*, 2019).

#### 4.6.1 Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis atuam permitindo a percolação da água através de sua estrutura, promovendo infiltração no solo e armazenamento temporário no subleito. Essa técnica é indicada para áreas de tráfego leve, calçadas, estacionamentos e vias locais, sendo adequada ao contexto urbano estudado.

De acordo com Costa Júnior e Barbassa (2002), os estudos de aplicação prática de dispositivos como microreservatórios e pavimentos permeáveis demonstram redução de vazões e melhoria no gerenciamento das águas pluviais em bacias urbanas, a substituição de pavimentos convencionais por pavimentos permeáveis pode proporcionar reduções da vazão de pico dependendo das características do solo, espessura das camadas e intensidade da precipitação.

Além da redução da vazão, os pavimentos permeáveis contribuem para o aumento do tempo de concentração da bacia, o que impacta diretamente na diminuição da intensidade de escoamento superficial considerada no método racional.

O dimensionamento da camada de reservatório dos pavimentos permeáveis foi realizado por meio do método da curva-envelope, conforme a metodologia proposta pelo CIRIA e adaptada pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH (2005). Esse método consiste na análise comparativa, ao longo do tempo, entre o volume de água precipitada que contribui para o pavimento e o volume de água infiltrado pelo solo subjacente. Para diferentes durações de chuva, calcula-se a intensidade de precipitação a partir da curva IDF para um tempo de retorno previamente definido, permitindo estimar o volume afluente ao sistema. Paralelamente, avalia-se a capacidade de infiltração do solo, considerando um coeficiente de

infiltração corrigido por fatores de segurança, representando a perda de eficiência ao longo da vida útil do pavimento.

O método da curva-envelope é regido por uma formulação matemática geral, que relaciona a duração da precipitação, a intensidade da chuva, a capacidade de infiltração do solo e as características hidráulicas da camada de reservatório do pavimento permeável. Essa relação é expressa pela equação:

$$h = \frac{t}{\varphi} (R \times I - q) \quad (\text{equação 4})$$

Em que:

$I$  é a intensidade de precipitação (m/h);

$t$  é a duração da chuva (h);

$q$  é o coeficiente de infiltração do solo (m/h);

$R$  é a razão (relação) de drenagem;

$\varphi$  é a porosidade efetiva da camada de reservatório.

O valor de  $h_{\max}$  corresponde ao maior valor de  $h$  obtido entre os tempos analisados, representando a espessura mínima necessária da camada de armazenamento do pavimento permeável, conforme recomendado pelo IPH (2005).

É possível obter o valor do tempo de esvaziamento, após o dimensionamento do reservatório, sendo calculado pela equação a seguir:

$$tesv = \frac{\varphi \times h_{\max}}{q} \quad (\text{equação 5})$$

#### 4.6.2 Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração consistem em escavações preenchidas com material granular, projetadas para armazenar temporariamente o escoamento superficial e promover sua infiltração gradual no solo. Podem ser implantadas ao longo de vias, em áreas verdes ou adjacentes às sarjetas.

Segundo Baptista *et al.* (2019), esse tipo de dispositivo é capaz de reduzir a vazão de pico em até 60%, especialmente em bacias urbanas pequenas, como a área analisada neste estudo. Estudos realizados por Garbanzos e Maniquiz-Redillas (2022), simulações hidrológicas realizadas por meio do modelo Stormwater Management Model (SWMM) demonstraram que a aplicação de técnicas de Low Impact Development (LID), como pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e sistemas de biorretenção, pode promover reduções de até aproximadamente 32% no pico de vazão, além da diminuição do coeficiente

de escoamento superficial.

No contexto da rua Jorge de Barros Barbosa e no entorno dela, as trincheiras de infiltração apresentam potencial para atuar como elementos de retenção descentralizada, reduzindo o volume de água direcionado ao sistema de drenagem existente.

O dimensionamento da trincheira de infiltração foi realizado com base no método da curva-envelope proposto por Urbonas e Stahre (1993), adaptado pelo IPH (2005), cujo objetivo é determinar o volume máximo de armazenamento necessário a partir da diferença entre os volumes acumulados de entrada e saída do dispositivo. Esse método é amplamente empregado no pré-dimensionamento de dispositivos de controle na fonte, como as trincheiras de infiltração, conforme apresentado no material técnico do IPH.

As trincheiras de infiltração são dispositivos lineares de drenagem compensatória, caracterizados por apresentarem comprimento significativamente superior às dimensões transversais, sendo usualmente aplicadas ao longo de vias, calçadas e estacionamentos. Seu funcionamento baseia-se no armazenamento temporário do escoamento superficial em meio granular (brita ou cascalhos), permitindo posterior infiltração no solo natural.

Com a área drenada e o coeficiente de escoamento consegue-se calcular o volume de entrada para cada duração de chuva (t) e a intensidade obtêm-se via curva IDF para o tempo de retorno adotado.

O volume afluente ao dispositivo foi calculado pela equação a seguir:

$$V_e = 1,25 \times (C_e \times I \times t \times A_{dren}) \quad (\text{equação 6})$$

Em que:

$V_e$  é o volume de entrada (m<sup>3</sup>);

$C_e$  é o coeficiente de escoamento;

$I$  é a intensidade da chuva de duração t e tempo de retorno  $T_r$  (m/h);

t é a duração da precipitação (h);

$A_{dren}$  é a área de contribuição (m<sup>2</sup>);

1,25 = fator de ajuste recomendado pelo IPH.

A partir da determinação do volume de entrada ( $V_e$ ), procedeu-se à estimativa do volume de saída por infiltração ( $V_s$ ), considerando a capacidade do solo em absorver a água armazenada no interior da trincheira. Para isso, utilizou-se a condutividade hidráulica saturada do solo (k), corrigida por um fator de segurança (FS), conforme recomendado pelo IPH (2005), a fim de reduzir incertezas associadas à variabilidade natural do solo e às condições de campo.

A condutividade hidráulica corrigida foi determinada pela equação 7 a seguir:

$$k_{corr} = \frac{k}{FS} \quad (\text{equação 7})$$

Em que:

$k_{corr}$  é a condutividade hidráulica saturada corrigida (m/s);

$k$  é a condutividade hidráulica saturada do solo (m/s);

$FS$  é o fator de segurança adotado (entre 2 e 3).

O volume acumulado de saída por infiltração para cada duração de chuva foi obtido por meio da equação 8 a seguir:

$$V_s = k_{corr} \times \frac{A_{inf}}{2} \times (3600 \times t) \quad (\text{equação 8})$$

Em que:

$V_s$  é o volume total infiltrado (m<sup>3</sup>);

$A_{inf}$  é a área efetiva de infiltração do dispositivo (m<sup>2</sup>);

$t$  é a duração da precipitação (h);

3600 corresponde ao fator de conversão de horas para segundos.

A área efetiva de infiltração foi considerada como a área lateral da trincheira, conforme recomendação do IPH (2005). Assim, adotou-se:

$$A_{inf} = 2 \times h_{trin} \times (L_{trin} + b_{trin}) \quad (\text{equação 9})$$

Em que:

$h_{trin}$  é a profundidade da trincheira (m);

$L_{trin}$  é o comprimento da trincheira (m);

$b_{trin}$  é a largura da trincheira (m).

Para cada duração de chuva analisada, foi determinada a diferença entre os volumes acumulados de entrada e saída ( $V_e - V_s$ ). O maior valor encontrado corresponde ao volume máximo de água a ser armazenado no interior da trincheira, conforme o conceito da curva-envelope.

Esse procedimento permite identificar a condição crítica de dimensionamento, ou seja, aquela duração de precipitação que gera a maior necessidade de armazenamento temporário.

Considerando que o armazenamento ocorre em meio granular com porosidade  $\phi$ , o volume geométrico necessário do dispositivo foi ajustado através da equação a seguir:

$$V_{disp}^{dim} = \frac{V_{\acute{a}gua}}{\varphi} \quad (\text{equação 10})$$

Para finalização do método, compara-se o volume inicial assumido para a trincheira e volume necessário pelo dimensionamento, atendendo aos critérios recomendados pelo IPH (2005) que são:

Se  $V_{disp}^{inicial} > V_{disp}^{dim} \rightarrow$  Reduzir dimensões da trincheira e recalcular;

Se  $V_{disp}^{inicial} < V_{disp}^{dim} \rightarrow$  Aumentar dimensões da trincheira e recalcular;

Se  $V_{disp}^{inicial} > V_{disp}^{dim}$  e  $V_{disp}^{inicial} \approx V_{disp}^{dim} \rightarrow$  Dimensionamento encerrado;

#### 4.6.3 Microreservatórios de detenção

Os microreservatórios de detenção têm como finalidade armazenar temporariamente o volume excedente das águas pluviais, liberando-o de forma controlada após o evento chuvoso. Diferentemente dos dispositivos de infiltração, sua principal função é o amortecimento da vazão de pico.

Diversos trabalhos apontam que reservatórios de detenção são eficazes na redução dos picos de vazão em sistemas de drenagem urbana. Estudos de modelagem hidrológica baseados no SWMM demonstraram que tanques de detenção podem reduzir o pico de vazão nas sub-bacias em médias de até aproximadamente 83% e diminuir significativamente o volume descarregado e as profundidades máximas de água nas tubulações, quando comparados com cenários sem dispositivos de amortecimento (Lima Neto *et al.*, 2024).

A implantação de microreservatórios de detenção, mesmo em pequenas escalas, contribui para a redução da vazão considerada no dimensionamento hidráulico, tornando o sistema mais eficiente e resiliente frente a eventos extremos.

Para a estimativa preliminar do volume de armazenamento necessário ao controle do escoamento superficial, adotou-se o método simplificado proposto por McCuen (1989), conforme apresentado por Tucci (1995). Esse método baseia-se na comparação entre o hidrograma de entrada (escoamento gerado pela precipitação) e a vazão de saída admissível, permitindo estimar o volume de detenção requerido de forma prática e direta, sem a necessidade da construção detalhada de hidrogramas completos. O procedimento considera a vazão de pico gerada na bacia, normalmente estimada pelo Método Racional, e estabelece uma vazão máxima de saída desejada, compatível com a capacidade do sistema receptor ou com a condição de pré-urbanização. A diferença entre a vazão afluente e a vazão de saída, ao

longo do tempo crítico de duração da chuva, fornece uma aproximação do volume que deve ser temporariamente armazenado no reservatório. A fórmula geral correspondente ao método é apresentada na equação a seguir.

$$V_{res} = Q(ent) \times tc(ent) \times 60 \times \left(1 - \frac{Q(sai)}{Q(ent)}\right) \quad (\text{equação 11})$$

Em que:

$Q(ent)$  é a vazão de pico do hidrograma de entrada para o reservatório;

$Q(sai)$  é a vazão de pico do hidrograma de saída do reservatório;

$V_{res}$  é o volume necessário para o reservatório;

$tc(ent)$  é o tempo de concentração da área de contribuição que gera o hidrograma de entrada para o reservatório.

Após calculado o volume do reservatório, realiza-se o dimensionamento do vertedor de parede delgada, através da equação 12, consiste em um dispositivo hidráulico responsável pelo controle da vazão de saída do microreservatório, e serve para regular o escoamento liberado a jusante, garantindo que a descarga ocorra de forma controlada e compatível com a vazão admissível estabelecida no projeto. O vertedor atua como elemento de dissipação e controle hidráulico, promovendo o amortecimento do pico de vazão por meio da elevação temporária do nível da lâmina d'água no interior do reservatório. Dessa forma, assegura-se que o volume excedente seja liberado gradualmente, contribuindo para a redução da sobrecarga no sistema de microdrenagem e para a mitigação de alagamentos na área de estudo.

$$L_{vert} = \frac{Q(vert)}{2,95 \times C_{vert} \times h_{vm\acute{a}x}^{1,5}} \quad (\text{equação 12})$$

De acordo com as recomendações do IPH (2005) para vertedores de parede delgada adota-se  $C_{vert} = 0,64$  e  $h_{vm\acute{a}x} = 5\text{cm}$ .

#### 4.6.4 Síntese das intervenções propostas

A combinação das três técnicas propostas permite atuar de forma integrada no sistema de drenagem urbana da área de estudo, promovendo:

- redução do volume de escoamento superficial;
- diminuição da vazão de pico no exutório;
- aumento da infiltração e retenção das águas pluviais;

- maior eficiência e resiliência do sistema de microdrenagem existente.

Os pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e reservatórios de retenção permitem uma redução expressiva da vazão de projeto, atuando diretamente nos parâmetros do método racional, seja pela diminuição do coeficiente de escoamento superficial (C), seja pelo aumento do tempo de concentração da bacia.

A literatura técnica evidencia que a combinação dessas técnicas pode resultar em reduções globais da vazão de pico superiores a 60% (Baptista *et al.*, 2019), contribuindo significativamente para a mitigação dos alagamentos recorrentes e para a melhoria das condições ambientais da área de estudo.

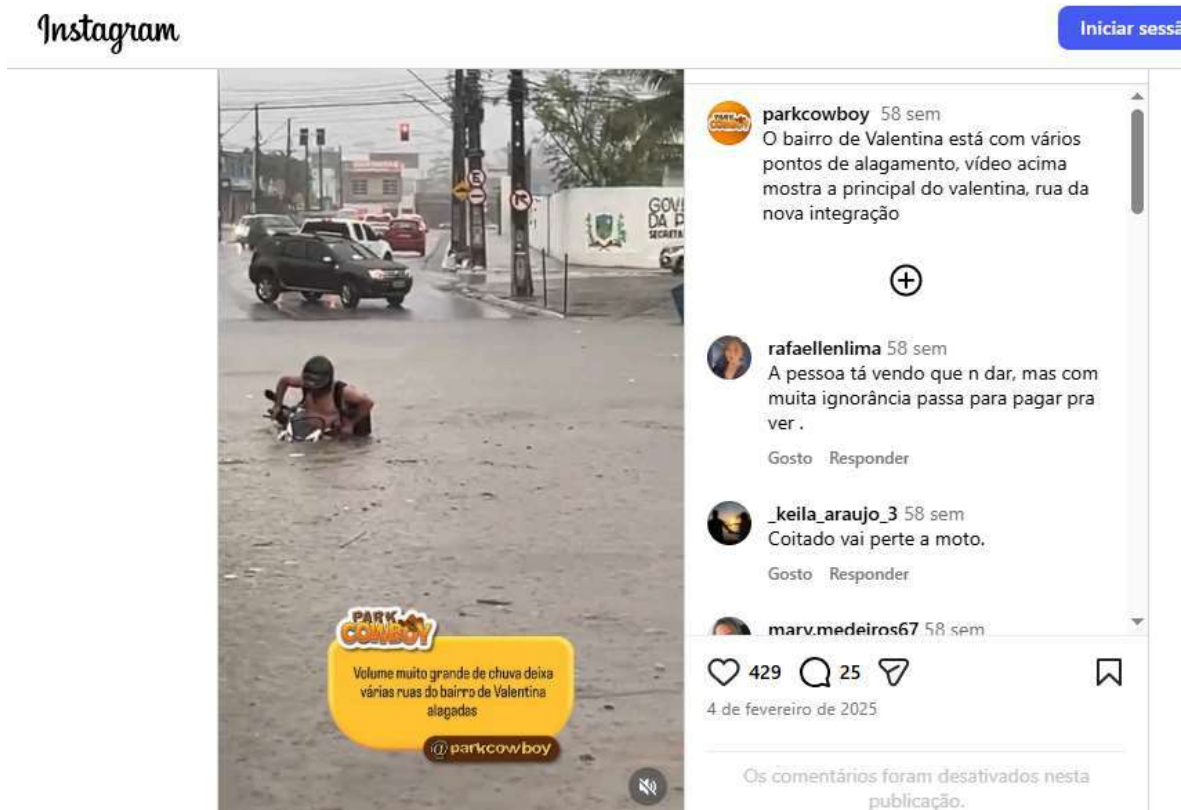
Essa abordagem integrada reforça o caráter sustentável da proposta e demonstra que a mitigação dos alagamentos não depende apenas da ampliação das estruturas convencionais, mas da adoção de soluções que atuem na origem do problema, alinhadas às diretrizes modernas de gestão das águas pluviais urbanas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo desta pesquisa compreende a Rua Jorge de Barros Barbosa e seu entorno imediato popularmente conhecido como a Comunidade Frei Damião, localizada no bairro Valentina de Figueiredo, zona sul do município de João Pessoa–PB. Essa região é historicamente marcada pela ocorrência de alagamentos frequentes durante eventos de chuva de média e alta intensidade, configurando-se como um dos principais pontos críticos de drenagem urbana do bairro. Matérias jornalísticas veiculadas através de redes sociais como “Instagram” como mostra a Figura 12 e telejornais regionais relatam, de forma recorrente, episódios de vias completamente inundadas, interrupção do tráfego, danos a residências e prejuízos à população, especialmente nos períodos chuvosos mais intensos. Esses registros midiáticos corroboram a percepção dos moradores e reforçam a relevância da problemática abordada neste estudo, evidenciando que os alagamentos não se tratam de eventos isolados, mas de um problema estrutural associado à deficiência do sistema de drenagem existente.

Figura 12 - Matéria do portal “parkcowboy” publicado no aplicativo “Instagram” de alagamentos nas proximidades do Valentina e ao redor do Centro Profissional Deputado Antônio Cabral - CPDAC.



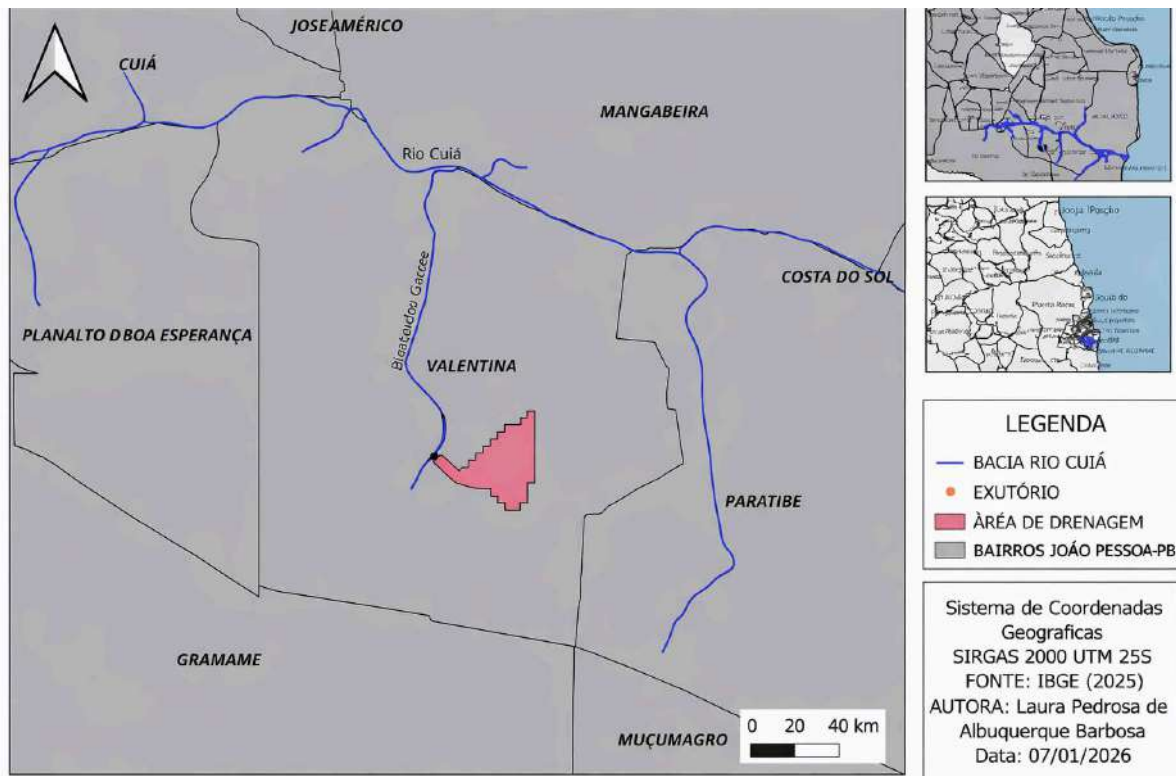
Fonte: Instagram (@parkcowboy, 2025).

As visitas técnicas foram realizadas entre os meses de maio/2025 a julho/2025 e entre outubro/2025 a dezembro/2025 e permitiram identificar diversas condições que contribuem para a intensificação dos alagamentos na rua Jorge de Barros Barbosa, como a elevada impermeabilização do solo (predominância de superfícies pavimentadas e edificadas que dificultam a infiltração das águas pluviais, favorecendo o escoamento superficial e o aumento das vazões de pico), a insuficiência de dispositivos de microdrenagem e a presença de bocas de lobo obstruídas por resíduos sólidos e sedimentos. Através das visitas observou-se que, durante eventos chuvosos, a água pluvial escoava superficialmente sem encontrar caminhos adequados de drenagem, acumulando-se ao longo da via e invadindo áreas adjacentes. Essas observações coletadas complementam as informações obtidas em campo e reforçam os dados apresentados nos mapas temáticos elaborados como os das Figuras 13, 14 e 15, que indicam a concentração do escoamento superficial e a baixa capacidade de infiltração da área.

A delimitação espacial da área de contribuição, gerada a partir do levantamento topográfico realizado no software QGIS, permitiu uma compreensão mais precisa do comportamento hidrológico local. Os mapas produzidos evidenciam que a rua Jorge de Barros Barbosa recebe contribuição de uma área significativa, caracterizada por estar inserida na área de influência da bacia hidrográfica do rio Cuiá (Figura 13) e declividades favoráveis ao escoamento superficial direcionado para os pontos mais baixos da via, concentrando-se em direção ao exutório como está representado no mapa das curvas de nível (Figura 14), pode-se observar que a maior cota da área de estudo delimitada chega até 42 metros e mais baixa bem próximo do exutório que passa a ser 31,5 metros evidenciando a diferença de cotas, o fluxo da rede (Figura 15) e a concentração do acúmulo de água nessa região mais baixa.

A área de estudo encontra-se predominantemente inserida em região caracterizada pela ocorrência de Argissolos, conforme mapeamento de solos apresentado na Figura 16. De acordo com a classificação pedológica, os Argissolos são solos que apresentam horizonte subsuperficial com acúmulo de argila, o que pode resultar em redução da capacidade de infiltração da água no solo, favorecendo o escoamento superficial, especialmente em áreas urbanizadas e com elevado grau de impermeabilização. Essa característica pedológica contribui para a intensificação dos alagamentos observados na área de estudo, uma vez que limita a infiltração das águas pluviais e potencializa o acúmulo superficial durante eventos chuvosos mais intensos.

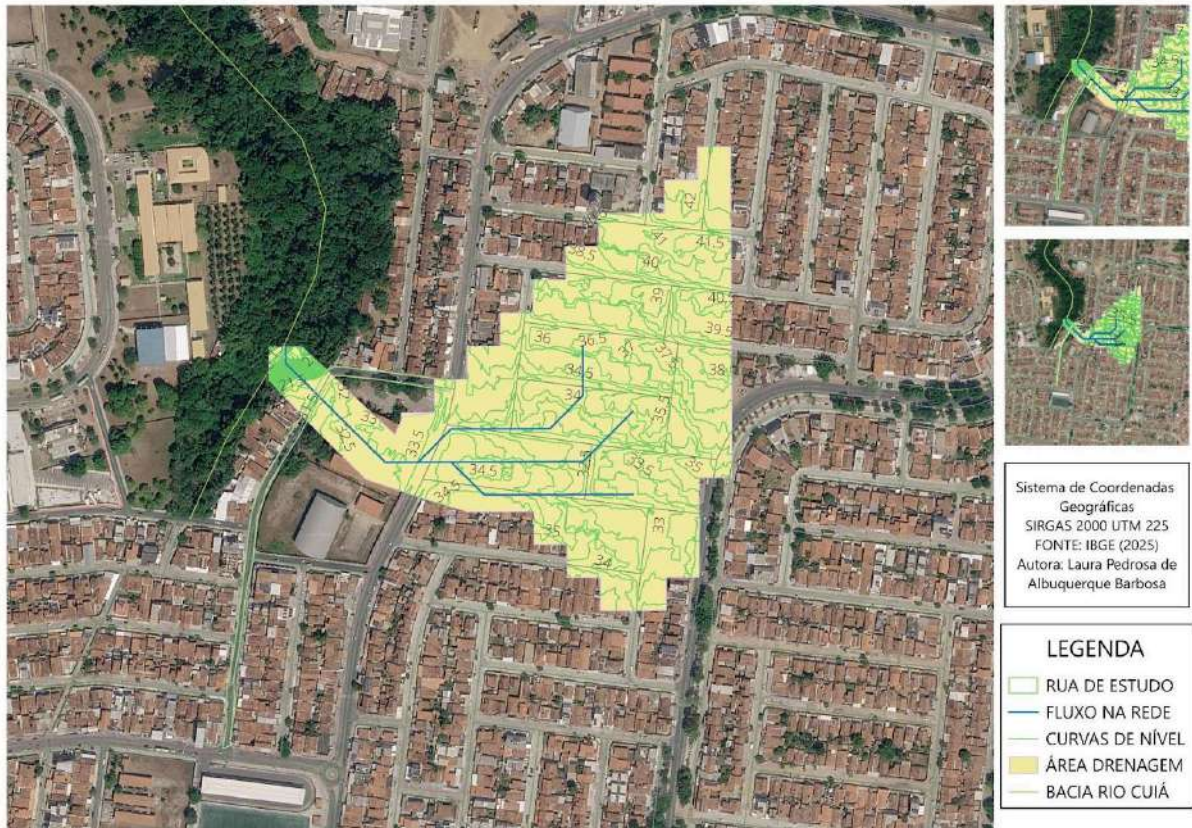
Figura 13 - Localização da bacia e área de drenagem.



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

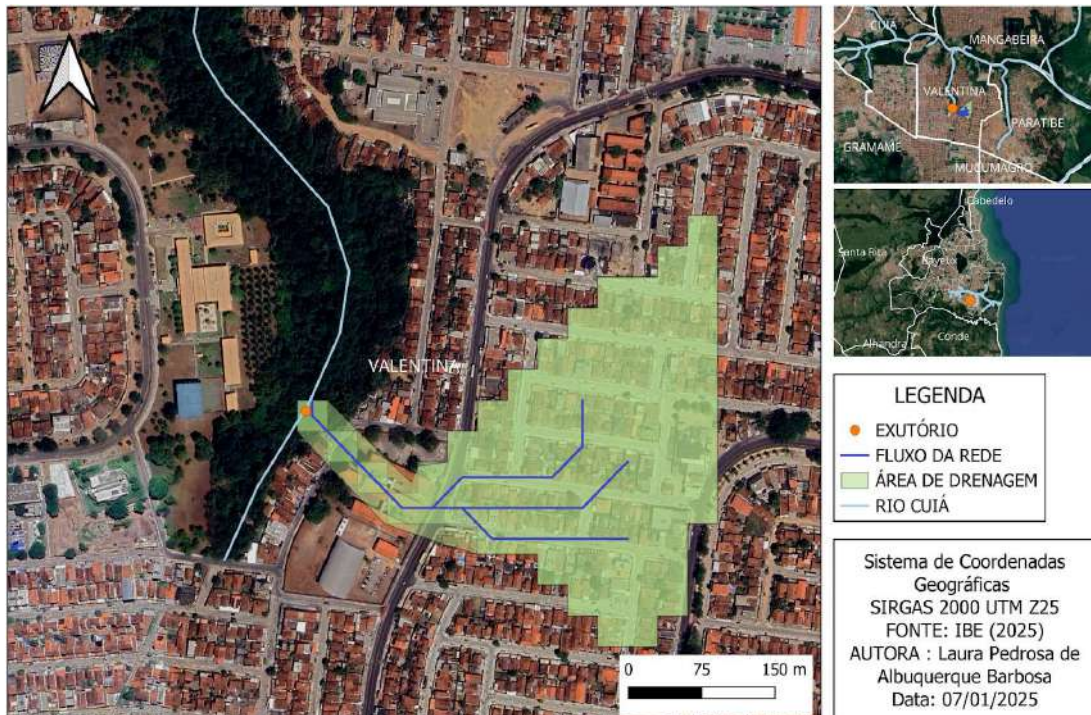
Associada à ausência de soluções de controle na fonte, essa configuração potencializa os picos de vazão durante as chuvas, agravando os episódios de alagamento. Dessa forma, a integração entre os dados cartográficos, o levantamento de campo, os registros fotográficos e as informações divulgadas pela mídia local reforça a necessidade de intervenções estruturais e sustentáveis na área de estudo, justificando a proposta de soluções de drenagem urbana sustentável desenvolvidas neste trabalho.

Figura 14 - Curvas de nível



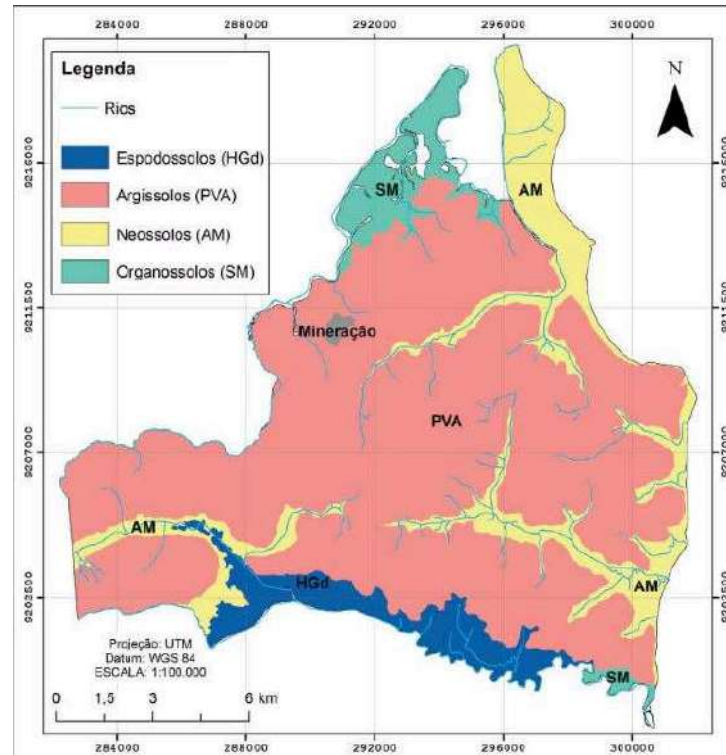
Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Figura 15 - Área e fluxo da rede de drenagem



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

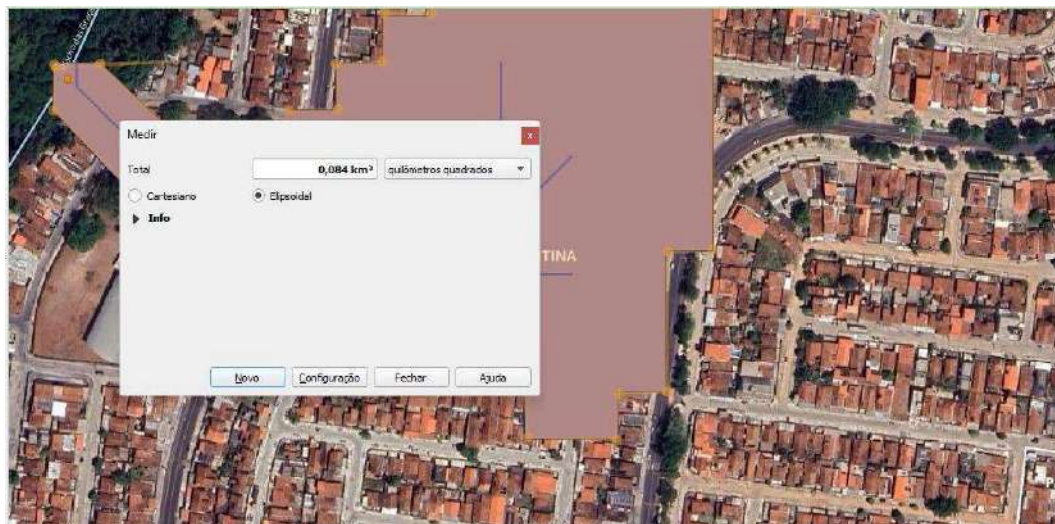
Figura 16 - Classificação dos solos em João Pessoa



Fonte: Adaptado de Silva et al. (2019), disponível em Redalyc.

Com a utilização do software QGIS foi encontrado que esta área possui 0,084 km<sup>2</sup>, ou seja, uma pequena área de drenagem para o estudo com 8,4 ha, como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Área delimitada



Fonte: Software QGIS, 2026.

O representante político Chico do Sindicato em junho do ano de 2025 como mostra a Figura 18, solicitou a manutenção para desobstrução da microdrenagem pré existente como é apresentado no Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa de 2014, mas devido a

falta de aprofundamento, apenas estes métodos paliativos são feitos na região, necessitando de uma ampliação nos sistemas de drenagem tradicionais para melhor eficácia no escoamento dessas águas. Com essa solicitação confirma-se a insatisfação que vem ocorrendo com a população com a problemática em questão.

Figura 18 - Requerimento de solicitação à SEINFRA (Secretaria de Infraestrutura do município de João Pessoa) para desobstrução da rua Jorge de Barros Barbosa



Estado da Paraíba  
Câmara Municipal de João Pessoa  
Casa Napoleão Laureano  
GABINETE DE CHICO DO SINDICATO

**REQUERIMENTO n° 803 /2025**  
**CHICO DO SINDICATO – AVANTE**

**Excelentíssimo Senhor Presidente da Câmara Municipal de João Pessoa,**

O(a) vereador(a) abaixo-assinado requer à SEINFRA a adoção de providências urgentes para a limpeza da galeria pluvial localizada na Rua Jorge de Barros Barbosa, Bairro Valentina de Figueiredo, tendo em vista os constantes entupimentos que vêm causando alagamentos, mau cheiro e transtornos aos moradores da região.

**Justificativa:**  
A manutenção e limpeza regular das galerias pluviais não apenas atendem as normas de Infraestrutura urbana e de saneamento, como também garantem o escoamento adequado das águas das chuvas, prevenindo alagamentos, mau cheiro e riscos à saúde pública. Além disso, contribuem para a preservação da mobilidade urbana, da segurança de pedestres e motoristas, bem como para a qualidade de vida da população.

Sala das Sessões da Câmara Municipal de João Pessoa, em 15 de Junho de 2025.



Fonte: Portal da Prefeitura Municipal de João Pessoa (2025).

## 5.2 Curvas IDF - Intensidade, Duração e Frequência

A duração da precipitação está associada ao tempo em que a chuva atua sobre a área de contribuição, influenciando diretamente a resposta hidrológica da bacia. Já o período de retorno representa a frequência estatística de ocorrência de um evento extremo, estando relacionado ao nível de segurança adotado no projeto hidráulico.

Dessa forma, as curvas IDF possibilitam a estimativa da intensidade máxima média de

precipitação para diferentes combinações de duração e período de retorno, fornecendo subsídios essenciais para o cálculo das vazões de projeto e para o dimensionamento adequado de sistemas de drenagem urbana e obras hidráulicas.

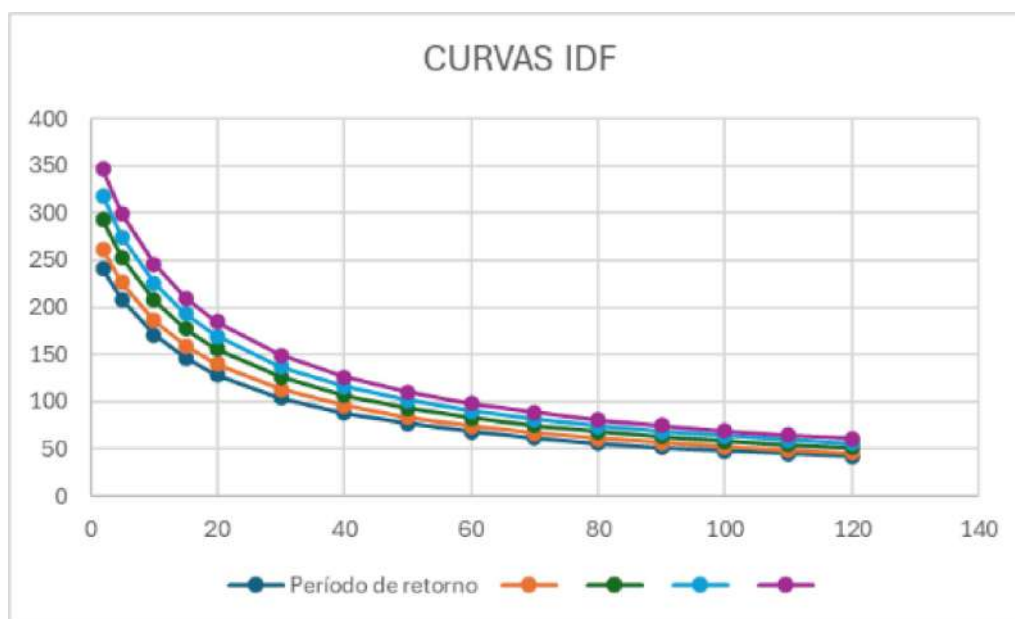
Com a junção do levantamento de informações na metodologia, combinamos a duração da precipitação com o período de retorno, calculadas a partir da equação IDF, a fim de obtermos as intensidades máximas de precipitação (Tabela 1) e Figura 19.

Tabela 1 - Intensidades máximas de precipitação (mm/h) para o local de estudo.

Duração da precipitação (d)	Período de Retorno				
	5	10	25	50	100
2	240,79	261,86	292,56	318,16	346,00
5	208,08	226,29	252,82	274,94	298,99
10	171,04	186,00	207,81	225,99	245,77
15	146,17	158,96	177,60	193,13	210,03
20	128,20	139,42	155,77	169,40	184,22
30	103,81	112,89	126,12	137,16	149,16
40	87,87	95,56	106,76	116,10	126,26
50	76,57	83,27	93,03	101,17	110,02
60	68,09	74,05	82,73	89,97	97,84
70	61,47	66,85	74,69	81,23	88,33
80	56,15	61,06	68,22	74,19	80,68
90	51,77	56,30	62,90	68,40	74,39
100	48,09	52,29	58,43	63,54	69,10
110	44,95	48,88	54,61	59,39	64,59
120	42,24	45,93	51,32	55,81	60,69

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 19 - Curvas IDF



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O tempo de concentração da bacia foi calculado a partir das informações do

comprimento do eixo longitudinal da área de estudo e da diferença entre as cotas máxima e mínima, através da equação 2.

$$tc = 57 \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (\text{equação 2})$$

$$tc = 57 \left( \frac{0,29^3}{42-31,5} \right)^{0,385}$$

$$tc = 5,52 \Rightarrow 6 \text{ minutos}$$

Considerando a duração da chuva igual ao tempo de concentração de 6 minutos e o período de retorno (Tr) para microdrenagem como sendo 5 anos, obtém-se a intensidade máxima da precipitação como sendo 208,08 mm/h.

### 5.3 Vazão máxima

A determinação da vazão máxima de escoamento superficial foi realizada com base no método racional, por meio da equação 3, conforme apresentado no item 4.5, por se tratar de uma área de drenagem inferior a 2 km<sup>2</sup>.

A área de contribuição delimitada com auxílio do software QGIS corresponde a 0,084 km<sup>2</sup>. O tempo de concentração da bacia foi previamente calculado como sendo  $t_c = 6$  minutos. Considerando projetos de microdrenagem urbana, foi adotado o período de retorno (Tr) de 5 anos, conforme recomendações técnicas.

Como a Tabela 1 apresenta valores de intensidade para durações discretas, adotou-se, de forma conservadora, a intensidade correspondente à duração de 5 minutos, valor imediatamente inferior ao tempo de concentração calculado, conforme prática consolidada em estudos hidrológicos.

Assim, da Tabela 1, obtém-se que a intensidade de precipitação máxima  $i = 208,08$  mm. Quanto ao coeficiente de escoamento superficial, considerando as características da área de estudo elevado grau de impermeabilização, presença predominante de pavimentação rígida e ocupação residencial consolidada foi adotado o valor de 0,60. Este valor está compatível com os coeficientes recomendados para áreas urbanizadas com revestimento de concreto de cimento Portland. Substituindo-se os valores na equação do método racional, tem-se que a vazão máxima resultou em 2,92 m<sup>3</sup>/s.

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A = 0,278 \times 0,60 \times 208,08 \times 0,084 = 2,92 \text{ m}^3/\text{s}$$

O valor obtido para a vazão máxima de projeto evidencia a elevada contribuição do escoamento superficial na área estudada, resultado diretamente associado ao alto grau de

impermeabilização do solo e à ausência de dispositivos eficientes de controle na fonte.

Essa vazão converge para o exutório localizado na Rua Jorge de Barros Barbosa, sobrecarregando o sistema de microdrenagem existente e contribuindo para os episódios recorrentes de alagamento observados na região. Dessa forma, o valor calculado serve como referência para avaliar o impacto hidrológico atual e como base comparativa para a análise da redução de vazão esperada com a implantação das intervenções propostas, conforme discutido nos itens seguintes.

#### **5.4 Intervenções propostas**

As intervenções propostas para a área de estudo têm como finalidade minimizar a vazão afluente ao exutório, reduzindo a ocorrência de alagamentos na Rua Jorge de Barros Barbosa e em seu entorno. Para isso, adota-se uma abordagem integrada, que combina melhorias nas estruturas de microdrenagem existentes com técnicas de aumento da infiltração e retenção das águas pluviais na fonte, alinhadas aos princípios da Drenagem Urbana Sustentável (DUS).

Inicialmente, destaca-se a importância da adequação e manutenção do sistema de microdrenagem, por meio da desobstrução de bocas de lobo existentes, implantação de novos dispositivos de captação em pontos críticos e melhoria do direcionamento do escoamento superficial. Essas ações contribuem para aumentar a eficiência do sistema atual, porém, isoladamente, não são suficientes para resolver o problema dos alagamentos, uma vez que não atuam diretamente na redução do volume gerado.

Dessa forma, propõe-se a adoção de soluções que promovam o controle do escoamento na origem, reduzindo o volume e a velocidade da água que chega ao exutório. As técnicas selecionadas de pavimento permeável, trincheiras de infiltração e microreservatórios de retenção foram escolhidas por apresentarem eficácia comprovada na literatura, viabilidade de implantação em áreas urbanas consolidadas e adequação às condições físicas.

A Figura 20 apresenta um esboço conceitual das intervenções propostas para a área de estudo, indicando a distribuição espacial dos dispositivos ao longo da via e em áreas estratégicas do lote e do sistema viário.

Figura 20 - Esboço conceitual das intervenções propostas



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio da OpenAI, 2026.

#### 5.4.1 Pavimento permeável

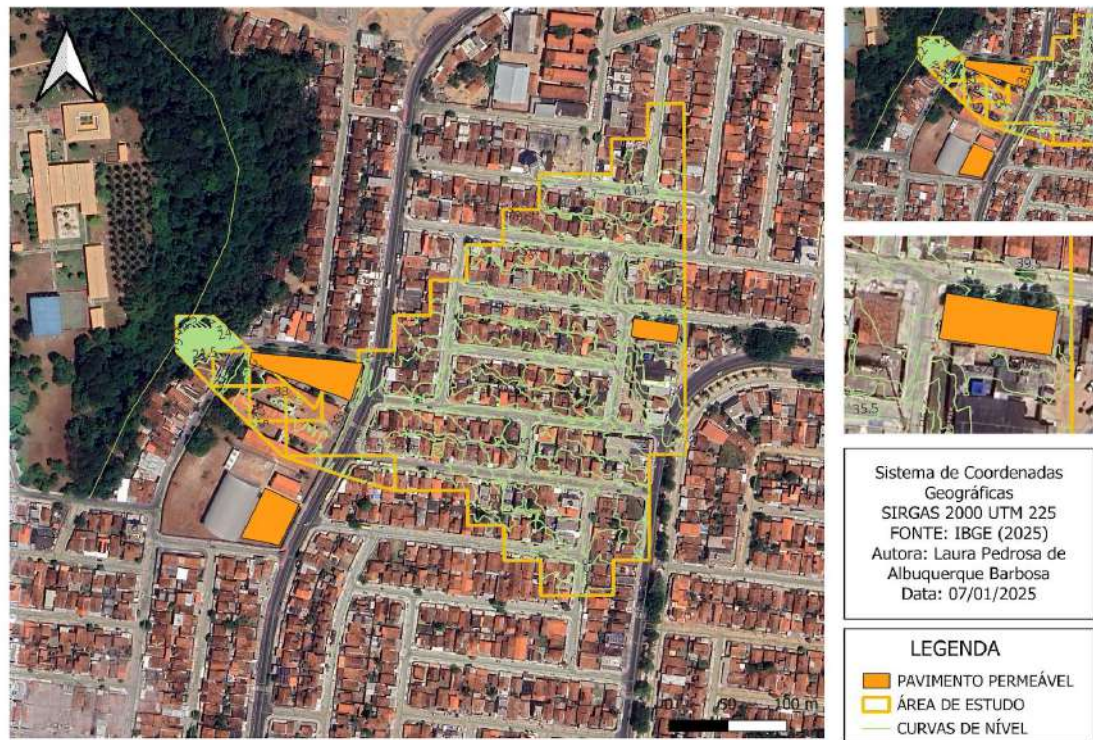
O pavimento permeável é proposto como alternativa ao pavimento convencional em áreas de baixo tráfego, calçadas e faixas laterais da via. Essa técnica permite a percolação da água através da superfície, promovendo infiltração no solo e armazenamento temporário nas camadas inferiores do pavimento.

A escolha do pavimento permeável justifica-se pela elevada impermeabilização observada na área de estudo, que contribui diretamente para o aumento do escoamento superficial. Ao substituir parcialmente superfícies impermeáveis por pavimentos permeáveis, é possível reduzir o volume de água escoado, aumentar o tempo de concentração da bacia e diminuir a sobrecarga sobre o sistema de microdrenagem existente.

Neste estudo, a escolha do pavimento permeável para aplicação em áreas de estacionamento fundamenta-se nas recomendações do Manual de Drenagem Urbana do IPH (2005), que indica esse dispositivo para locais com tráfego leve. Os estacionamentos apresentam condições favoráveis à implantação dessa técnica, por possuírem grandes áreas impermeabilizadas contínuas e menor solicitação estrutural, permitindo maior eficiência na infiltração e no armazenamento temporário das águas pluviais.

Diante dessas considerações, optou-se pela implantação do pavimento permeável, de forma preferencial, no estacionamento do Centro Profissional Deputado Antônio Cabral (CPDAC) e no estacionamento de uma igreja, localizados entre as vias delimitadas pela área de drenagem estudada, como está evidenciado na Figura 21.

Figura 21 - Solução apresentada com pavimento permeável



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

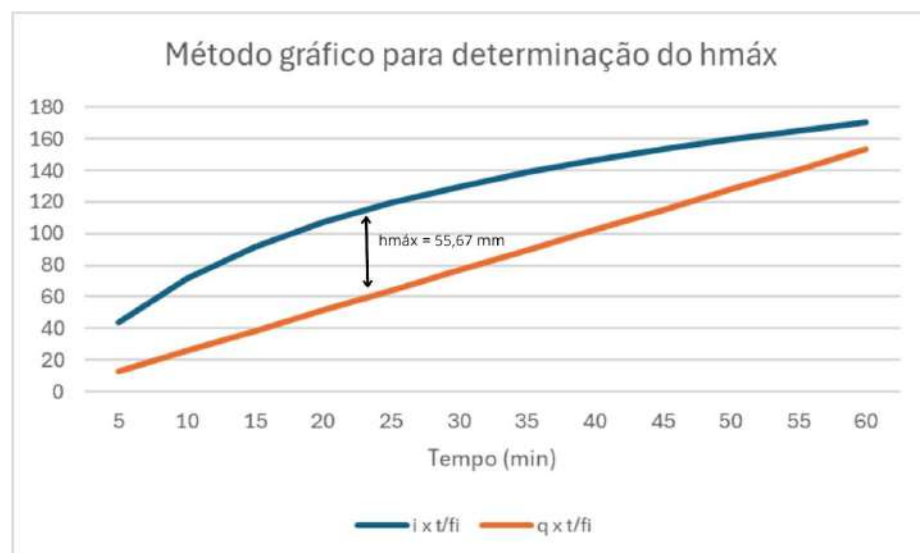
A área de drenagem total do pavimento permeável foi de 4.130,23 m<sup>2</sup>. Considerando-se os coeficientes da curva IDF (Figura 19) e  $T_r = 5$  anos, calculou-se a intensidade de precipitação em vários intervalos de tempo. Conforme Pott (2001), a velocidade básica de infiltração de argissolos é de 61,4 mm/h, com isso o valor do coeficiente de infiltração do solo ( $q$ ) para argissolos foi de 0,0614 m/h e adotando-se uma porosidade de  $\phi = 40\%$  baseada nas recomendações do IPH (2005) para camadas granulares como a brita, calculou-se as relações  $it/\phi$  e  $q/t\phi$  para vários tempos de duração de chuva a fim de obter o valor de  $h_{m\acute{a}x}$  (altura ou espessura máxima necessária da camada de reservatório do pavimento permeável), conforme Tabela 2 e Figura 22.

Tabela 2 - Determinação do hmáx.

t (min)	t(h)	i (mm/h)	i x t/φ	q x t/φ	h (mm)
5	0,08	208,08	43,35	12,79	30,56
10	0,17	171,04	71,27	25,58	45,68
15	0,25	146,17	91,36	38,38	52,98
20	0,33	128,20	106,84	51,17	55,67
25	0,42	114,56	119,33	63,96	55,37
30	0,50	103,81	129,76	76,75	53,01
35	0,58	95,09	138,68	89,54	49,13
40	0,67	87,87	146,45	102,33	44,12
45	0,75	81,78	153,34	115,13	38,22
50	0,83	76,57	159,52	127,92	31,60
55	0,92	72,05	165,11	140,71	24,41
60	1,00	68,09	170,23	153,50	16,73

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Figura 22 - Método gráfico para determinação do hmáx..



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

A máxima diferença entre  $it/\phi$  e  $q/t\phi$  indica a altura máxima ( $h_{máx}$ ) para o pavimento permeável, que resultou em 55,67 mm, ou seja 5,57 cm. Conforme as recomendações do Manual de Drenagem Urbana do IPH (2005), o valor de  $h_{máx}$  foi menor que 15 cm, logo adota-se 15 cm. Calculou-se o tempo de esvaziamento através da equação 13:

$$T_{\text{esvaziamento}} = \frac{\phi \times h_{máx}}{q} \quad (\text{equação 13})$$

Considerando  $\phi = 0,4$ ,  $h_{máx} = 0,15 \text{ m}$  e  $q = 0,03 \text{ m/h}$ , o tempo de esvaziamento do pavimento permeável resultou em 0,98h, ou seja, aproximadamente 1 hora.

#### 5.4.2 Trincheira de Infiltração

As trincheiras de infiltração são propostas como dispositivos complementares ao pavimento permeável, atuando no armazenamento temporário e infiltração gradual das águas pluviais captadas pelas sarjetas. Essas estruturas consistem em escavações lineares preenchidas com material granular, envoltas por geotêxtil, permitindo a percolação da água para o solo.

A escolha dessa técnica se deve à sua simplicidade construtiva, baixo custo relativo e eficiência na redução da vazão de pico, especialmente em pequenas bacias urbanas.

Para a locação da trincheira de infiltração ao longo de toda a calçada no entorno da escola (Figura 23) adotou-se como critério de dimensionamento a utilização de uma área correspondente a 5% da área total de drenagem. Essa abordagem considera a atuação integrada do dispositivo com as outras técnicas de drenagem urbana sustentável sugeridas para a área de estudo, permitindo a distribuição das funções de retenção e infiltração do escoamento superficial. A partir desse critério, obteve-se uma área de contribuição equivalente a 0,0042 km<sup>2</sup>, valor adotado nas etapas subsequentes de dimensionamento do dispositivo. O coeficiente de escoamento foi de 0,95 (figura 11) e a condutividade hidráulica saturada do solo ( $k$ ) na área foi de  $1 \times 10^{-4} m/s$  pela Lei de Darcy. Através da equação 7 utilizou-se o fator de correção resultando numa condutividade hidráulica de  $5 \times 10^{-5} m/s$ .

Figura 23 - Solução apresentada com trincheira de infiltração.



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Inicialmente calculou-se o volume escoado para a trincheira a cada tempo  $t$  pela equação 6 que resultou na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Volumes escoados para a trincheira.

<b>t (min)</b>	<b>t(h)</b>	<b>i (mm/h)</b>	<b>i (m/h)</b>	<b>Ve (m<sup>3</sup>)</b>
5	0,08	208,08	0,21	86,48
10	0,17	171,04	0,17	142,18
15	0,25	146,17	0,15	182,26
20	0,33	128,20	0,13	213,14
25	0,42	114,56	0,11	238,07
30	0,50	103,81	0,10	258,87
35	0,58	95,09	0,10	276,66
40	0,67	87,87	0,09	292,17
45	0,75	81,78	0,08	305,91
50	0,83	76,57	0,08	318,24
55	0,92	72,05	0,07	329,40
60	1,00	68,09	0,07	339,61

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Em seguida estimou-se as dimensões iniciais da trincheira e calculou-se o volume. Estimou-se que  $L_{trin} = 500 m$ ,  $b_{trin} = 1 m$  e  $h_{trin} = 1,2 m$ . O volume inicial disponível resultou em  $600 m^3$ .

Posteriormente calculou-se o volume de saída para cada tempo  $t$  através da equação 8 e área de infiltração pela equação 9. Considerando as dimensões iniciais, a área de infiltração resultou em  $1202,4 m^2$  e o volume de saída, para cada tempo  $t$ , conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Volumes de saída de água da trincheira.

<b>t (min)</b>	<b>t (h)</b>	<b>Vs (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ve - Vs (m<sup>3</sup>)</b>
5	0,08	9,018	77,47
10	0,17	18,036	124,14
15	0,25	27,054	155,20
20	0,33	36,072	177,07
25	0,42	45,09	192,98
30	0,50	54,108	204,76
35	0,58	63,126	213,53
40	0,67	72,144	220,03
45	0,75	81,162	224,75
50	0,83	90,18	228,06
55	0,92	99,198	230,20
60	1,00	108,216	231,39

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

A partir dos dados da Tabela 4 é possível identificar a máxima diferença  $Ve - Vs$ , o que corresponderá ao volume de água a armazenar na trincheira, que resultou em  $231,39 m^3$ .

O volume necessário para a trincheira considerando a porosidade do material de

preenchimento através da equação 10 e sendo  $\varphi = 40\%$ , o volume necessário foi de 578,47 m<sup>3</sup>. Uma vez que pela condição  $V_{disp}^{inicial} > V_{disp}^{dim}$  e  $V_{disp}^{inicial} \approx V_{disp}^{dim}$  o dimensionamento encontra-se encerrado, conclui-se que as dimensões adotadas para a trincheira de infiltração são adequadas.

#### 5.4.3 Microreservatório

Os microreservatórios de retenção são propostos como dispositivos de controle hidráulico destinados ao amortecimento da vazão de pico, armazenando temporariamente o excedente de água durante eventos chuvosos e liberando-o de forma controlada após a precipitação.

Essa solução foi escolhida por sua elevada eficiência no controle de cheias urbanas e por sua capacidade de atuar mesmo em situações onde a infiltração é limitada. Diferentemente das técnicas anteriores, o microreservatório não depende exclusivamente da capacidade de infiltração do solo, tornando-se uma alternativa robusta para eventos de maior intensidade.

No esboço proposto, os microreservatórios poderiam ser implantados:

- em áreas públicas disponíveis;
- de forma subterrânea, minimizando impactos visuais e de uso do solo.

Desta forma, para dimensionamento de um microreservatório considerou-se uma área de drenagem da cobertura da quadra de 1653 m<sup>2</sup>, como mostra a Figura 24 a seguir.

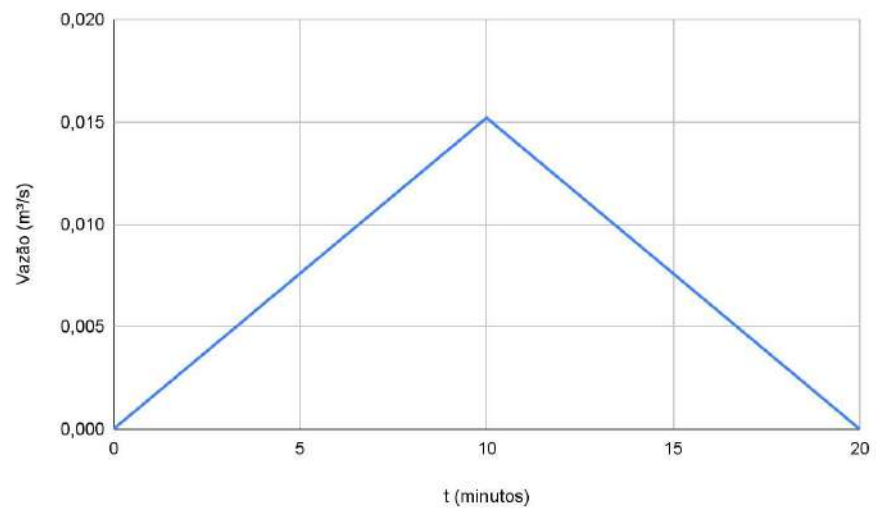
Figura 24 - Área de drenagem da cobertura da quadra para o microreservatório



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Com o dimensionamento pelo método simplificado de McCuen (1989) e Tucci (1995), calcula-se o hidrograma anterior a ocupação, cujo  $C = 0,2$  para áreas de matas, partes rurais (Figura 11), tempo de concentração de 10 minutos e período de retorno de 5 anos. A vazão foi calculada pelo Método Racional e resultou em  $0,0152 \text{ m}^3/\text{s}$ . O hidrograma está apresentado na Figura 25 a seguir.

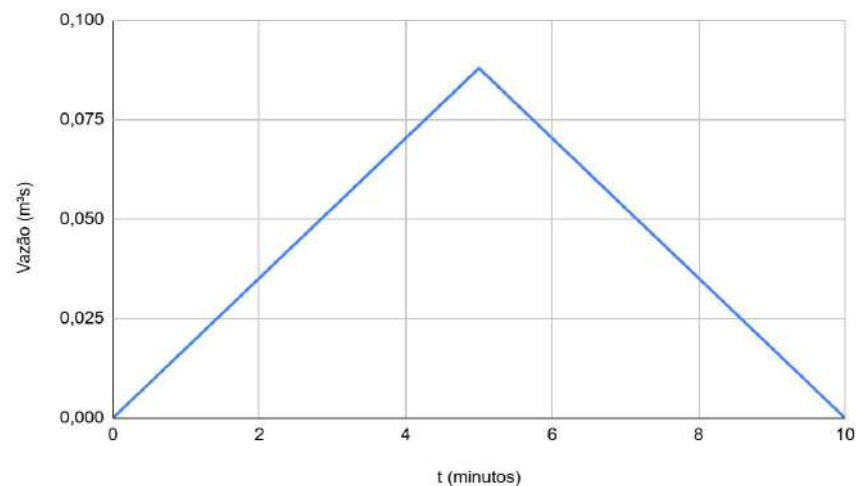
Figura 25 - Hidrograma pré-ocupação.



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Da mesma forma, calculou-se o hidrograma pós-ocupação, considerando uma mudança no coeficiente de escoamento  $C = 0,95$  (considerando a situação mais densa de urbanização). O tempo de concentração foi de 5 minutos e o período de retorno de 5 anos. A vazão foi calculada pelo Método Racional e resultou em  $0,088 \text{ m}^3/\text{s}$  para a ocorrência de apenas uma chuva intensa. O hidrograma está apresentado na Figura 26 a seguir.

Figura 26 - Hidrograma pós-ocupação.



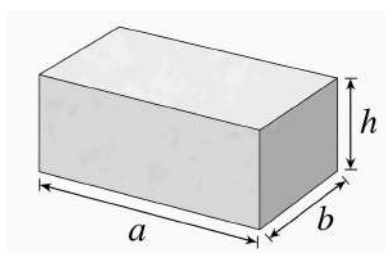
Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

O volume do reservatório conforme a equação 11 resultou em  $21,84 \text{ m}^3$ , sendo a vazão do pico de entrada de  $0,088 \text{ m}^3/\text{s}$  para um tempo de concentração de entrada de 5 minutos e a vazão do pico de saída de  $0,0152 \text{ m}^3/\text{s}$  para um tempo de concentração de saída 10 minutos.

Desse modo, o reservatório como um paralelepípedo de volume =  $a \times b \times h$  (Figura 27), adotou-se as dimensões sendo  $a = 5 \text{ m}$ ,  $b = 5 \text{ m}$  e  $h = 1 \text{ m}$ .

Para viabilidade e uso propõe-se um reservatório maior para um volume de  $100 \text{ m}^3$  com as dimensões  $10\text{m} \times 10\text{m} \times 1,0\text{m}$  (Figura 28) para coletar a água de vários eventos de chuva e que possa ser utilizado para outros fins, estes que podem servir de continuação para estudos futuros e implementação do trabalho.

Figura 27 - Forma do microreservatório: paralelepípedo



Fonte: Google Imagens.

Figura 28 - Microreservatório enterrado

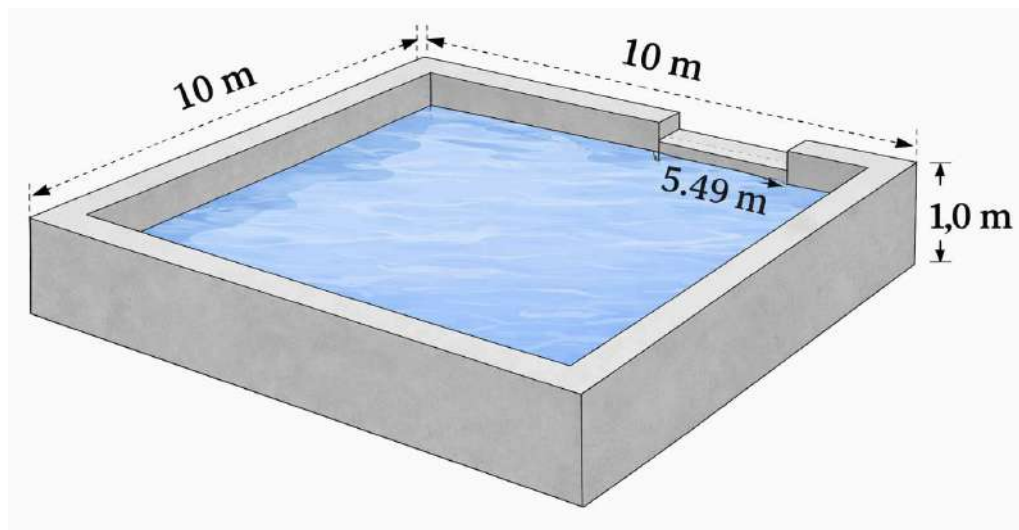


Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Calculou-se a vazão do vertimento através do Método Racional, considerando tempo de concentração de 5 minutos posterior a urbanização e período de retorno de 50 anos. Obteve-se a vazão de  $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Por fim calculou-se o comprimento do vertedor de parede delgada através da equação 12 que resultou no comprimento do vertedor de 5,49 metros.

Figura 29 - Esboço das dimensões do microreservatório com vertedouro.



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

#### 5.4.4 Outras recomendações

Além das soluções baseadas na drenagem urbana sustentável propostas neste estudo, como pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e microreservatórios, destaca-se a importância da adoção de medidas tradicionais, visando garantir maior eficiência e robustez ao sistema de drenagem da área analisada.

Nesse contexto, recomenda-se a implantação e/ou adequação do sistema de microdrenagem urbana, incluindo a instalação de bocas de lobo, sarjetas e galerias pluviais em trechos onde se verificou sua ausência ou insuficiência. Conforme observado na área de estudo a deficiência desses dispositivos contribui diretamente para o acúmulo de água nas vias, agravando os episódios de alagamento.

Adicionalmente, sugere-se a utilização de pavimentos porosos ou semipermeáveis nas vias que ainda não foram asfaltadas ou macadamizadas, como forma de reduzir o escoamento superficial gerado e aumentar a infiltração local. Essa medida é especialmente relevante em áreas em processo de urbanização, onde ainda há possibilidade de intervenção antes da consolidação da impermeabilização total do solo.

Outro aspecto fundamental refere-se ao controle do uso e ocupação do solo. A elevada impermeabilização observada na área de estudo reforça a necessidade de cumprimento dos índices urbanísticos estabelecidos pela legislação municipal, especialmente no que diz respeito à taxa de ocupação dos lotes. De acordo com a Lei Complementar nº. 166, de 06 de maio de 2024 (BRASIL, 2024) a área de estudo, inserida na Zona Habitacional 2 (ZH-2), apresenta exigência mínima de taxa de área permeável (TAP) de 5% por lote. Observa-se que esse percentual corresponde ao limite mínimo estabelecido pela legislação, sendo insuficiente, sob o ponto de vista hidrológico, para promover a adequada infiltração das águas pluviais em áreas urbanas densamente ocupadas. Dessa forma, a baixa exigência de permeabilidade contribui para o aumento do escoamento superficial e reforça a necessidade da adoção de dispositivos compensatórios, como pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e microreservatórios, conforme proposto neste estudo.

Além disso, destaca-se a importância de ações complementares relacionadas à gestão e manutenção do sistema de drenagem, como a conscientização da população quanto ao descarte adequado de resíduos sólidos, evitando o lançamento de resíduos nas vias públicas e dispositivos de drenagem, prática que contribui significativamente para a obstrução do escoamento. Nesse sentido, a educação ambiental assume papel fundamental na promoção de mudanças de comportamento e na preservação do funcionamento adequado das estruturas urbanas. Soma-se a isso a necessidade de manutenção periódica das sarjetas, incluindo a

retirada de vegetação que pode comprometer a capacidade de escoamento, bem como a realização de atividades de limpeza e inspeção preventiva antes do período chuvoso, garantindo a eficiência do sistema e reduzindo a ocorrência de alagamentos.

Dessa forma, evidencia-se que a solução para os problemas de drenagem urbana na região não deve se restringir à adoção isolada de técnicas sustentáveis, mas sim à integração entre soluções baseadas na natureza, infraestrutura convencional e planejamento urbano adequado. Essa abordagem integrada possibilita maior eficiência hidráulica, redução dos riscos de alagamento e promoção de um desenvolvimento urbano mais resiliente e sustentável.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar os problemas de drenagem urbana existentes na Rua Jorge de Barros Barbosa situada na Comunidade Frei Damião, localizada no bairro Valentina de Figueiredo, em João Pessoa–PB, área historicamente afetada por alagamentos recorrentes durante eventos de chuva de média e alta intensidade. A partir da caracterização da área de estudo, das visitas técnicas e da análise do sistema de microdrenagem existente, foi possível constatar que os alagamentos observados estão diretamente associados ao alto grau de impermeabilização do solo, à insuficiência das estruturas de drenagem e à ausência de soluções de controle do escoamento na fonte.

A aplicação do método racional permitiu estimar a vazão máxima de escoamento superficial para a área analisada, evidenciando a sobrecarga imposta ao sistema de drenagem existente. Os resultados obtidos confirmam que, nas condições atuais, o volume gerado pelas chuvas excede a capacidade de condução e escoamento das estruturas de microdrenagem, contribuindo para a ocorrência frequente de alagamentos e prejuízos à população local.

Diante desse cenário, foram propostas intervenções baseadas nos princípios da Drenagem Urbana Sustentável, priorizando soluções que atuam de forma integrada no aumento da infiltração, na retenção temporária das águas pluviais e na redução da vazão afluente ao exutório. As técnicas selecionadas de pavimento permeável, trincheiras de infiltração e microreservatórios de detenção mostraram-se adequadas à realidade da área de estudo, tanto do ponto de vista técnico quanto espacial, além de apresentarem eficácia comprovada na literatura especializada.

A análise dos cenários propostos demonstrou que a adoção dessas soluções pode promover uma redução significativa da vazão de pico, contribuindo para a mitigação dos alagamentos e para a melhoria do desempenho do sistema de drenagem urbana local. Além dos benefícios hidráulicos, as intervenções propostas também favorecem ganhos ambientais, como a recarga do lençol freático, a melhoria da qualidade da água pluvial e a valorização do espaço urbano.

Ressalta-se que este estudo teve como objetivo o dimensionamento executivo das estruturas propostas e a avaliação conceitual e técnica da viabilidade das soluções, servindo como subsídio para futuros projetos de engenharia e para o planejamento urbano do município. Recomenda-se, para trabalhos futuros, o aprofundamento do dimensionamento hidráulico e hidrológico das estruturas, bem como a realização de estudos geotécnicos e de simulações computacionais que permitam avaliar o desempenho das intervenções sob

diferentes cenários de precipitação.

Por fim, conclui-se que a adoção de práticas sustentáveis de drenagem urbana representa uma alternativa viável e necessária para enfrentar os desafios impostos pela urbanização acelerada, contribuindo para a redução de riscos, melhoria da qualidade de vida da população e promoção de um desenvolvimento urbano mais resiliente e sustentável.

## REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Resolução nº 245, de 17 de março de 2025. *Aprova a Norma de Referência nº 12/2025 que dispõe sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas*. Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2025/245>. Acesso em: 21 fev. 2026.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Resolução nº 245, de 2025. Institui a Norma de Referência nº 12/2025 para a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Brasília: ANA, 2025.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 3, p. 21–29, jul./set. 2000. Disponível em: [https://files.abrhidro.org.br/Sumarios/44/48ba673566bf8968f9c4c613a6f1a9af\\_f2be3ce54d1b6412ba634aca68acf5c0.pdf](https://files.abrhidro.org.br/Sumarios/44/48ba673566bf8968f9c4c613a6f1a9af_f2be3ce54d1b6412ba634aca68acf5c0.pdf). Acesso em: 21 nov. 2025.

BRASIL. Política Nacional de Saneamento Básico: Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab>. Acesso em: 21 nov. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU)*. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/politica-nacional-de-desenvolvimento-urbano>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. Política Nacional de Desenvolvimento Urbano: texto-base para discussão. Brasília: Ministério das Cidades, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades>. Acesso em: 19 mar. 2026.

BRASIL. Ministério dos Transportes – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. – 2. ed. – Rio de Janeiro, 2005. 133p. (IPR. Publ., 715).

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Bases para a atualização colaborativa da Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável – PNDU: texto-base*. Maio 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/politica-nacional-de-desenvolvimento-urbano/arquivos/pndu\\_pndu\\_texto\\_base.pdf](https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/politica-nacional-de-desenvolvimento-urbano/arquivos/pndu_pndu_texto_base.pdf). Acesso em: 21 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). MDR apresenta os 16 Objetivos do Desenvolvimento Urbano Sustentável (ODUS). Governo do Brasil, 07 dez. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/mdr-apresenta-os-16-objetivos-do-desenvolvimento-u>

rbano-sustentavel-odus. Acesso em: 21 nov. 2025.

COSTA JUNIOR, L. L.; BARBASSA, A. P. *Avaliação da aplicabilidade de dispositivos de controle de inundação no lote urbano*, XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Acesso em: 26 jan. 2026.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Manual de drenagem de rodovias*. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (Publicação IPR – 724).  
ETESCO – Empresa de Tecnologia e Saneamento S/A. *O pavimento permeável pode reduzir as inundações: descubra*. Etesco. Disponível em:  
<https://etesco.com.br/o-pavimento-permeavel-pode-reduzir-as-inundacoes-descubra/>. Acesso em: 21 nov. 2025.

GARBANZOS, S.; MANQUIZ-REDILLAS, M. *Evaluating the Peak Flow and Runoff Coefficient Reductions of Bioretention, Infiltration Trenches, and Permeable Pavement LID Using SWMM*, Chemical Engineering Transactions, 97 (2022). Acesso em: 26 jan. 2026.

IPH - INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS (IPH). Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre: Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2005.

JOÃO PESSOA (PB). Lei Complementar nº 166, de 06 de maio de 2024. *Dispõe sobre o zoneamento e o uso e ocupação do solo do município de João Pessoa/PB – LUOS, e dá outras providências*. João Pessoa: Prefeitura Municipal, 2024. Disponível em:  
[https://sapl.joaopessoa.pb.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2024/19967/166\\_-\\_29.04.24\\_-\\_luos\\_-\\_lei\\_de\\_uso\\_e\\_ocupacao\\_do\\_solo-republicada\\_em\\_23-08-2024.pdf](https://sapl.joaopessoa.pb.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2024/19967/166_-_29.04.24_-_luos_-_lei_de_uso_e_ocupacao_do_solo-republicada_em_23-08-2024.pdf). Acesso em: 21 fev. 2026.

LIMA NETO, V. S. et al. Avaliação de tanques de retenção no amortecimento de cheias em bacias urbanas usando SWMM. *Northeast Geosciences Journal*, Natal, v. 10, n. 1, p. 222-237, 2024.

MENDES, Alesi Teixeira; SANTOS, Gesmar Rosa dos. *Planejamento e gestão da drenagem e manejo sustentável de águas de chuva no Brasil: lacunas e situação dos municípios*. Boletim Regional, Urbano e Ambiental (BRUA), n. 29, p. 99-109, jan./jun. 2023. Brasília: IPEA. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/6bec3a74-88d4-4335-a7f5-7681f92db36b/content>. Acesso em: 19. nov. 2025.

PARKCOWBOY. Alagamento no bairro Valentina, João Pessoa/PB. Instagram, 4 fev. 2025. Disponível em: [https://www.instagram.com/reel/DFpve\\_gxPW-/](https://www.instagram.com/reel/DFpve_gxPW-/). Acesso em: 19 mar. 2026.

POLETO, C.; AGOSTINHO, M. S. P. *Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana : Dispositivos*. *Holos Environment*, Rio Claro, v. 12, n. 1, p. 81-113, 2012. Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/download/3054/4903>. Acesso em: 19 nov. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Plano Municipal de Saneamento Básico. Disponível em:  
<https://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/semam/plano-municipal-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 19 mar. 2026.

SILVA, G. B. L.; et al. Classificação hidrológica de solos brasileiros e sua aplicação em

estudos hidrológicos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 24, e11, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/4517/451748499011/html/>. Acesso em: 28 jan. 2026.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, L. P. Intensity-Duration-Frequency equations for the state of Paraíba, Brazil, and regionalization of its parameters. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 4, p. 87–96, 2013.

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. *REGA – Revista de Gestão de Água*, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29–42, jan./jun. 2016. Disponível em: [https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2020/12/9ab609843c59c2457a38937f5da8e1ac\\_32607cf292f137e7d029aac1c7362436.pdf](https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2020/12/9ab609843c59c2457a38937f5da8e1ac_32607cf292f137e7d029aac1c7362436.pdf). Acesso em: 21 nov. 2025.

TUCCI, Carlos E. M. *Águas urbanas*. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/107577/000662595.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19. nov. 2025.

TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 7–22, 2005. Acesso em: 21. nov. 2025.