

**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**

SAMUEL JUNIOR PEREIRA DE MELO

**AVALIAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DA RUA BANCÁRIO SÉRGIO
GUERRA – BAIRRO DOS BANCÁRIOS, JOÃO PESSOA – PB**

JOÃO PESSOA

2026

SAMUEL JUNIOR PEREIRA DE MELO

**AVALIAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DA RUA BANCÁRIO SÉRGIO
GUERRA – BAIRRO DOS BANCÁRIOS, 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 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

M528a Melo, Samuel Junior Pereira de.

Avaliação da rede de drenagem pluvial da rua Bancário
Sérgio Guerra - bairro dos Bancários, João Pessoa – PB / Samuel
Junior Pereira de Melo. – 2026.

72 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^a Dra. Mirella Leôncio Motta e Costa.

1. Drenagem pluvial. 2. Infraestrutura urbana. 3. Chuva intensa. 4. Alagamento. 5. João Pessoa. I. Título.

CDU 628.2(043)

DECISÃO 29/2026 - CBEC/UA1/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB, de 11 de março de 2026.

SAMUEL JUNIOR PEREIRA DE MELO

**AValiação DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DA RUA BANCÁRIO SÉRGIO GUERRA – BAIRRO
DOS BANCÁRIOS, JOÃO PESSOA – PB**

	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 Bacharel em Engenharia Civil
--	--

Aprovado em 09 de março de 2026

Banca Examinadora

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

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

Me. Ana Caroline Aires Gomes de Lima (Examinadora Interna - IFPB)

JOÃO PESSOA

2026

Documento assinado eletronicamente por:

- Mirella Leoncio Motta e Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 11/03/2026 21:35:22.
- Ana Caroline Aires Gomes de Lima, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCTEDIF-JP, em 12/03/2026 09:35:39.
- Camila Campos Gomez Fama, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CBEC-JB, em 14/03/2026 15:49:49.

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 847110
Verificador: ac713977be
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 a Deus e a Jesus Cristo, por me sustentarem e guiarem em todos os momentos; à minha família, pelo amor, apoio e incentivo constantes; e aos meus amigos, que estiveram presentes ao longo dessa caminhada, contribuindo para que este objetivo fosse alcançado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Jesus Cristo, que me redimiou na Cruz Sagrada e que, desde o ventre de minha mãe, tem cuidado de mim, guiando meus passos, sustentando-me nos momentos difíceis e fortalecendo minha fé ao longo de toda a caminhada. Sua presença constante foi essencial para que eu perseverasse mesmo diante das adversidades, renovando minhas forças e minha esperança a cada etapa desse percurso.

Reconheço, ainda, a grandiosidade de Deus em cada detalhe da minha vida, desde o simples ato de respirar até o alimento diário que nunca me faltou. Em todos os momentos, sejam eles de alegria ou de dificuldade, Sua provisão esteve presente de forma silenciosa, porém constante. Cada oportunidade concedida, cada porta aberta e cada livramento experimentado foram sinais claros do Seu cuidado e da Sua fidelidade. Mesmo nos dias em que as forças pareciam escassas, foi Deus quem sustentou meu ânimo, direcionou meus passos e me concedeu sabedoria para continuar avançando. Essa consciência de dependência e gratidão fortaleceu minha caminhada e deu sentido a cada etapa dessa jornada acadêmica e pessoal.

Agradeço à minha mãe, Maria das Neves Melo Pereira, pelo amor, cuidado e dedicação desde o instante em que soube que seria minha mãe. Desde então, sua presença constante, seu zelo e sua entrega foram fundamentais em cada fase da minha vida. Foi ela quem me ensinou valores essenciais, como responsabilidade, humildade, perseverança e respeito, sempre me incentivando a não desistir diante das dificuldades. Seu apoio incondicional, suas orações e sua confiança em mim foram pilares importantes durante toda a trajetória acadêmica, especialmente nos momentos de maior cansaço e incerteza. Tudo o que sou hoje carrega, de alguma forma, o reflexo do seu esforço, da sua força e do amor que sempre dedicou à minha formação pessoal, humana e profissional.

Agradeço à minha noiva, Emanuely Lima de Oliveira, por todo o incentivo e apoio ao longo da elaboração deste trabalho. Mesmo nos dias de desmotivação e cansaço, sua presença, suas palavras e sua disposição em me encorajar foram fundamentais para que eu permanecesse firme no propósito de concluir esta etapa. Reconheço sua importância como alguém enviada por Deus para caminhar ao meu lado em uma fase tão intensa e corrida da vida. A frase de Ernest Hemingway *“Quem estará nas trincheiras ao teu lado? E isso importa? Mais do que a própria guerra.”* passou a ter um significado ainda mais profundo após sua chegada à minha vida, pois revelou o valor de ter alguém que compartilha os desafios, tornando os dias mais leves e a caminhada mais suportável.

Agradeço aos docentes do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) pela contribuição significativa na minha formação como graduando em Engenharia Civil. Ao longo de um período marcado por grandes desafios, desde a pandemia até a reta final da graduação, estiveram sempre disponíveis para transmitir conhecimento, seja de forma presencial ou a distância, promovendo não apenas o aprendizado técnico, mas também um processo contínuo de amadurecimento acadêmico e pessoal. Cada orientação, aula e experiência compartilhada contribuíram para a construção da base técnica e crítica necessária à minha formação profissional.

Em momentos como este, somos levados a refletir sobre nossa trajetória, sobre as pessoas que passaram por nossas vidas e até mesmo sobre aquelas que, sem sequer saber da nossa existência, deixaram ensinamentos que permanecem conosco. Cada experiência vivida, cada desafio enfrentado e cada conquista alcançada contribuíram, de alguma forma, para a construção de quem sou hoje.

Como fonte de motivação pessoal, carrego a reflexão de David Goggins, que afirma: *“Você está em perigo de viver uma vida tão confortável e suave que morrerá sem nunca perceber seu verdadeiro potencial.”* Essa frase reforça a importância de enfrentar dificuldades e sair da zona de conforto como parte essencial do crescimento humano e profissional.

Da mesma forma, encontro fundamento espiritual nas palavras do apóstolo Paulo, que escreveu: *“Tudo posso naquele que me fortalece”* (Filipenses 4:13). Esse versículo representa a convicção de que a perseverança, aliada à fé, permite superar limites que antes pareciam intransponíveis.

Por fim, deixo uma mensagem a todos os leitores deste trabalho: acreditem no seu potencial e vivam o seu propósito. O futuro é construído pelas escolhas que fazemos diariamente. Entre milhares de possibilidades de não nascer, você nasceu. Talvez isso, por si só, já seja a maior motivação para lutar, perseverar e seguir em frente.

“A força que me trouxe até aqui não veio da ausência de dificuldades, mas da presença constante de Deus em cada passo dado, mesmo quando o caminho parecia impossível”.

Samuel Melo (2026).

RESUMO

A drenagem pluvial urbana representa um dos principais desafios da infraestrutura das cidades brasileiras, sobretudo em áreas com elevada impermeabilização do solo e crescimento urbano consolidado. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade da rede de drenagem pluvial da Avenida Bancário Sérgio Guerra, localizada no bairro dos Bancários, em João Pessoa – PB, analisando seu desempenho frente a eventos de precipitação intensa. A metodologia adotada compreendeu levantamento bibliográfico, delimitação e caracterização da bacia de contribuição, análise do regime pluviométrico da região, determinação das curvas de Intensidade–Duração–Frequência (IDF) e estimativa das vazões máximas pelo Método Racional. Complementarmente, foi realizado levantamento em campo da infraestrutura de microdrenagem existente, com registro das condições físicas dos dispositivos superficiais. Os resultados evidenciam aumento significativo das vazões de escoamento superficial ao longo do processo de urbanização da área, associado à elevação do coeficiente de escoamento. A comparação entre as vazões estimadas e a capacidade hidráulica teórica da galeria existente, avaliada pelo método de *Manning*, indica incompatibilidade entre a demanda hidrológica atual e a seção disponível para escoamento. As inspeções em campo também revelaram dispositivos com sinais de desgaste estrutural e obstrução parcial, fatores que contribuem para a redução da eficiência do sistema. Conclui-se que a rede de drenagem pluvial da área estudada apresenta desempenho hidráulico insuficiente frente às vazões de projeto estimadas, evidenciando a necessidade de reavaliação técnica do sistema, com vistas à melhoria da eficiência e da segurança hidráulica da via.

Palavras-chave: drenagem pluvial; infraestrutura urbana; chuvas intensas; alagamentos; João Pessoa.

ABSTRACT

Urban stormwater drainage represents one of the main infrastructure challenges in Brazilian cities, especially in areas characterized by high soil impermeabilization and consolidated urban development. This study aims to evaluate the capacity of the stormwater drainage network of Bancário Sérgio Guerra Avenue, located in the Bancários neighborhood in João Pessoa – PB, by analyzing its performance under intense rainfall events. The adopted methodology included a literature review, delineation and characterization of the contributing watershed, analysis of the regional rainfall regime, determination of Intensity–Duration–Frequency (IDF) equation, and estimation of peak discharge through the Rational Method. Additionally, a field survey of the existing microdrainage infrastructure was conducted, including documentation of the physical conditions of surface drainage devices. The results indicate a significant increase in surface runoff discharge throughout the urbanization process of the area, associated with the rise in the runoff coefficient. The comparison between the estimated peak discharges and the theoretical hydraulic capacity of the existing conduit, calculated using Manning’s equation, reveals an incompatibility between the current hydrological demand and the available flow section. Field inspections also identified structural deterioration and partial obstruction of drainage devices, contributing to reduced system efficiency. It is concluded that the stormwater drainage network in the studied area presents insufficient hydraulic performance with respect to the estimated design discharges, highlighting the need for technical reassessment of the system in order to improve hydraulic efficiency and roadway safety.

Keywords: stormwater drainage; urban infrastructure; intense rainfall; flooding; João Pessoa.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Fluxograma do procedimento metodológico adotado.....	22
Figura 2 -	Rua Sérgio Guerra no ano de 2012.....	24
Figura 3 -	Alagamento na Rua Bancário Sérgio Guerra durante chuva intensa em maio de 2024.....	24
Figura 4 -	Localização e delimitação da bacia de contribuição da Avenida Bancário Sérgio Guerra, João Pessoa-PB.....	27
Figura 5 -	Coeficientes de escoamento superficial (C) para diferentes tipos de superfície.....	29
Figura 6 -	Curvas de nível da bacia de contribuição.....	32
Figura 7 -	Área de contribuição (m ²).....	33
Figura 8 -	Uso e ocupação do solo na área de estudo em 1950.....	37
Figura 9 -	Uso e ocupação do solo na área de estudo em 1970.....	38
Figura 10 -	Uso e ocupação do solo na área de estudo em 2020.....	38
Figura 11 -	Uso e ocupação do solo na área de estudo em 2025.....	39
Figura 12 -	Boca de lobo com abertura parcialmente comprometida e desgaste estrutural.....	44
Figura 13 -	Redução da seção hidráulica em galeria pluvial devido a desgaste e acúmulo de resíduos.....	44
Figura 14 -	Boca de lobo com degradação estrutural e inadequada recomposição do pavimento.....	45
Figura 15 -	Boca de lobo com grelha metálica para captação de águas pluviais.....	45
Figura 16 -	Boca de lobo com grelha composta por barras metálicas de elevada densidade e restrição à seção de entrada.....	46
Figura 17 -	Boca de lobo com tampa de concreto fissurada e deslocamento parcial.....	47
Figura 18 -	Boca de lobo com grelha metálica apresentando acúmulo de resíduos sólidos.....	47
Figura 19 -	Boca de lobo com grelha superior parcialmente obstruída por resíduos sólidos.....	48
Figura 20 -	Boca de lobo com grelhas metálicas deslocadas e seção de entrada comprometida.....	48
Figura 21 -	Tampa de poço de visita (PV) integrante da rede de drenagem pluvial..	49
Figura 22 -	Boca de lobo com grelha danificada e presença de resíduos sólidos.....	50
Figura 23 -	Boca de lobo com grelha parcialmente exposta e deficiência de direcionamento do escoamento superficial.....	50
Figura 24 -	Poço de visita da rede de drenagem pluvial implantado em área pavimentada.....	51
Figura 25 -	Boca de lobo com abertura inferior exposta e acúmulo de resíduos sólidos.....	52

Figura 26 -	Boca de lobo com deslocamento e desnível da laje de cobertura.....	52
Figura 27 -	Boca de lobo dupla em concreto com acúmulo de resíduos sólidos.....	53
Figura 28 -	Boca de lobo com grelha metálica parcialmente obstruída por resíduos sólidos.....	54
Figura 29 -	Boca de lobo simples em concreto localizada junto ao meio-fio.....	54
Figura 30 -	Perfil longitudinal do terreno ao longo do estaqueamento da Rua Bancário Sérgio Guerra.....	56
Figura 31 -	Ocorrência de alagamento na Rua Bancário Sérgio Guerra em evento de precipitação intensa.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Coeficiente de escoamento superficial ponderado para os anos de 1970 e 2000.....	30
Tabela 2 -	Parâmetros hidrológicos e vazões estimadas pelo Método Racional para os anos de 1950, 1970, 2000 e 2025.....	39
Tabela 3 -	Cálculo da capacidade hidráulica da galeria pelo método de <i>Manning</i>	43
Tabela 4 -	Identificação e classificação dos pontos críticos de alagamento.....	56
Tabela 5 -	Frequência de Verificação de Serviço (FVS) para Manutenção da Rede de Drenagem.....	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Precipitação total anual em João Pessoa no período de 1995 a 2025.....	35
Gráfico 2 -	Precipitação média mensal anual no período de 1975 a 2025.....	36
Gráfico 3 -	Evolução da vazão de escoamento superficial na área de estudo (1950-2025).....	40

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Equação de chuvas intensas (IDF).....	28
-		
Equação 2	Método Racional.....	30
-		
Equação 3	Tempo de Concentração.....	34
-		
Equação 4	Aplicação da fórmula de Tucci para a bacia estudada.....	34
-		
Equação 5	Aplicação da equação IDF para a bacia	34

-	estudada.....	
Equação 6	Manning.....	43
-		
Equação 7	Equação	de 443
-	Manning.....	

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FVS	Frequência de Verificação de Serviço
IDF	Intensidade–Duração– Frequência
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
SEPLAN-JP	Secretaria de Planejamento de João Pessoa
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UNIPÊ	Centro Universitário de João Pessoa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Drenagem Urbana Pluvial	17
3.1.1 Microdrenagem	17
3.1.2 Macrodrenagem.....	18
3.1.3 Diferença entre inundações ribeirinhas e inundações por urbanização	18
3.2 Drenagem Urbana Sustentável.....	18
3.3 Política Nacional de Saneamento Básico	19
3.4 NR 12 Drenagem urbana e manejo de águas pluviais.....	20
3.5 Técnicas Compensatórias	20
4 METODOLOGIA.....	21
4.1 Classificação da pesquisa	21
4.2 Fluxograma da Metodologia	21
4.3 Histórico de Formação do Bairro dos Bancários	23
Processo de Urbanização e Ocupação	25
4.4 Delimitação da área de estudo e da bacia de contribuição.....	28
4.5 Obtenção das cotas altimétricas e análise da declividade longitudinal.....	28
4.6 Análise do regime pluviométrico e determinação das equações IDF.....	28
4.7 Definição do coeficiente de escoamento superficial (C).....	29
4.8 Aplicação do Método Racional para estimativa da vazão máxima.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1 Delimitação da Área de Contribuição.....	31
5.2 Determinação das precipitações máximas (IDF) (TR = 10 anos)	33
5.3 Histórico pluviométrico dos últimos 30 anos da região	35
5.4 Cálculo Hidrológico - Método Racional.....	36
5.5 Análise Hidráulica das Galerias Existentes	40
5.6 Levantamento em Campo da Infraestrutura de Drenagem.....	44
5.7 Pontos Críticos de Alagamento.....	55
5.8 Problemas Recorrentes de Drenagem na Rua Bancário Sérgio Guerra.....	58

5.8.1 Registros de Alagamentos e Impactos Urbanos	59
5.8.2 Causas Estruturais e Hidráulicas da Ineficiência	59
5.9 Proposição de Solução	60
5.9.1 Manutenção corretiva e preventiva da infraestrutura de drenagem	60
5.9.2 Reforço e adequação hidráulica nos trechos críticos.....	61
5.9.3 Adoção de soluções compensatórias de drenagem urbana	61
5.9.4 Melhoria do cadastro técnico e da gestão do sistema de drenagem	61
5.9.5 Direcionamento para estudos futuros.....	62
5.10 Plano de Manutenção e FVS - Frequência de Verificação de Serviço	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras vêm enfrentando, de forma cada vez mais recorrente, os impactos resultantes do crescimento urbano acelerado e frequentemente desordenado (Campos e Branco, 2021). Entre os principais desafios associados a esse processo, destaca-se a drenagem pluvial urbana, um dos elementos mais sensíveis da infraestrutura municipal, diretamente afetado pela impermeabilização do solo, pela ocupação inadequada de áreas de risco e pela carência de sistemas eficientes de escoamento das águas das chuvas. Conforme Tucci (2002), a urbanização reduz a capacidade natural de infiltração e aumenta o escoamento superficial, sobrecarregando os dispositivos de drenagem existentes e intensificando a ocorrência de inundações.

De acordo com Canholi (2014), o problema das enchentes urbanas não se resume à ocorrência de eventos extremos, mas à ineficiência do planejamento urbano e da manutenção da infraestrutura de drenagem, que muitas vezes é dimensionada com base em condições ideais e não acompanhada de políticas de controle de ocupação e expansão. Cidades brasileiras como São Paulo, Recife e Belo Horizonte ilustram esse cenário: mesmo possuindo redes de drenagem extensas, enfrentam alagamentos recorrentes devido à impermeabilização excessiva, ausência de reservatórios de retenção e falhas na gestão das bacias urbanas.

Nesse contexto, a rede de drenagem pluvial assume papel fundamental na preservação da qualidade de vida urbana. Sua eficiência depende não apenas do correto dimensionamento hidráulico, mas também da manutenção periódica, da adequação à expansão da malha urbana e da incorporação de soluções sustentáveis, como pavimentos permeáveis, jardins de chuva e reservatórios de amortecimento. Quando esses fatores são negligenciados, o sistema torna-se incapaz de responder às demandas impostas pelas variações climáticas e pela densificação populacional.

O bairro dos Bancários, localizado na cidade de João Pessoa - PB, representa um exemplo emblemático dessa realidade. Desenvolvido principalmente a partir da década de 1980, o bairro passou por um processo acelerado de urbanização, impulsionado pela instalação de conjuntos habitacionais e posterior valorização comercial. Contudo, esse crescimento não foi acompanhado de investimentos proporcionais em infraestrutura de drenagem pluvial. A ocupação de áreas de baixa declividade, a pavimentação extensiva e a ausência de dispositivos de infiltração agravaram a impermeabilização do solo e aumentaram o volume de escoamento superficial.

A Rua Bancário Sérgio Guerra, principal via do bairro, tornou-se o ponto mais crítico

desse sistema. Durante eventos pluviométricos intensos (especialmente entre os meses de abril e julho) ocorrem alagamentos frequentes, com acúmulo de água, congestionamentos e prejuízos materiais para moradores e comerciantes. Essa situação reflete um problema estrutural e histórico, comum em diversos centros urbanos brasileiros: a priorização de obras emergenciais, sem integração com o planejamento de longo prazo ou com estudos hidrológicos e hidráulicos consistentes.

Considerando a relevância dessa problemática para o contexto urbano atual, o presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo realizar uma análise hidrológica e hidráulica da rede de drenagem pluvial da área em estudo, buscando compreender as causas da ineficiência do sistema existente e propor soluções técnicas e sustentáveis que promovam maior eficiência, segurança e resiliência urbana, contribuindo para o desenvolvimento equilibrado da cidade e a melhoria da qualidade de vida da população local.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a eficiência da rede de drenagem pluvial atualmente existente na Rua Bancário Sérgio Guerra, situada no Bairro dos Bancários, em João Pessoa - PB, a partir da avaliação das condições hidrológicas da bacia contribuinte, do regime de chuvas da região e da resposta do sistema de drenagem diante de eventos de precipitação intensa.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar a bacia de contribuição da Rua Bancário Sérgio Guerra, considerando aspectos físicos, geométricos e de uso e ocupação do solo;
- b) Analisar o regime pluviométrico da região a partir de séries históricas de dados, com ênfase na ocorrência de eventos de precipitação intensa;
- c) Determinar os parâmetros hidrológicos necessários à estimativa das vazões de escoamento superficial, incluindo tempo de concentração, intensidade de chuva e coeficiente de escoamento;
- d) Estimar as vazões geradas na bacia de contribuição por meio de métodos hidrológicos consagrados;
- e) Identificar e analisar os principais pontos críticos associados à insuficiência do sistema de drenagem e à ocorrência de alagamentos;
- f) Avaliar a capacidade hidráulica da galeria, frente às vazões estimadas;
- g) Discutir a viabilidade de medidas de controle de vazão de caráter local, voltadas à mitigação dos alagamentos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A compreensão dos problemas de drenagem urbana exige uma análise fundamentada nos conceitos consolidados pela literatura técnica, bem como nas particularidades do contexto urbano estudado. Nesse sentido, este capítulo apresenta o embasamento teórico necessário para a avaliação da capacidade da rede de drenagem pluvial na Rua Bancário Sérgio Guerra, localizada no Bairro dos Bancários, em João Pessoa.

3.1 Drenagem Urbana Pluvial

A drenagem urbana pluvial corresponde ao conjunto de estruturas, dispositivos e práticas destinadas a coletar, conduzir, armazenar e dar destino adequado às águas provenientes das chuvas em áreas urbanizadas. Seu principal objetivo é reduzir os impactos do escoamento superficial gerado pela precipitação, prevenindo alagamentos, inundações, danos à infraestrutura urbana e riscos à população (Baptista; Nascimento; Barraud, 2015; Agência Nacional de Águas (ANA), 2017).

Em ambientes urbanos, a drenagem pluvial torna-se essencial devido à elevada impermeabilização do solo causada por pavimentações, edificações e outras intervenções antrópicas. Esse processo reduz a infiltração natural da água no solo e aumenta significativamente o volume e a velocidade do escoamento superficial, sobrecarregando os sistemas de drenagem existentes. Dessa forma, a drenagem urbana atua como um elemento fundamental para a segurança, a mobilidade e a qualidade de vida nas cidades (ANA, 2017; USEPA, 2020).

3.1.1 Microdrenagem

A microdrenagem compreende os dispositivos responsáveis pela captação e condução inicial das águas pluviais geradas nas vias urbanas. Fazem parte desse sistema as sarjetas, meios-fios, bocas de lobo, poços de visita e as galerias pluviais de menor diâmetro. Esses elementos atuam em escala local, coletando o escoamento superficial diretamente das ruas e calçadas e conduzindo-o para pontos de descarga ou para sistemas de maior porte (DNIT, 2010).

A eficiência da microdrenagem está diretamente relacionada à correta distribuição dos dispositivos de captação, ao dimensionamento adequado das galerias e, sobretudo, à manutenção periódica. A obstrução de bocas de lobo por resíduos sólidos e o assoreamento

das galerias são fatores comuns que comprometem o desempenho desse sistema, favorecendo a ocorrência de alagamentos mesmo durante chuvas de curta duração (Baptista; Nascimento; Barraud, 2015).

3.1.2 Macro drenagem

A macro drenagem corresponde ao conjunto de obras e estruturas responsáveis pelo transporte e controle das águas pluviais em escala urbana ou regional. Esse sistema inclui canais abertos, rios canalizados, galerias de grande porte, reservatórios de retenção e amortecimento, além dos cursos d'água naturais que atravessam a cidade. (ANA, 2017; Baptista; Nascimento; Barraud, 2015; World Bank, 2012).

Diferentemente da micro drenagem, que atua de forma localizada, a macro drenagem recebe as vazões acumuladas provenientes de diversas bacias urbanas, sendo fundamental para o controle de cheias e para a redução de inundações de maior magnitude. O planejamento inadequado da macro drenagem ou a ocupação irregular de áreas próximas a cursos d'água compromete sua capacidade de escoamento, aumentando a vulnerabilidade das cidades a eventos extremos de precipitação (Federal Highway Administration, 2013; USEPA, 2020).

3.1.3 Diferença entre inundações ribeirinhas e inundações por urbanização

As inundações ribeirinhas estão associadas ao transbordamento natural de rios e córregos durante períodos de chuvas intensas, estando relacionadas às características hidrológicas da bacia. Já as inundações por urbanização decorrem da impermeabilização do solo, do subdimensionamento da drenagem e da falta de manutenção, provocando alagamentos mesmo em eventos de menor intensidade. Enquanto as primeiras resultam de processos naturais, as segundas refletem falhas no planejamento e na gestão urbana, sendo fundamental compreender essa diferença para a adoção de soluções técnicas adequadas (ANA, 2017; Ministério das Cidades, 2005).

3.2 Drenagem Urbana Sustentável

A Drenagem Urbana Sustentável (DUS) é um conjunto de métodos voltados para a restauração das condições naturais do ciclo hidrológico nas áreas urbanas, minimizando os

efeitos da urbanização e da impermeabilização do solo. Ao contrário da drenagem convencional, que foca na rápida condução das águas pluviais, a DUS se fundamenta no controle na origem, incentivando a infiltração, retenção, detenção e armazenamento temporário das águas da chuva. Isso ajuda a diminuir o volume e a velocidade do escoamento superficial, reduzindo assim a incidência de enchentes e alagamentos nas cidades (Gutierrez; Carpes, 2017).

De acordo com Gutierrez e Carpes (2017), o uso de métodos como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, poços de infiltração e microrreservatórios ajuda a recarregar o lençol freático, melhorar a qualidade da água e diminuir a sobrecarga dos sistemas tradicionais de drenagem. Um exemplo recente da aplicação desses princípios pode ser observado na rua Sérgio Guerra, no bairro dos Bancários, em João Pessoa. Nessa localidade, foram implementadas soluções de drenagem sustentável com o intuito de reduzir os alagamentos frequentes e fortalecer a resiliência urbana diante de chuvas intensas.

3.3 Política Nacional de Saneamento Básico

A Política Nacional de Saneamento Básico, criada pela Lei nº. 11.445/2007 (Brasil, 2007), trata de algo que vai muito além de obras, tubulações e estações de tratamento: ela fala sobre dignidade, saúde e qualidade de vida. Ao organizar os serviços de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, essa política busca garantir que as pessoas tenham acesso ao básico para viver com segurança e bem-estar. Ter água limpa em casa, coleta e tratamento de esgoto e cidades mais limpas não é um privilégio, mas uma condição mínima para uma vida saudável, principalmente para as populações mais vulneráveis.

Com metas claras de universalização até 2033 e o fortalecimento do planejamento e da gestão dos serviços, a política procura reduzir desigualdades históricas entre regiões e municípios. Ao incentivar soluções integradas e a cooperação entre cidades, cria-se a possibilidade de levar saneamento onde antes ele não chegava, prevenindo doenças, protegendo o meio ambiente e promovendo desenvolvimento social. Assim, o saneamento básico deixa de ser apenas uma infraestrutura invisível e passa a ser reconhecido como um cuidado direto com as pessoas e com o futuro das cidades.

3.4 NR 12 Drenagem urbana e manejo de águas pluviais

O Manual Orientativo da Norma de Referência ANA nº. 12/2025 (ANA, 2025) foi criado para auxiliar na organização dos serviços públicos de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, uma vez que a gestão eficiente das águas pluviais é essencial para garantir a segurança e a saúde das cidades. O documento estabelece diretrizes para o planejamento, execução, operação e manutenção desses serviços, abrangendo desde a microdrenagem até a macrodrenagem. O objetivo é diminuir alagamentos, enxurradas e inundações, além de reduzir os efeitos ambientais e socioeconômicos que impactam diretamente a população, especialmente em áreas urbanas mais vulneráveis.

Ao adotar uma abordagem técnica integrada, o manual promove o uso de soluções sustentáveis, como infraestruturas verdes, azuis e cinzas, priorizando práticas que respeitam o ciclo hidrológico natural e aumentam a resiliência urbana às mudanças climáticas. Além de ser um instrumento normativo, a Norma de Referência nº 12/2025 enfatiza que a drenagem urbana deve ser considerada um serviço público fundamental, capaz de salvar vidas, proteger o meio ambiente e criar cidades mais seguras, equilibradas e preparadas para o futuro.

3.5 Técnicas Compensatórias

As técnicas compensatórias de drenagem urbana são alternativas ao sistema convencional, desenvolvidas para reduzir os impactos da impermeabilização do solo sobre o escoamento das águas pluviais. Estudos demonstram que dispositivos como trincheiras de infiltração, telhados verdes, sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, pavimentos permeáveis e bacias de retenção são eficazes na redução dos picos de vazão e no retardamento do escoamento superficial, contribuindo para a mitigação de alagamentos e inundações urbanas (Tucci, 2003; Gutierrez; Carpes, 2017).

Além disso, análises comparativas indicam que essas técnicas apresentam melhor desempenho quando associadas ao planejamento do uso e ocupação do solo, considerando características hidrológicas, topográficas e ambientais locais, reforçando sua viabilidade como instrumento de gestão sustentável das águas pluviais urbanas (Tucci, 2008; Marques; Tucci, 2010).

4 METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesta pesquisa possui caráter avaliativo e diagnóstico, buscando verificar a suficiência da rede de drenagem pluvial existente frente a eventos de precipitação intensa, sem a realização de intervenções de dimensionamento ou ampliação da infraestrutura analisada. A seguir apresenta-se a classificação metodológica da pesquisa e a descrição das etapas da pesquisa, detalhando os procedimentos realizados.

4.1 Classificação da pesquisa

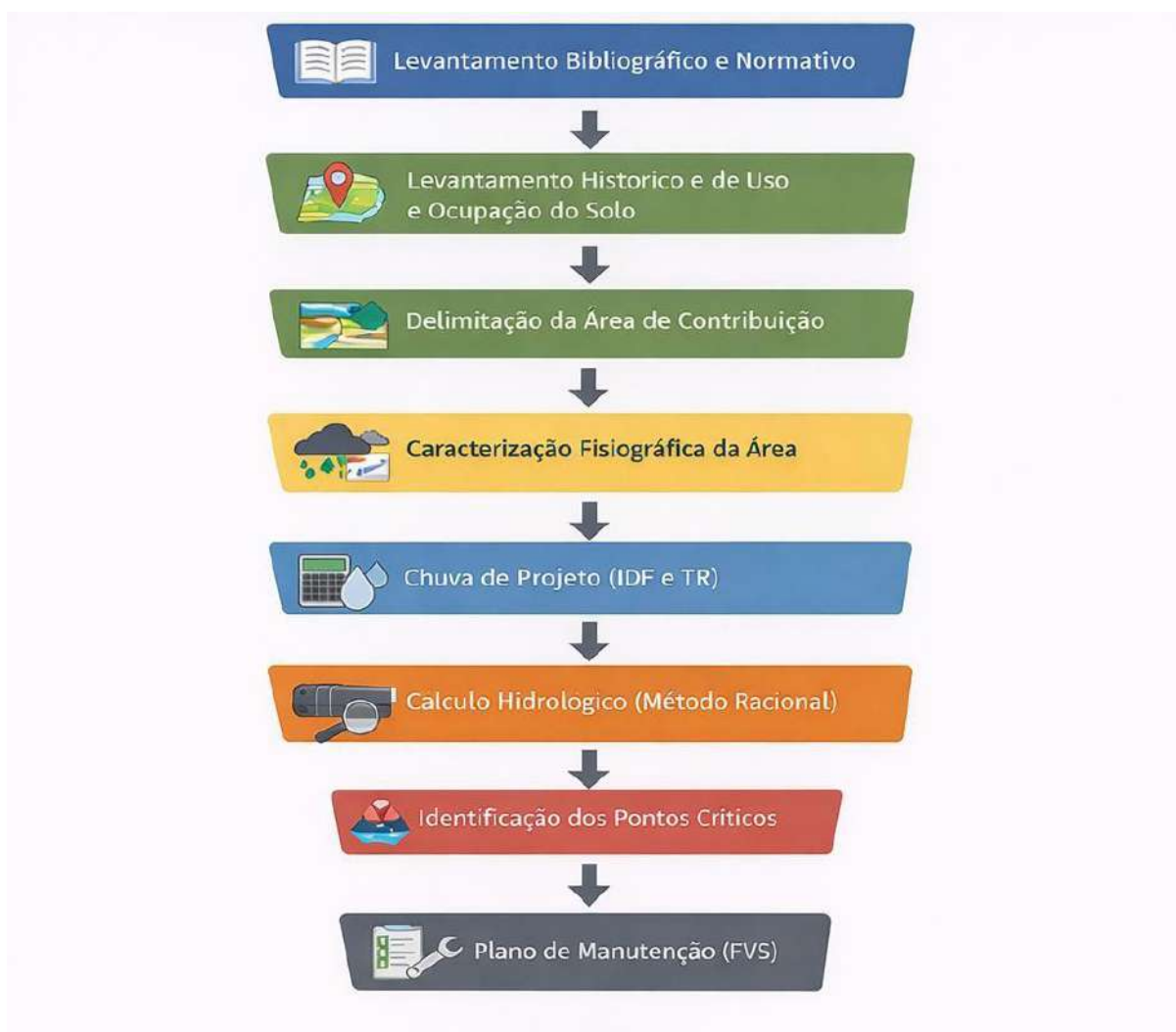
A presente pesquisa é classificada como aplicada, uma vez que se destina à análise de um problema real associado à drenagem pluvial urbana, buscando compreender as limitações do sistema existente e subsidiar a proposição de melhorias. Quanto à abordagem, o estudo apresenta caráter quantitativo e qualitativo, pois envolve a utilização de dados numéricos, como informações pluviométricas e vazões estimadas, bem como a interpretação das condições observadas em campo.

Em relação aos objetivos, a pesquisa é considerada descritiva e explicativa, na medida em que descreve as características da infraestrutura de drenagem existente e analisa os fatores técnicos e urbanos que contribuem para a ocorrência de alagamentos. No que se refere aos procedimentos metodológicos, o trabalho configura-se como um estudo de caso, fundamentado em levantamento bibliográfico, análise documental, coleta de dados secundários e observações in loco realizadas na área de estudo.

4.2 Fluxograma da Metodologia

O procedimento metodológico adotado neste trabalho foi organizado de forma sequencial (Figura 1), com o objetivo de avaliar o comportamento hidrológico e a eficiência da rede de drenagem pluvial da Rua Bancário Sérgio Guerra, no Bairro dos Bancários, em João Pessoa - PB. As etapas foram definidas de modo a permitir a análise integrada da bacia de contribuição, das condições fisiográficas, das chuvas de projeto e do desempenho do sistema existente.

Figura 1 - Fluxograma do procedimento metodológico adotado



Fonte: Autor (2026)

Conforme apresentado no fluxograma da Figura 1, a metodologia compreendeu o levantamento bibliográfico e normativo, a delimitação e caracterização da bacia de contribuição, a determinação da chuva de projeto e o cálculo hidrológico das vazões. A partir desses resultados, realizou-se o diagnóstico da rede de drenagem, a identificação dos pontos críticos de alagamento e a proposição de uma bacia de retenção, complementada pela definição de um plano de manutenção baseado na Frequência de Verificação de Serviço (FVS).

O levantamento bibliográfico e normativo constituiu a etapa inicial da pesquisa, voltada à fundamentação teórica e técnica do trabalho. Foram consultadas publicações de referência nas áreas de hidrologia, drenagem urbana e hidráulica como Tucci (2002), Canholi (2014), Baptista, Nascimento e Barraud (2015) e os manuais da ANA (2017) além de artigos

científicos, dissertações e documentos institucionais pertinentes ao tema.

No âmbito normativo, o estudo apoiou-se nas normas técnicas brasileiras aplicáveis ao dimensionamento e à verificação de sistemas de drenagem pluvial, com destaque para a NBR 10844 (ABNT, 1989), relativa a instalações prediais de águas pluviais, e as diretrizes do DNIT (2010) para projetos de drenagem rodoviária, além dos parâmetros estabelecidos pela Prefeitura Municipal de João Pessoa para o dimensionamento de redes de microdrenagem. Essa etapa permitiu consolidar os conceitos, métodos e parâmetros adotados nas fases subsequentes da metodologia.

4.3 Histórico de Formação do Bairro dos Bancários

O Bairro dos Bancários foi fundado em 1978 como um núcleo habitacional planejado para servidores da Caixa Econômica Federal, apresentando inicialmente quadras regulares, ruas largas e ocupação predominantemente residencial. Nas décadas seguintes, o bairro passou por um processo gradual de expansão, impulsionado pela valorização imobiliária da Zona Sul de João Pessoa e pela consolidação da Rua Sérgio Guerra como principal eixo comercial e de serviços da região (Bancários Blogspot, 2012).

Ao longo do tempo, o tecido urbano caracterizou-se pela presença de residências de padrão médio, associadas ao crescimento de edificações multifamiliares de pequeno porte, especialmente em função da proximidade com instituições de ensino superior. A partir dos anos 2010, observou-se a intensificação da verticalização e o aumento da densidade construtiva, com a implantação de novos empreendimentos residenciais e comerciais.

Esse processo resultou na substituição progressiva de áreas permeáveis por pavimentação e edificações, promovendo a impermeabilização do solo e alterando o comportamento hidrológico local. Como consequência, houve aumento do escoamento superficial, redução da infiltração e maior sobrecarga sobre a rede de drenagem existente. Dessa forma, a dinâmica de uso e ocupação do solo no Bairro dos Bancários contribui diretamente para as limitações do sistema pluvial e para a recorrência de alagamentos, especialmente na Rua Bancário Sérgio Guerra.

Figura 2 - Rua Sérgio Guerra no ano de 2012



Fonte: Bancários Blogspot (2012).

A Figura 2 apresenta um registro antigo da Rua Bancário Sérgio Guerra, principal via do Bairro dos Bancários, evidenciando um período de transição entre a ocupação predominantemente residencial e a consolidação do eixo comercial. Observa-se pavimentação asfáltica contínua, edificações de pequeno porte e tráfego moderado, indicando a importância da via na circulação local. A imagem também evidencia a ausência ou insuficiência de dispositivos de drenagem superficial adequados, o que contribui para a compreensão dos alagamentos recorrentes observados ao longo do processo de urbanização, além de sinalizar o início do adensamento urbano nos anos seguintes.

Figura 3 - Alagamento na Rua Bancário Sérgio Guerra durante chuva intensa em maio de 2024



Fonte: Brasil de Fato (2024).

A Figura 03 apresenta um episódio recente de alagamento na Rua Bancário Sérgio

Guerra, registrado em maio de 2024, um dos anos com maiores acumulados pluviométricos na região, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Observa-se a formação de lâmina d'água contínua, cobrindo parcialmente veículos e bloqueando a mobilidade na via.

Esse registro evidencia a insuficiência da capacidade hidráulica da rede pluvial existente, incapaz de escoar o volume de água gerado por eventos de chuva intensa. O acúmulo visível na imagem indica:

- baixa declividade longitudinal da via;
- insuficiência de bocas de lobo e dispositivos de captação;
- possível assoreamento das galerias;
- aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização crescente do entorno.

A imagem reforça empiricamente a relevância deste estudo, demonstrando que a Rua Sérgio Guerra constitui um ponto crítico de drenagem urbana no Bairro dos Bancários, afetando diretamente o tráfego, a segurança viária e o cotidiano dos moradores e comerciantes.

4.3.1 Processo de Urbanização e Ocupação

O processo de urbanização do bairro ocorreu sobre um terreno originalmente plano, caracterizado por declividades suaves e por pequenas depressões naturais que funcionavam como áreas de acúmulo e retenção temporária de água (CPRM, 2014). Em ambientes com essas características geomorfológicas, o escoamento superficial tende a ser mais lento e suscetível à formação de lâminas d'água, tornando indispensável a adoção de soluções de drenagem planejadas desde as primeiras etapas de ocupação (Tucci, 2002). Segundo Canholi (2014), terrenos de baixa declividade apresentam maior sensibilidade a inundações quando urbanizados sem a devida implantação de dispositivos reguladores, uma vez que o escoamento gravitacional é limitado e a água tende a se acumular em pontos críticos da superfície.

No entanto, a urbanização do Bairro dos Bancários desenvolveu-se inicialmente com foco apenas no atendimento às demandas habitacionais, sem incorporar soluções estruturadas de controle do escoamento pluvial (Bancários Blogspot, 2012). A ocupação ocorreu de forma predominantemente residencial nas primeiras décadas, com loteamentos de baixa densidade e infraestrutura básica compatível com o padrão construtivo da época. À

medida que o bairro passou a se valorizar e a atrair novos empreendimentos, observou-se uma transição gradual para o uso misto, combinando residências, comércios, serviços e edificações multifamiliares (Bancários Blogspot, 2012). Esse processo intensificou a impermeabilização do solo e ampliou significativamente a produção de escoamento superficial (Tucci, 2002).

Contudo, a infraestrutura instalada nas primeiras fases de urbanização não acompanhou esse ritmo de transformação. As galerias, bocas de lobo, sarjetas e dispositivos de condução foram originalmente dimensionados para atender a uma realidade de menor adensamento populacional, menor volume de tráfego e menor taxa de impermeabilização (Ministério das Cidades, 2005). Com o crescimento acelerado ao longo dos anos 2000, a capacidade da rede pluvial permaneceu praticamente inalterada, criando um descompasso entre a expansão da malha urbana e a capacidade hidráulica necessária para atender às novas condições de uso e ocupação (ANA, 2017).

Essa desconexão entre o aumento da densidade urbana e a ausência de ampliação proporcional da rede de drenagem configura um dos fatores estruturantes dos problemas atuais enfrentados pelo bairro. A literatura de drenagem urbana destaca que, quando a infraestrutura permanece estática enquanto o entorno se verticaliza e se impermeabiliza, a tendência é de sobrecarga crônica da rede, extravasamentos frequentes e recorrência de eventos de alagamento (Canholi, 2014). No caso do Bairro dos Bancários, esse cenário é evidenciado pela incidência de pontos críticos de acúmulo de água após precipitações intensas, pela saturação dos dispositivos existentes e pela baixa eficiência no escoamento superficial.

Assim, o histórico de urbanização, a evolução do uso do solo e as características topográficas do terreno constituem elementos centrais para compreender a vulnerabilidade hidrológica atual da área. A ausência de intervenções estruturais ao longo do processo de expansão urbana contribuiu para o agravamento das limitações do sistema de drenagem, que hoje opera no limite de sua capacidade funcional e não atende plenamente às demandas impostas pelas condições climáticas contemporâneas e pelo aumento do volume de águas pluviais gerado na região (Tucci, 2002; Canholi, 2014).

Com o adensamento populacional, ocorreram ampliações viárias, pavimentações, substituição de áreas permeáveis por edificações e expansão de equipamentos comerciais. Todos esses fatores contribuíram para o aumento do coeficiente de escoamento superficial. Canholi (2014) afirma que a impermeabilização intensifica o pico de vazão, reduz o tempo de concentração e eleva a probabilidade de inundação, exatamente o cenário presente hoje

no Bairro dos Bancários.

Além disso, a ausência de dispositivos de infiltração, como poços de infiltração, valas drenantes, jardins de chuva e reservatórios de retenção, contribui para que todo o volume gerado seja direcionado diretamente para a rede pluvial, causando sobrecarga nos períodos de chuvas intensas (Baptista; Nascimento; Barraud, 2015).

4.4 Delimitação da área de estudo e da bacia de contribuição

A delimitação da área de estudo foi realizada considerando os limites físicos da bacia de contribuição associada à Rua Bancário Sérgio Guerra, bem como a configuração urbana da região. Para essa etapa, foram utilizados recursos de geoprocessamento e ferramentas de apoio cartográfico, com destaque para o *software* AutoCAD, no qual foram manipulados arquivos cartográficos do sistema Filipeia, permitindo a identificação dos divisores naturais de escoamento superficial, do eixo da via e dos limites dos quarteirões adjacentes.

Figura 4 - Localização e delimitação da bacia de contribuição da Avenida Bancário Sérgio Guerra, João Pessoa-PB



Fonte: Autor (2026).

A figura 4 apresenta a localização e a delimitação da área de estudo, correspondente à bacia de contribuição da Avenida Bancário Sérgio Guerra, em João Pessoa-PB, destacando, em amarelo, o limite da bacia, em verde, a área contribuinte, e, em azul, o canal principal de

escoamento. Observa-se que a região é predominantemente residencial e apresenta elevado grau de impermeabilização, o que influencia diretamente o escoamento superficial. A via principal atua como coletor dos fluxos provenientes das ruas adjacentes, concentrando as águas pluviais. Além disso, os mapas de apoio à direita situam a área no contexto urbano, auxiliando na compreensão espacial e hidrológica do sistema de drenagem analisado.

4.5 Obtenção das cotas altimétricas e análise da declividade longitudinal

As cotas altimétricas utilizadas neste estudo foram obtidas a partir da plataforma topographic-map.com, a qual disponibiliza informações de elevação do terreno com base em modelos digitais de elevação amplamente empregados em análises preliminares de relevo. A partir dessas informações, foi possível identificar as variações altimétricas ao longo do eixo da Rua Bancário Sérgio Guerra, permitindo a caracterização do perfil longitudinal do trecho analisado.

Com base nas cotas obtidas, procedeu-se à análise da declividade longitudinal da via, considerando o estaqueamento previamente definido. A declividade longitudinal constitui um parâmetro fundamental para a compreensão do comportamento do escoamento superficial, uma vez que influencia diretamente a velocidade do fluxo, o tempo de concentração da bacia e a resposta hidrológica do sistema de drenagem pluvial existente.

4.6 Análise do regime pluviométrico e determinação das equações IDF

A caracterização do regime pluviométrico da área de estudo foi realizada a partir de dados históricos de precipitação obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados foram tratados e analisados de forma a subsidiar a determinação da precipitação do projeto. As curvas de Intensidade–Duração–Frequência (IDF) é dada pela equação geral:

Equação 1 - Equação de chuvas intensas (IDF)

$$i = \frac{k \cdot T_r^m}{(d + B)^n}$$

Fonte: Aragão *et al.* (2017)

Onde:

4.6.1 i = intensidade da chuva (mm/h);

- 4.6.2 T_r = período de retorno (anos);
- 4.6.3 d = duração da chuva (min);
- 4.6.4 k, m, B, n = parâmetros empíricos da equação.

As curvas de precipitações foram definidas por meio da equação Intensidade–Duração–Frequência (IDF), sendo os parâmetros da equação obtidos a partir do estudo desenvolvido por Aragão *et al.* (2017), com base nos dados da estação pluviométrica João Pessoa-Mangabeira, considerando o tempo de retorno de 10 anos e a duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia.

4.7 Definição do coeficiente de escoamento superficial (C)

O coeficiente de escoamento superficial (C) representa a parcela da precipitação que se transforma em escoamento superficial, sendo influenciado principalmente pelo uso e ocupação do solo e pelo grau de impermeabilização da área.

Para o presente estudo, considerou-se uma evolução no uso e ocupação da área, entre os anos de 1950, 1970, 2000 e 2025, o que influencia diretamente o coeficiente de escoamento superficial (C) e consequentemente a vazão gerada. Utilizou-se os valores coeficiente de escoamento superficial (C) constantes na Figura 5.

Figura 5 - Coeficientes de escoamento superficial (C) para diferentes tipos de superfície

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 ²	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 de Tucci (2003), a partir de Chow *et al.* (1988).

Em 1950, com predominância de vegetação, adotou-se $C = 0,30$ (Figura 5). Em 1970, com início da ocupação residencial, foi considerado o coeficiente ponderado $C = 0,32$, conforme Tabela 1. Em 2000, em função do aumento das áreas edificadas, adotou-se $C = 0,38$, conforme Tabela 1. Já em 2025, caracterizado por elevada impermeabilização, foi utilizado $C = 0,60$, compatível com superfícies asfaltadas em bom estado (Figura 5).

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial ponderado para os anos de 1970 e 2000

1970				2000			
Uso do solo	Área	Coeficiente (C)	Coeficiente ponderado	Uso do solo	Área	Coeficiente (C)	Coeficiente ponderado
Área Residencial	3,13 ha	0,30	0,32	Área Residencial	13,22 ha	0,40	0,38
Área vegetação	13,94 ha	0,32		Área vegetação	3,85 ha	0,32	

Fonte: Autor (2026).

A escolha desse valor visa representar de forma conservadora e realista as condições locais, sendo adequada para a estimativa das vazões de pico pelo Método Racional. Dessa forma, o coeficiente adotado reflete o comportamento hidrológico esperado da área estudada, contribuindo para a confiabilidade dos resultados obtidos.

4.8 Aplicação do Método Racional para estimativa da vazão máxima

A estimativa das vazões de pico foi realizada por meio da aplicação do Método Racional, conforme Equação considerando a intensidade da precipitação de projeto, o coeficiente de escoamento superficial e as áreas de contribuição associadas a cada trecho do estaqueamento.

Equação 2 - Método Racional

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Fonte: Tucci (2002)

Sendo:

Q = vazão máxima, em m^3/s ;

C = coeficiente de escoamento

superficial; I = intensidade da

precipitação, em mm/h ; A = área de

contribuição, em hectares.

A utilização desse método permitiu a obtenção das vazões máximas esperada para a região estudada, possibilitando a análise do comportamento hidráulico da gelaria de drenagem pluvial existente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

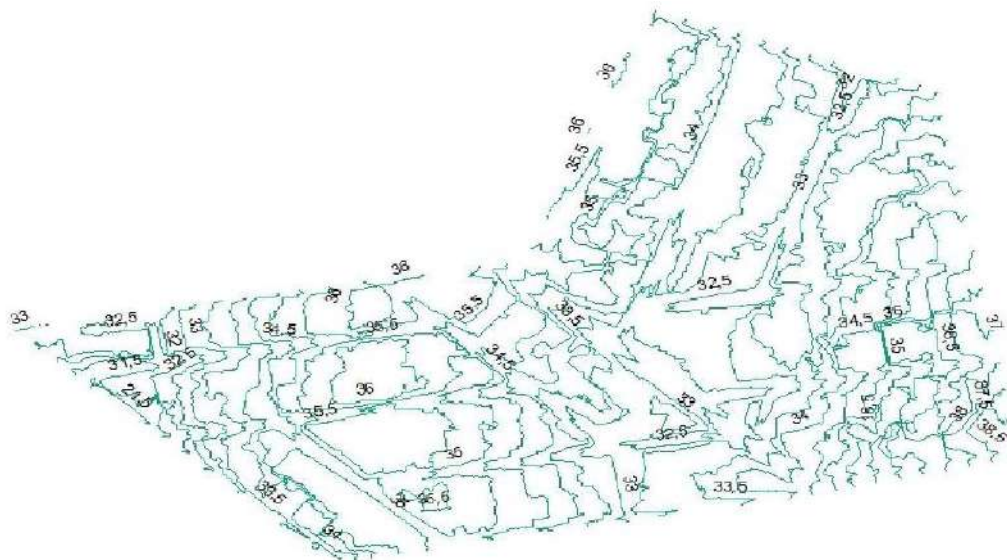
Nesta seção são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos a partir das análises hidrológicas e geométricas realizadas na área de estudo. Os resultados são interpretados à luz da metodologia adotada, considerando as características da bacia de contribuição, o regime pluviométrico da região e o comportamento do sistema de drenagem pluvial existente frente à precipitação do projeto.

5.1 Delimitação da Área de Contribuição

A delimitação da área de contribuição constitui uma das etapas fundamentais para a análise hidrológica e para o dimensionamento da rede de drenagem pluvial. Para isso, utilizou-se o *software* AutoCAD, no qual foram sobrepostas informações topográficas e urbanísticas a partir das curvas de nível, quadras e lotes fornecidos pela Prefeitura Municipal de João Pessoa. O processo iniciou-se com a importação das curvas altimétricas provenientes do Atlas Filipeia - Fotogrametria, disponibilizado pela Secretaria de Planejamento de João Pessoa (SEPLAN-JP).

Essas curvas, representadas por isolinhas de mesma altitude, são essenciais para a definição das direções preferenciais de escoamento e para a identificação das cotas máximas, mínimas e dos talvegues naturais presentes na área de estudo. A partir dessas informações, foi possível traçar os divisores de água que delimitam a bacia de contribuição, representando os limites naturais que separam diferentes sistemas de drenagem.

Figura 6 - Curvas de nível da bacia de contribuição



Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa - SEPLAN. Atlas Filipeia – Fotogrametria.

A Figura 6 apresenta as curvas de nível que compõem o modelo topográfico utilizado para a delimitação da bacia. A leitura dessas curvas evidencia que grande parte da área se caracteriza por declividades reduzidas, com isolinhas espaçadas e com poucas variações altimétricas abruptas. Esse padrão confirma o relevo predominantemente plano já discutido no capítulo de caracterização fisiográfica e reforça um dos principais fatores associados à ocorrência de alagamentos: a baixa capacidade de escoamento gravitacional da água da chuva.

Em termos hidrológicos, áreas com baixa declividade apresentam escoamento superficial mais lento, aumentando o tempo de permanência da água na superfície e elevando o risco de formação de poças, lâminas d'água e pontos de inundação. Além disso, a saturação do solo ocorre mais rapidamente em locais com menor capacidade de infiltração, especialmente quando há elevada impermeabilização, como é o caso da região analisada. No contexto da Rua Bancário Sérgio Guerra, a combinação entre relevo plano, pavimentação extensa e ausência de dispositivos de infiltração resulta em um sistema de drenagem vulnerável aos eventos de chuva intensa.

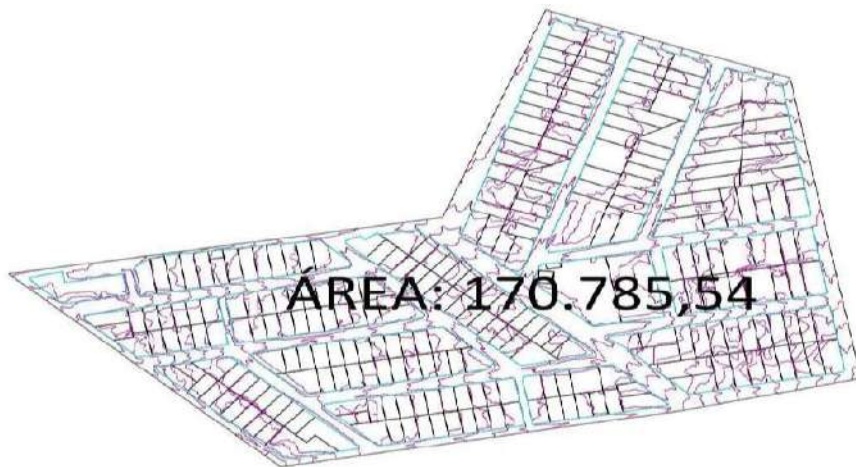
Outro aspecto relevante identificado durante a delimitação foi a presença de pequenas depressões superficiais ao longo da bacia, que funcionam como microbacias internas capazes de armazenar temporariamente parte do volume precipitado. Embora essas depressões não sejam naturalmente profundas, sua existência contribui para retardar o escoamento e potencializar o acúmulo de água nos pontos mais críticos da via, especialmente durante

eventos de alta pluviosidade.

A utilização das quadras e lotes, por sua vez, permitiu complementar a interpretação topográfica, oferecendo um panorama mais preciso do contexto urbano. Essas informações representam as superfícies impermeabilizadas, edificações, vias pavimentadas e barreiras físicas que influenciam diretamente a trajetória do escoamento superficial nas áreas urbanas. Em ambientes densamente construídos, como o Bairro dos Bancários, esses elementos possuem papel determinante na modificação do regime natural das águas pluviais, podendo desviar, acumular ou acelerar o fluxo em direção às galerias existentes.

A interpretação conjunta das curvas de nível e da organização urbana permitiu a definição precisa da área de drenagem, resultando em 170 785,54 m², valor obtido por meio das ferramentas de cálculo de área do AutoCAD. Essa área constitui o parâmetro básico para a aplicação dos métodos hidrológicos utilizados na estimativa das vazões de pico e na análise da eficiência do sistema de drenagem existente.

Figura 7 - Área de contribuição (m²)



Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa - SEPLAN. Atlas Filipeia – Fotogrametria.

A partir da análise do mapa de curvas de nível na figura 7, foram identificadas cotas variando entre aproximadamente 36 m e 38 m ao longo do eixo da Rua Bancário Sérgio Guerra. Esses valores foram adotados para a construção do perfil longitudinal e para o cálculo das declividades. Ressalta-se que as cotas utilizadas possuem caráter aproximado, sendo adequadas para estudos hidrológicos urbanos e para a identificação do sentido preferencial do escoamento superficial, atendendo aos objetivos desta pesquisa.

5.2 Determinação das precipitações máximas (IDF) (TR = 10 anos)

Os valores de a, b, c e d foram obtidos em Aragão *et al.* (2024), para a estação João

Pessoa–Mangabeira da cidade de João Pessoa sendo $k = 1695,47$, $m = 0,121$, $B = 12,88$ e $n = 0,795$ e aplicados na Equação 2. Com a adoção do tempo de retorno de 10 anos e da duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia, esses parâmetros permitiram a determinação da intensidade da precipitação de projeto utilizada nas etapas subsequentes do cálculo hidrológico.

O tempo de concentração (t_c) representa o intervalo necessário para que as águas pluviais provenientes do ponto mais distante da bacia hidrográfica atinjam o exutório, de modo que toda a área passe a contribuir simultaneamente para a vazão máxima. Esse parâmetro é fundamental nos estudos hidrológicos, especialmente na aplicação do Método Racional, pois está diretamente relacionado à determinação da intensidade da chuva de projeto por meio das equações Intensidade–Duração–Frequência.

Equação 3 – Tempo de Concentração

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

Fonte: Tucci (2002)

Substituindo os valores definidos na equação do tempo de concentração:

Equação 4 - Aplicação da fórmula de Tucci para a bacia estudada

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{244,06^3}{1} \right)^{0,385} = 11,18 \text{ segundos}$$

Fonte: Autor (2026)

Substituindo os valores definidos na equação IDF:

Equação 5 - Aplicação da equação IDF para a bacia estudada

$$i = \frac{1695,47 \times 10^{0,121}}{(11,18+12,88)^{0,795}}$$

$$i \approx 178,72 \text{ mm/h}$$

Fonte: Autor (2026)

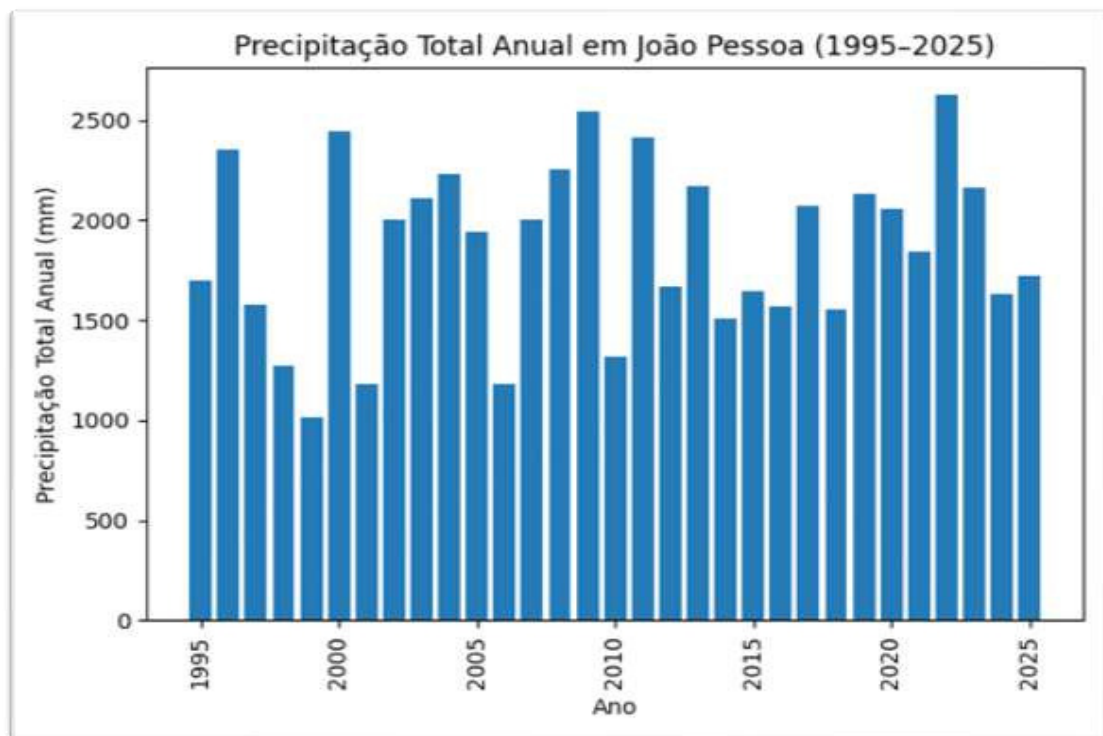
A intensidade de precipitação obtida é representativa de eventos extremos de curta duração, compatíveis com o tempo de retorno de 10 anos e com as características climáticas da região de João Pessoa. Ressalta-se que a precipitação de projeto foi considerada a única para toda a área de estudo, uma vez que o tempo de retorno e a duração da chuva foram mantidos constantes.

5.3 Histórico pluviométrico dos últimos 30 anos da região

A caracterização do regime pluviométrico da região é fundamental para a análise do comportamento hidrológico e para a avaliação da capacidade dos sistemas de drenagem urbana. Neste estudo, foram utilizados dados diários de precipitação provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à estação João Pessoa (código 82798), abrangendo o período de 1975 a 2025. A série histórica de 30 anos garante representatividade estatística adequada, permitindo a identificação de padrões sazonais, variabilidade interanual e ocorrência de eventos extremos de precipitação, aspectos essenciais para estudos de drenagem urbana.

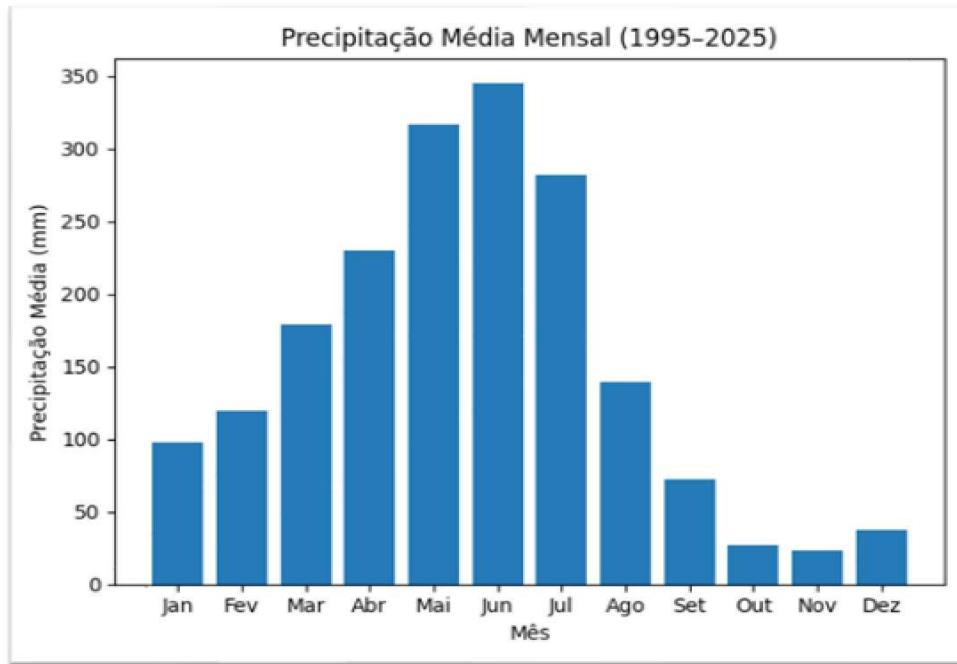
O Gráfico 1 apresenta a precipitação total anual registrada em João Pessoa no período de 1995 a 2025, evidenciando a variabilidade do regime pluviométrico ao longo dos anos. Observa-se a ocorrência de períodos com elevados volumes de chuva, com destaque para anos que ultrapassam a marca de 2.500 mm, indicando a presença de eventos pluviométricos intensos e concentrados. Por outro lado, verificam-se anos com totais anuais inferiores a 1.500 mm, demonstrando a alternância entre períodos mais úmidos e mais secos ao longo da série histórica.

Gráfico 1 – Precipitação total anual em João Pessoa no período de 1995 a 2025



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2025). Dados diários da estação João Pessoa (código 82798), processados pelo autor (2025).

Gráfico 2 - Precipitação média mensal anual no período de 1975 a 2025



Fonte: Dados processados pelo autor através do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2025).

O Gráfico 2 apresenta a precipitação média mensal em João Pessoa no período de 1995 a 2025, obtida a partir da média dos valores acumulados em cada mês ao longo da série histórica analisada. Observa-se uma concentração significativa das chuvas entre os meses de abril e julho, com destaque para maio, junho e julho, que apresentam os maiores valores médios, caracterizando o período mais chuvoso da região.

Por outro lado, os meses de setembro a novembro registram os menores índices pluviométricos, configurando o período mais seco do ano. Essa variação sazonal evidencia a influência direta do regime climático local sobre o comportamento do escoamento superficial, sendo fundamental para o dimensionamento do sistema de drenagem urbana, uma vez que os maiores riscos de sobrecarga e alagamentos coincidem com os meses de maior precipitação média.

5.4 Cálculo Hidrológico - Método Racional

O cálculo hidrológico foi realizado com o objetivo de estimar as vazões de escoamento superficial geradas na área de estudo durante a ocorrência da precipitação de projeto. Para esse fim, adotou-se o Método Racional, amplamente utilizado em estudos de drenagem urbana por sua simplicidade e eficiência na avaliação de bacias de pequena extensão.

A aplicação do método considerou a evolução histórica do processo de urbanização da área, sendo analisados quatro períodos distintos: 1950, 1970, 2000 e 2025. Para cada ano, foram avaliadas as condições de uso e ocupação do solo, refletidas nos respectivos coeficientes de escoamento superficial, possibilitando a estimativa das vazões correspondentes a cada fase de desenvolvimento urbano.

Figura 8 – Uso e ocupação do solo na área de estudo em 1950



Fonte: Google Earth. Imagem histórica de 1950. Adaptado pelo autor (2026).

A figura 8 refere-se ao ano de 1950 e apresenta a área de estudo com predominância de cobertura vegetal e baixo grau de impermeabilização, caracterizando um ambiente pouco urbanizado. Observa-se a presença reduzida de edificações e vias pavimentadas, favorecendo a infiltração da água no solo e resultando em menores volumes de escoamento superficial.

Figura 9 – Uso e ocupação do solo na área de estudo em 1970



Fonte: Google Earth. Imagem histórica de 1970. Adaptado pelo autor (2026).

Na figura 9 de 1970, nota-se o início do processo de ocupação urbana, com a implantação de áreas residenciais e vias de circulação. Apesar da manutenção de parcelas significativas de áreas permeáveis, verifica-se o aumento gradual da impermeabilização, refletindo as primeiras alterações no comportamento hidrológico da bacia.

Figura 10 – Uso e ocupação do solo na área de estudo em 2020



Fonte: Google Earth. Imagem histórica de 2000. Adaptado pelo autor (2026).

A figura 10 correspondente ao ano de 2000 evidencia a intensificação da urbanização, com maior concentração de edificações, pavimentação e redução das áreas verdes. Esse processo contribui para o aumento do escoamento superficial e para a elevação das vazões geradas durante eventos de precipitação.

Figura 11 – Uso e ocupação do solo na área de estudo em 2025



Fonte: Google Earth. Imagem histórica de 2025. Adaptado pelo autor (2026).

Na figura 11 de 2025, observa-se um estágio avançado de urbanização, caracterizado pela predominância de superfícies impermeáveis, alta densidade construtiva e infraestrutura viária consolidada. Essas condições favorecem a rápida geração de escoamento superficial, exigindo maior eficiência dos sistemas de drenagem urbana.

A partir da análise histórica dos anos de 1950, 1970, 2000 e 2025, será aplicado o Método Racional para a estimativa das vazões de escoamento superficial correspondentes a cada período. Para esse fim, serão considerados os parâmetros hidrológicos específicos de cada ano, especialmente o coeficiente de escoamento superficial, de forma a refletir as mudanças no uso e ocupação do solo ao longo do tempo.

Tabela 2– Parâmetros hidrológicos e vazões estimadas pelo Método Racional para os anos de 1950, 1970, 2000 e 2025

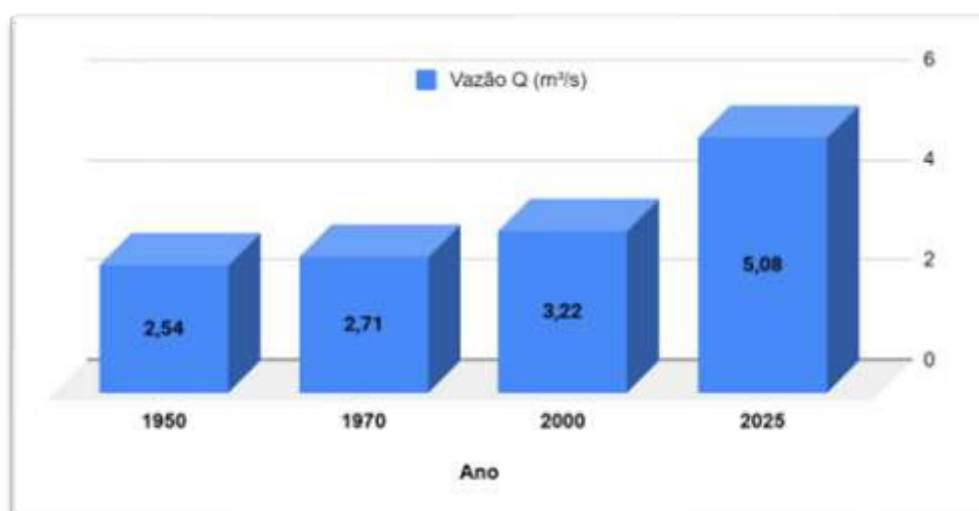
Anos	1950	1970	2000	2025
Área (ha)	17,07	17,07	17,07	17,07
C	0,3	0,32	0,38	0,6
TR	10	10	10	10
tc	11,18	11,18	11,18	11,18

i (mm/h)	178,72	178,72	178,72	178,72
Q (m³/s)	2,54	2,71	3,22	5,08

Fonte: Autor (2026)

Na tabela 2 verifica-se o aumento progressivo da vazão de projeto ao longo dos períodos analisados, refletindo o crescimento da impermeabilização da área e a intensificação do processo de urbanização. Esse comportamento evidencia a influência direta das mudanças no padrão urbano sobre o escoamento superficial e a demanda imposta ao sistema de drenagem.

Gráfico 3 - Evolução da vazão de escoamento superficial na área de estudo (1950–2025)



Fonte: Autor (2026).

O Gráfico 3 apresenta a evolução da vazão de escoamento superficial estimada pelo Método Racional para os anos de 1950, 1970, 2000 e 2025. Observa-se um aumento progressivo da vazão ao longo do período analisado, passando de 2,54 m³/s em 1950 para 5,08 m³/s em 2025.

Esse comportamento está diretamente relacionado ao avanço do processo de urbanização e ao aumento da impermeabilização da área, refletidos na elevação do coeficiente de escoamento superficial. Dessa forma, o gráfico evidencia a intensificação da demanda imposta ao sistema de drenagem urbana ao longo do tempo, reforçando a necessidade de adequação e manutenção das estruturas existentes.

5.5 Análise Hidráulica das Galerias Existentes

A análise hidráulica detalhada das galerias pluviais existentes ao longo da Rua Bancário Sérgio Guerra não pôde ser realizada de forma completa em razão da indisponibilidade de informações técnicas oficiais fornecidas pelos órgãos responsáveis. A Prefeitura Municipal de João Pessoa, por meio das secretarias competentes, não disponibilizou plantas cadastrais da rede de drenagem, memoriais descritivos, diâmetros das tubulações, cotas de assentamento, materiais constituintes, idade da infraestrutura ou registros de inspeção e manutenção, informações consideradas fundamentais para a avaliação da capacidade hidráulica e do desempenho operacional do sistema.

A ausência desses dados técnicos constitui, por si só, um indicativo relevante de fragilidade na gestão da drenagem urbana. Conforme estabelecido em manuais técnicos de referência, como o “Manual de Drenagem de Rodovias” do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o funcionamento adequado de sistemas de drenagem depende diretamente da existência de um cadastro técnico completo e atualizado, associado à realização de inspeções periódicas, ao monitoramento das condições estruturais e à execução de manutenção preventiva programada. A inexistência dessas práticas dificulta a identificação de falhas estruturais, a detecção de subdimensionamentos e o planejamento de intervenções corretivas eficazes.

Sem a disponibilidade dessas informações, torna-se inviável determinar com precisão a capacidade hidráulica real das galerias existentes, bem como verificar a compatibilidade entre as vazões geradas na bacia contribuinte e a seção útil das tubulações. Além disso, não é possível identificar, de forma quantitativa, trechos críticos com redução da capacidade de escoamento em decorrência de assoreamento, deposição de resíduos sólidos, colapsos estruturais ou degradação dos materiais ao longo do tempo.

Diante dessa limitação, a abordagem metodológica adotada neste estudo encontra respaldo na literatura técnica especializada em drenagem urbana. De acordo com Tucci (2008), a inexistência ou a desatualização do cadastro técnico das redes de drenagem é uma realidade recorrente em grande parte dos municípios brasileiros, o que frequentemente inviabiliza análises hidráulicas detalhadas baseadas em dados de projeto. Nesses casos, o autor recomenda a utilização de levantamentos em campo aliados à análise hidrológica da bacia contribuinte como estratégia adequada para o diagnóstico do desempenho do sistema e para a identificação de possíveis deficiências operacionais. Diretriz semelhante é apresentada pelo “Manual de Drenagem Urbana” do Ministério das Cidades (2006), que reconhece o levantamento visual da infraestrutura existente, associado à avaliação das

condições topográficas, do grau de impermeabilização e do comportamento do escoamento superficial, como procedimento válido para análises preliminares e estudos de diagnóstico em drenagem urbana.

Assim, mesmo na ausência de dados cadastrais completos das galerias, foi realizado um levantamento em campo da infraestrutura de drenagem existente, com foco na inspeção visual dos dispositivos superficiais e acessíveis do sistema, tais como bocas de lobo, grelhas metálicas e poços de visita. Esse levantamento permitiu avaliar qualitativamente o estado de conservação dos elementos, identificar situações recorrentes de obstrução por resíduos sólidos, danos estruturais, deslocamento ou deformação de grelhas e ausência de manutenção adequada, fatores que contribuem diretamente para a redução da eficiência hidráulica do sistema.

Dessa forma, a análise integrada dos aspectos hidrológicos da bacia contribuinte, da configuração topográfica local, do elevado grau de impermeabilização do Bairro dos Bancários e das evidências observadas durante o levantamento em campo permite inferir que o sistema de drenagem pluvial existente apresenta desempenho insuficiente frente a eventos de precipitação intensa. Tal constatação indica a necessidade de intervenções corretivas e de estudos complementares que possibilitem a reavaliação hidráulica detalhada da rede, visando à mitigação dos problemas de alagamento e à melhoria da segurança, da funcionalidade e da resiliência da infraestrutura urbana na área estudada.

Mesmo diante da indisponibilidade de informações técnicas completas da rede de drenagem pluvial, como material da tubulação, cotas de assentamento e declividade interna, foi possível identificar em campo que a galeria existente apresenta diâmetro aproximado de 50 cm ($\varnothing = 0,50$ m). Esse dado, ainda que isolado, permite realizar uma avaliação hidráulica simplificada da capacidade teórica de escoamento da tubulação, com o objetivo de verificar sua compatibilidade com as vazões de projeto estimadas neste estudo.

Considerando o Diâmetro $D = 0,50$ m, sendo o material do tubo de Concreto tem-se que $n = 0,013$ e a declividade $S = 0,0045$, aplica-se na equação de *Manning*, para obter a capacidade hidráulica.

Equação 6 - Manning

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Fonte: Tucci (2002)

Tabela 3 - Cálculo da capacidade hidráulica da galeria pelo método de *Manning*

Etapa	Parâmetro	Símbolo	Expressão	Valor	Unidade
1	Diâmetro da galeria	D	D = 50 cm	0,5	m
2	C. rugosidade (concreto)	n	Tabela técnica	0,013	–
3	Declividade longitudinal	S	$\Delta h / L = 1 / 224,06$	0,0045	m/m
4	Área da seção	A	$\pi \cdot D^2 / 4$	0,1963	m ²
5	Raio hidráulico	R	D / 4	0,125	m
6	Raio hidráulico elevado	$R^{2/3}$	$(0,125)^{2/3}$	0,25	–
7	Raiz da declividade	$S^{1/2}$	$\sqrt{0,0045}$	0,0671	–
8	Vazão (<i>Manning</i>)	Q	$(1/n) \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$	0,253	m ³ /s

Fonte: Autor (2026)

A Tabela 3 apresenta o cálculo da capacidade hidráulica da galeria por meio da equação de Manning, considerando escoamento em seção plena, resultando em vazão máxima teórica de aproximadamente 0,253 m³/s. Entretanto, recomendações técnicas indicam que sistemas de drenagem não devem operar em regime totalmente cheio, a fim de garantir segurança hidráulica e reduzir riscos de sobrecarga. Dessa forma, adotou-se o critério de utilização de 90% da capacidade da seção, tornando a análise mais conservadora e compatível com as boas práticas de projeto.

Capacidade calculada anteriormente:

$$Q_{cheio} = \frac{0,253 \text{ m}^3}{s}$$

Fonte: Canholi (2014)

Considerando 90%:

$$Q_{90\%} = 0,90 \times 0,253$$

$$Q_{90\%} = 0,228 \text{ m}^3/s$$

Considerando a operação da galeria a 90% da sua capacidade hidráulica, obteve-se vazão admissível de aproximadamente 0,228 m³/s. Ao comparar esse valor com a vazão de projeto estimada para o ano de 2025 (5,08 m³/s), verifica-se que a estrutura existente apresenta significativa insuficiência hidráulica, operando muito abaixo da demanda requerida, o que evidencia a necessidade de redimensionamento ou adoção de medidas

complementares de drenagem urbana sustentável.

5.6 Levantamento em Campo da Infraestrutura de Drenagem

O levantamento em campo da infraestrutura de drenagem pluvial teve como objetivo identificar, caracterizar e avaliar as condições físicas e funcionais dos dispositivos existentes ao longo da Rua Bancário Sérgio Guerra. Essa etapa é essencial para confrontar os resultados obtidos por meio das análises hidrológicas e geométricas com a realidade observada *in loco*, permitindo verificar se os elementos da rede apresentam condições adequadas para o escoamento das vazões estimadas.

A inspeção foi realizada por meio de visitas técnicas ao local, com registro fotográfico dos principais dispositivos de microdrenagem, tais como sarjetas, bocas de lobo e trechos visíveis das galerias pluviais. Durante o levantamento, buscou-se identificar aspectos relacionados à localização, quantidade, estado de conservação, obstruções e eficiência de captação dos dispositivos, bem como sua relação com a topografia e o traçado da via.

Figura 12 - Boca de lobo com abertura parcialmente comprometida e desgaste estrutural



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 12 apresenta uma boca de lobo localizada ao longo da Rua Bancário Sérgio Guerra, cuja estrutura evidencia sinais de desgaste e limitação da abertura de captação. Observa-se que o dispositivo possui uma abertura inferior reduzida, parcialmente obstruída por detritos, sedimentos e resíduos sólidos acumulados ao longo do tempo, além de irregularidades no pavimento adjacente.

Figura 13 - Redução da seção hidráulica em galeria pluvial devido a desgaste e acúmulo de resíduos



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 13 apresenta uma boca de lobo localizada ao longo da Rua Bancário Sérgio

Guerra que apresenta desgaste estrutural, abertura de captação reduzida e obstrução parcial por detritos e sedimentos, além de irregularidades no pavimento adjacente. A ausência de grelha e a baixa eficiência de captação favorecem o acúmulo de água sobre a via durante eventos de chuva intensa, bem como o carreamento de resíduos para o interior da galeria, aumentando o risco de assoreamento. Essa condição contribui diretamente para a recorrência de alagamentos nos trechos próximos.

Figura 14 - Boca de lobo com degradação estrutural e inadequada recomposição do pavimento



Fonte: Acervo do autor (2026).

As imagens evidenciam uma boca de lobo com degradação estrutural, caracterizada pelo comprometimento da laje de cobertura, irregularidades na abertura inferior e recomposição inadequada do pavimento no entorno. A presença de desníveis e interfaces mal definidas prejudica o direcionamento do escoamento superficial, reduzindo a eficiência da captação.

Além disso, fissuras e vazios favorecem o acúmulo de sedimentos, aumentando o risco de obstrução da galeria. Em função da baixa declividade da via, essas deficiências construtivas e a ausência de manutenção contribuem para a recorrência de alagamentos no trecho analisado.

Figura 15 - Boca de lobo com grelha metálica para captação de águas pluviais



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 15 apresentada ilustra um dispositivo de drenagem superficial do tipo boca de lobo com grelha metálica, instalado junto ao meio-fio da via e integrado ao sistema de sarjetas. Diferentemente das bocas de lobo simples, esse modelo possui grelha superior, cuja função é permitir a entrada da água de escoamento superficial ao mesmo tempo em que atua como elemento de proteção, restringindo a passagem de objetos de maior dimensão para o interior da rede.

Observa-se que a grelha se encontra posicionada de forma adequada em relação à geometria da via, favorecendo a interceptação da lâmina d'água que se forma durante os eventos de chuva. Ademais, a presença do elemento metálico contribui para a segurança viária, reduzindo riscos a pedestres e veículos, além de facilitar o direcionamento do fluxo superficial diretamente para o sistema de drenagem.

Figura 16 - Boca de lobo com grelha composta por barras metálicas de elevada densidade e restrição à seção de entrada



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 16 apresenta uma boca de lobo com grelha metálica de barras longitudinais com espaçamento reduzido, o que limita a área livre para a entrada da água pluvial. A retenção de resíduos sólidos sobre a grelha compromete ainda mais a eficiência de captação, especialmente durante chuvas intensas. Essa redução da seção de entrada favorece o acúmulo de água a montante do dispositivo e o escoamento superficial pela via, situação agravada em trechos com baixa declividade, onde a autolimpeza do sistema é limitada.

Figura 17 - Boca de lobo com tampa de concreto fissurada e deslocamento parcial



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 17 apresenta uma boca de lobo cuja tampa de concreto apresenta fissuras, deslocamento e instabilidade estrutural, indicando falhas no assentamento e no dimensionamento do elemento. O desgaste do pavimento adjacente e a infiltração recorrente de água contribuem para a ampliação das patologias observadas, reduzindo gradualmente a capacidade estrutural do conjunto. Do ponto de vista hidráulico, a captação ocorre de forma desordenada, favorecendo o acúmulo de água sobre a via durante chuvas intensas, especialmente em trechos com baixa declividade. Além disso, as irregularidades e a instabilidade da tampa representam riscos à segurança viária. Dessa forma, torna-se necessária a adoção de intervenções corretivas e de manutenção sistemática para restabelecer a eficiência do sistema de drenagem e reduzir a ocorrência de alagamentos.

Figura 18 - Boca de lobo com grelha metálica apresentando acúmulo de resíduos sólidos



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 18 apresenta uma boca de lobo com grelha metálica que, apesar de estruturalmente íntegra, apresenta acúmulo significativo de resíduos sólidos em seu interior, indicando deficiência na manutenção do sistema de drenagem. Esse acúmulo reduz a área livre de passagem da água e compromete a eficiência de captação, favorecendo o escoamento superficial e a ocorrência de alagamentos durante chuvas mais intensas. Além disso, a permanência dos resíduos pode acelerar a deterioração do dispositivo e contribuir para obstruções ao longo da rede pluvial.

Figura 19 - Boca de lobo com grelha superior parcialmente obstruída por resíduos sólidos



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 19 apresenta uma boca de lobo com grelha metálica parcialmente obstruída por resíduos sólidos, como folhas, sedimentos e embalagens plásticas. Essa obstrução reduz a área livre de entrada da água e compromete a eficiência de captação, favorecendo o acúmulo de água sobre a via durante chuvas intensas. A presença contínua de resíduos evidencia deficiência na manutenção da microdrenagem, aumentando o risco de entupimento total do dispositivo e contribuindo para a ocorrência de alagamentos localizados.

Figura 20 - Boca de lobo com grelhas metálicas deslocadas e seção de entrada comprometida



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 20 apresentada mostra uma boca de lobo com grelhas metálicas desalinhadas,

caracterizando uma configuração inadequada do dispositivo de entrada. O deslocamento das grelhas reduz a eficiência de captação, concentra o escoamento em pontos específicos e favorece perdas locais de carga, especialmente durante chuvas intensas. Essa condição facilita o acúmulo de detritos no interior do dispositivo, contribuindo para obstruções progressivas, degradação do pavimento adjacente e ocorrência de alagamentos pontuais. Dessa forma, torna-se necessária a correção do posicionamento e a fixação adequada das grelhas, além da manutenção periódica do sistema.

Figura 21 - Tampa de poço de visita (PV) integrante da rede de drenagem pluvial



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 21 apresenta uma tampa de poço de visita da rede de drenagem pluvial, utilizada para inspeção e manutenção das tubulações subterrâneas. Observa-se que o dispositivo encontra-se bem-posicionado e nivelado em relação ao pavimento, não interferindo no escoamento superficial nem oferecendo riscos à segurança dos usuários. Apesar do desgaste natural decorrente do uso e da ação do tráfego, não foram identificadas falhas estruturais aparentes. Essa condição reforça a importância da realização de inspeções periódicas, uma vez que eventuais problemas internos não são perceptíveis externamente, sendo o poço de visita um componente essencial para a operação e manutenção do sistema de drenagem.

Figura 22 - Boca de lobo com grelha danificada e presença de resíduos sólidos



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 22 apresenta uma boca de lobo com grelha metálica danificada, caracterizada por barras desalinhadas e acúmulo de resíduos sólidos, o que reduz significativamente a área livre para a entrada da água pluvial. O desgaste do pavimento no entorno contribui para o carreamento de materiais sólidos, comprometendo a eficiência hidráulica do dispositivo durante chuvas intensas. Além disso, a deformação da grelha representa risco à segurança de pedestres e veículos, evidenciando a necessidade de intervenções corretivas e manutenção adequada.

Figura 23 - Boca de lobo com grelha parcialmente exposta e deficiência de direcionamento do escoamento superficial



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 23 apresenta uma boca de lobo com grelha parcialmente exposta e circundada por remendos irregulares no pavimento, sem conformação adequada para direcionar o escoamento superficial ao ponto de entrada. Essa configuração faz com que a água da chuva se disperse sobre a pista, reduzindo a eficiência da captação do dispositivo.

A ausência de rebaixamento e inclinação adequados do pavimento compromete o desempenho hidráulico, especialmente durante chuvas intensas, favorecendo o aumento da lâmina d'água e o prolongamento do escoamento superficial em trechos de baixa declividade.

Figura 24 - Poço de visita da rede de drenagem pluvial implantado em área pavimentada



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 24 apresenta um poço de visita da rede de drenagem pluvial com tampa metálica levemente deslocada, fissuras e desgaste no pavimento ao redor. Essa condição favorece a infiltração de água e sedimentos para o interior do dispositivo, contribuindo para o assoreamento das galerias ao longo do tempo. A presença de vegetação nas proximidades indica acúmulo frequente de umidade e deficiência de drenagem superficial local. Dessa forma, torna-se necessária a realização de manutenção preventiva e a correção do pavimento no entorno, a fim de preservar o desempenho hidráulico e a integridade do sistema.

Figura 25 - Boca de lobo com abertura inferior exposta e acúmulo de resíduos sólidos



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 25 apresenta uma boca de lobo com abertura inferior exposta e deslocamento da tampa de concreto, indicando apoio inadequado da laje superior. Observa-se também acúmulo de resíduos sólidos no interior do dispositivo, o que compromete a eficiência de captação, especialmente durante chuvas intensas. O desgaste do concreto e as irregularidades no acabamento sugerem processos de deterioração associados à ação da água e ao tráfego, afetando a durabilidade da estrutura e o desempenho hidráulico do sistema.

Figura 26 - Boca de lobo com deslocamento e desnível da laje de cobertura



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 26 apresenta uma boca de lobo com laje de cobertura deslocada e desnivelada em relação ao pavimento, evidenciando apoio inadequado e aberturas laterais. Observa-se também o acúmulo de resíduos sólidos no interior do dispositivo, indicando deficiência na manutenção. Essas condições reduzem a eficiência de captação e dificultam o direcionamento do escoamento superficial, favorecendo o acúmulo de água sobre a via e a ocorrência de alagamentos localizados.

Figura 27 - Boca de lobo dupla em concreto com acúmulo de resíduos sólidos



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 27 apresenta uma boca de lobo dupla em concreto armado, com estrutura aparentemente íntegra, alinhada e sem sinais visíveis de colapso. No entanto, observa-se acúmulo significativo de folhas, sedimentos e resíduos sólidos no interior das aberturas, o que reduz a área hidráulica disponível e compromete a eficiência de captação, especialmente durante chuvas intensas. Associada à baixa declividade da via, essa condição favorece a deposição contínua de materiais e intensifica o processo de obstrução. Além disso, pequenas discontinuidades na laje podem acelerar o desgaste estrutural. Dessa forma, o desempenho insatisfatório do dispositivo está relacionado principalmente à deficiência de manutenção, ao aumento das vazões e às condições topográficas locais, reforçando a necessidade de ações corretivas periódicas.

Figura 28 - Boca de lobo com grelha metálica parcialmente obstruída por resíduos sólidos



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 28 apresenta uma boca de lobo com grelha metálica instalada junto à sarjeta, em posição adequada para a captação do escoamento superficial. No entanto, observa-se a presença de resíduos sólidos e material particulado sobre e sob a grelha, indicando deficiência na manutenção e comprometendo parcialmente a eficiência hidráulica do dispositivo. O desgaste da grelha e as irregularidades no entorno contribuem para pequenos represamentos, favorecendo o acúmulo de água sobre o pavimento e a ocorrência de alagamentos pontuais. Dessa forma, destaca-se a importância da limpeza periódica e da conservação estrutural para garantir o bom funcionamento do sistema.

Figura 29 - Boca de lobo simples em concreto localizada junto ao meio-fio



Fonte: Acervo do autor (2026).

A Figura 29 apresenta uma boca de lobo simples localizada junto ao meio-fio, com estrutura regular e alinhamento adequado em relação à sarjeta. No entanto, a abertura frontal apresenta altura reduzida, limitando a seção hidráulica disponível para a entrada da água, especialmente durante chuvas intensas.

De modo geral, as observações em campo indicam que a Rua Bancário Sérgio Guerra possui os principais elementos de um sistema de drenagem convencional, porém muitos deles apresentam condições insatisfatórias de conservação, associadas à ausência de manutenção periódica. A presença de resíduos, danos às grelhas e irregularidades no pavimento comprometem a eficiência de captação e influenciam diretamente o desempenho da rede, favorecendo a ocorrência de alagamentos.

5.7 Pontos Críticos de Alagamento

A identificação dos pontos críticos de alagamento ao longo da Rua Bancário Sérgio Guerra foi realizada a partir da integração entre os resultados do cálculo hidrológico pelo Método Racional, a análise da declividade longitudinal, a avaliação das áreas de contribuição por trecho e o levantamento em campo da infraestrutura de drenagem existente. Essa abordagem permitiu compreender não apenas onde ocorrem os alagamentos, mas também os fatores técnicos que contribuem para sua recorrência.

Os trechos mais críticos correspondem, em sua maioria, às regiões que recebem vazão acumulada proveniente de áreas a montante, associada a baixa declividade longitudinal, o que reduz a capacidade de escoamento superficial. Nessas condições, mesmo eventos de chuva com duração compatível ao tempo de concentração da bacia tendem a gerar represamento temporário da água sobre a via.

As observações realizadas em campo reforçam os resultados analíticos, uma vez que os pontos identificados como críticos apresentam dispositivos de drenagem com redução da seção útil, causada por obstruções, acúmulo de resíduos sólidos, sedimentos, vegetação e danos estruturais em grelhas e tampas de galerias. Tais fatores comprometem o desempenho hidráulico do sistema, agravando a ocorrência de alagamentos.

Destaca-se que os trechos finais da via concentram as maiores vazões de projeto, devido ao efeito cumulativo das áreas contribuintes, sendo, portanto, os locais mais suscetíveis à sobrecarga do sistema de drenagem pluvial. Esses pontos demandam prioridade em ações de manutenção, requalificação e, em estudos futuros, redimensionamento hidráulico das galerias existentes.

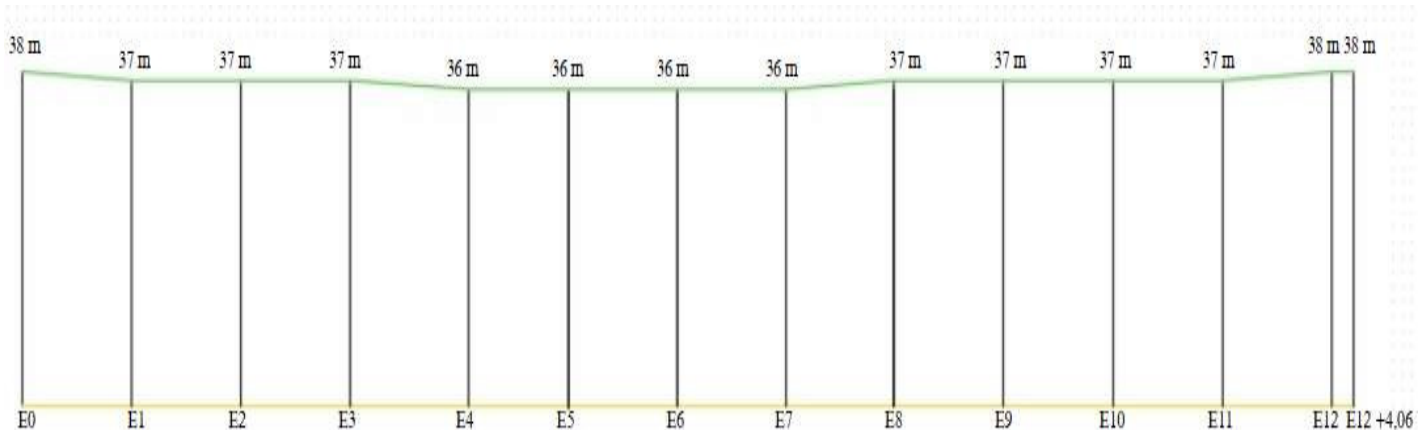
Tabela 4 - Identificação e classificação dos pontos críticos de alagamento

Trecho	Área Contribuinte Acumulada	Declividade Longitudinal	Vazão de Projeto	Condição da Drenagem (Campo)	Grau de Criticidade
E0 ► E1	Baixa	Média	Baixa	Captação funcional	Baixa
E1 ► E3	Média	Média	Média	Presença de resíduos	Média
E3 ► E6	Alta	Baixa	Alta	Grelhas parcialmente obstruídas	Alta
E6 ► E9	Muito Alta	Baixa	Muito Alta	Boca de lobo obstruída	Muito Alta
E9 ► E12+4,06	Máxima	Muito Baixa	Máxima	Galeria assoreada e danos estruturais	Crítica

Fonte: Elaboração própria (2026).

A Tabela 4 sintetiza a identificação dos pontos críticos de alagamento ao longo da Rua Bancário Sérgio Guerra, a partir da análise integrada da área contribuinte acumulada, da declividade longitudinal, da vazão de projeto e das condições observadas em campo. Verifica-se que os trechos a jusante concentram maiores vazões associadas a baixas declividades e a dispositivos de drenagem com eficiência reduzida, o que explica a maior suscetibilidade a alagamentos nesses segmentos. Dessa forma, a tabela permite a identificação dos trechos prioritários para intervenções corretivas no sistema de drenagem pluvial.

Figura 30 - Perfil longitudinal do terreno ao longo do estaqueamento da Rua Bancário Sérgio Guerra



Fonte: Elaboração própria (2026).

Conforme indicado na figura 30, verifica-se uma redução progressiva das cotas altimétricas desde o trecho inicial (E0) até aproximadamente as estacas E4 a E7, onde ocorre o menor patamar topográfico da via. Esse comportamento do relevo estabelece o sentido preferencial do escoamento superficial em direção a esse trecho, promovendo a convergência

das vazões provenientes das áreas contribuintes a montante.

Na Tabela 4, observa-se que as vazões calculadas pelo Método Racional aumentam gradativamente ao longo do estaqueamento, em função do acréscimo acumulado das áreas de contribuição e da manutenção do mesmo evento de precipitação de projeto. Esse efeito é mais significativo justamente nos trechos localizados próximos ao ponto de menor cota altimétrica, onde se concentram as maiores vazões estimadas.

A combinação entre baixa declividade longitudinal, acúmulo progressivo de vazão e limitações observadas nos dispositivos de drenagem existentes, identificadas no levantamento de campo, explica a ocorrência recorrente de alagamentos nesse segmento da via. Assim, o trecho compreendido entre as estacas E4 e E7 é caracterizado como o ponto crítico principal do sistema de drenagem, concentrando o maior volume de escoamento superficial e apresentando maior suscetibilidade à sobrecarga hidráulica.

Dessa forma, a análise integrada do perfil longitudinal (Figura 30) e das vazões por trecho (Tabela 4) confirma que os problemas de alagamento observados não são pontuais, mas resultam da interação entre fatores topográficos, hidrológicos e hidráulicos, reforçando a necessidade de intervenções específicas nesse segmento da via.

Figura 31 - Ocorrência de alagamento na Rua Bancário Sérgio Guerra em evento de precipitação intensa



Fonte: G1 Paraíba (2022).

A Figura 31 apresenta o registro de um evento real de alagamento ocorrido na Rua Bancário Sérgio Guerra durante um episódio de chuva intensa. Observa-se a formação de lâmina d'água sobre a via, com comprometimento da circulação de veículos, evidenciando a insuficiência do sistema de drenagem pluvial frente à vazão gerada.

Esse registro confirma, de forma empírica, os resultados obtidos nas análises hidrológicas e topográficas desenvolvidas neste estudo, especialmente no trecho identificado

entre as estacas E4 e E7, caracterizado por baixa declividade longitudinal e elevada vazão acumulada. A convergência das águas superficiais para esse segmento, associada às limitações observadas na infraestrutura de drenagem existente, favorece o represamento temporário da água, resultando em alagamentos recorrentes.

Dessa forma, a ocorrência documentada reforça que os alagamentos na via não são eventos isolados ou ocasionais, mas consequência direta da interação entre fatores hidrológicos, topográficos e estruturais, validando os pontos críticos identificados na Tabela 4 e no perfil longitudinal apresentado na Figura 30.

5.8 Problemas Recorrentes de Drenagem na Rua Bancário Sérgio Guerra

A Rua Bancário Sérgio Guerra constituiu-se como o principal eixo viário do bairro, desempenhando papel estruturador tanto na mobilidade urbana quanto na distribuição das atividades comerciais e de serviços. Por concentrar a maior parte do fluxo de entrada e saída da região, essa via passou a acumular uma dinâmica intensa de circulação de veículos, motociclistas, ciclistas e pedestres, funcionando como um corredor urbano de elevada importância funcional. O adensamento construtivo que se consolidou ao longo de sua extensão contribuiu para intensificar seu uso, resultando em maior pressão sobre a infraestrutura urbana existente, especialmente sobre o sistema de drenagem pluvial.

Do ponto de vista geomorfológico, a Rua Sérgio Guerra apresenta uma declividade extremamente baixa ao longo de praticamente toda a sua extensão, o que reduz significativamente a velocidade do escoamento superficial e favorece a permanência da água sobre a pista durante eventos chuvosos. Além disso, o entorno imediato da via caracteriza-se por um elevado grau de impermeabilização, decorrente da predominância de edificações, estacionamentos pavimentados, calçadas rígidas e ausência de áreas verdes funcionais. A inexistência de dispositivos de infiltração ou de mitigação (como jardins de chuva, pavimentos permeáveis, valas de infiltração ou bacias de retenção) impede que parte do volume precipitado seja absorvido pelo solo, fazendo com que praticamente todo o escoamento seja direcionado à superfície.

Esse cenário aumenta significativamente a carga hidráulica que chega aos dispositivos da rede existente, que, por sua vez, não foram dimensionados para as condições atuais de adensamento urbano e impermeabilização. Como consequência direta, são observados episódios recorrentes de formação de lâminas d'água, poças extensas e alagamentos, sobretudo nos trechos próximos a cruzamentos e pontos mais suscetíveis ao

acúmulo de água.

De acordo com Canholi (2014), vias urbanas inseridas em terrenos de baixa declividade e submetidas a forte impermeabilização apresentam alta probabilidade de sofrer inundações sempre que o volume produzido pela chuva ultrapassa a capacidade de transporte da rede pluvial. O caso da Rua Bancário Sérgio Guerra se enquadra precisamente no padrão descrito pelo autor, uma vez que combina todos os fatores que ampliam a vulnerabilidade à inundação: topografia desfavorável, impermeabilização maciça, ausência de soluções de drenagem sustentável e infraestrutura pluvial subdimensionada frente ao regime atual de chuvas intensas.

Assim, a análise da Rua Sérgio Guerra torna-se essencial para compreender o comportamento hidrológico da microbacia estudada e para fundamentar a avaliação da eficiência da rede pluvial local. A concentração dos impactos nessa via evidencia não apenas a insuficiência do sistema atual, mas também a necessidade de intervenções de caráter estrutural e não estruturais que visem mitigar os problemas recorrentes de alagamento e melhorar o desempenho global da drenagem urbana na região.

5.8.1 Registros de Alagamentos e Impactos Urbanos

Relatos de moradores da região, reportagens veiculadas em mídias locais e as observações realizadas durante as visitas de campo indicam que a Rua Bancário Sérgio Guerra apresenta episódios recorrentes de alagamento durante chuvas de maior intensidade, principalmente no período entre os meses de abril e julho. Nessas situações, é comum a formação de lâminas d'água sobre a pista, o que provoca interrupções momentâneas no tráfego, dificulta a circulação de pedestres e gera riscos à segurança viária.

Além disso, comerciantes localizados ao longo da via relatam prejuízos materiais ocasionados pela entrada de água em estabelecimentos comerciais, especialmente em pontos onde o escoamento superficial ocorre de forma mais lenta. A baixa declividade da via contribui para o acúmulo temporário da água da chuva, favorecendo a sobrecarga da rede de drenagem pluvial existente. Segundo Canholi (2014), a recorrência desses episódios ao longo do tempo indica que se trata de um problema de caráter estrutural, e não de ocorrências pontuais associadas apenas a eventos extremos.

5.8.2 Causas Estruturais e Hidráulicas da Ineficiência

A análise dos dados obtidos em campo, associada aos resultados dos cálculos

hidrológicos e às informações disponíveis sobre a infraestrutura existente, permite identificar alguns fatores técnicos que explicam a ineficiência da drenagem na Rua Bancário Sérgio Guerra. Observou-se que as galerias pluviais existentes apresentam diâmetros incompatíveis com as vazões atualmente geradas, especialmente em função do aumento da impermeabilização da área.

Verificou-se também a presença de bocas de lobo em quantidade insuficiente e, em alguns trechos, mal posicionadas, o que compromete a eficiência da captação das águas pluviais. Soma-se a isso a ocorrência frequente de assoreamento e obstruções, que reduzem a seção útil das galerias e diminuem sua capacidade hidráulica. Outro fator relevante é a ausência de dispositivos de retenção ao longo da bacia, solução amplamente recomendada para áreas urbanas adensadas (Canholi, 2014). Por fim, a baixa declividade longitudinal da via dificulta o escoamento gravitacional, contribuindo para o represamento superficial e para a ocorrência dos alagamentos observados.

5.9 Proposição de Solução

A partir dos resultados obtidos nas análises hidrológicas, topográficas e na avaliação hidráulica simplificada das galerias existentes, constata-se que o sistema de drenagem pluvial da Rua Bancário Sérgio Guerra opera, em determinados trechos, próximo ou acima de sua capacidade hidráulica, especialmente durante eventos de precipitação intensa. Tal condição é mais evidente nos segmentos a jusante da via, em especial entre as estacas E4 e E7, onde ocorre a combinação de baixa declividade longitudinal, acúmulo progressivo de vazões e deficiências observadas na infraestrutura existente.

Considerando o diâmetro aproximado das galerias identificado em campo ($D \approx 0,50$ m), a capacidade hidráulica teórica do sistema foi estimada entre em $0,253 \text{ m}^3/\text{s}$, para velocidades admissíveis típicas de drenagem urbana. A comparação desses valores com as vazões de projeto calculadas pelo Método Racional indica que, em eventos críticos, o sistema pode apresentar sobrecarga hidráulica, favorecendo o represamento superficial e a ocorrência de alagamentos.

Diante desse cenário, são propostas as seguintes medidas corretivas e preventivas, organizadas por nível de intervenção:

5.9.1 Manutenção corretiva e preventiva da infraestrutura de drenagem

Como primeira etapa, recomenda-se a execução de manutenção corretiva e preventiva do sistema de drenagem existente, por meio da limpeza periódica das bocas de lobo e grelhas, remoção de sedimentos, resíduos sólidos e vegetação acumulada, substituição ou reparo de grelhas danificadas e desobstrução das galerias com indícios de assoreamento, visando restabelecer a seção hidráulica útil dos dispositivos, reduzir perdas de carga locais e melhorar a eficiência do escoamento superficial, especialmente nos pontos críticos identificados.

5.9.2 Reforço e adequação hidráulica nos trechos críticos

Nos trechos com maior criticidade hidráulica, recomenda-se a requalificação da rede de drenagem pluvial, por meio da substituição das galerias existentes por tubulações de maior diâmetro, da implantação de galerias paralelas nos segmentos mais sobrecarregados e do aumento e redistribuição das bocas de lobo nas áreas de maior contribuição superficial, de modo a ampliar a capacidade de escoamento do sistema, reduzir as perdas hidráulicas e minimizar a probabilidade de operação próxima ao limite durante eventos de precipitação intensa.

5.9.3 Adoção de soluções compensatórias de drenagem urbana

De forma complementar às intervenções estruturais, recomenda-se a adoção de soluções compensatórias de drenagem urbana, com foco no controle do escoamento superficial na fonte, como a implantação de pavimentos permeáveis, jardins de chuva, dispositivos de infiltração e retenção superficial, além da adequação do perfil transversal da via, visando aumentar a infiltração, promover o armazenamento temporário da água e reduzir os picos de vazão durante eventos de chuva intensa, contribuindo para a diminuição da sobrecarga sobre o sistema existente e para a mitigação dos alagamentos nos trechos críticos identificados.

5.9.4 Melhoria do cadastro técnico e da gestão do sistema de drenagem

A proposição de soluções apresentada baseia-se em critérios técnicos, resultados analíticos e observações de campo, reconhecendo as limitações impostas pela ausência de cadastro técnico completo da rede existente. Ainda assim, as medidas sugeridas permitem

melhorar significativamente o desempenho hidráulico do sistema, reduzir a recorrência de alagamentos e fornecer subsídios técnicos para futuros estudos de redimensionamento hidráulico detalhado, a serem realizados quando informações completas da infraestrutura estiverem disponíveis.

5.9.5 Direcionamento para estudos futuros

Por fim, destaca-se que as propostas apresentadas neste trabalho constituem um ponto de partida para estudos mais aprofundados. Recomenda-se que pesquisas futuras avancem no dimensionamento hidráulico completo das galerias existentes, na aplicação de modelos hidrológicos e hidrodinâmicos urbanos, na avaliação de cenários de chuvas extremas e na análise integrada entre drenagem urbana, uso e ocupação do solo e mobilidade urbana, de modo a subsidiar soluções definitivas para a mitigação dos alagamentos na área de estudo.

5.10 Plano de Manutenção e FVS - Frequência de Verificação de Serviço

A eficiência de um sistema de drenagem urbana depende não apenas do seu correto dimensionamento, mas também da execução contínua de rotinas de manutenção preventiva e corretiva. Em áreas urbanas adensadas, como a Rua Bancário Sérgio Guerra, a ausência de manutenção sistemática contribui para a redução da seção útil das tubulações, o entupimento de bocas de lobo, o assoreamento das galerias e, consequentemente, o aumento da probabilidade de alagamentos durante eventos intensos de precipitação.

Conforme estabelecem o Manual de Drenagem Urbana do Ministério das Cidades (2015), às normas DNIT 007/2003, DNIT 010/2006 e a ABNT NBR 12211/1992 - Sistemas de Drenagem Urbana, a manutenção periódica deve ser tratada como parte integrante do ciclo de vida da infraestrutura pluvial. Dessa forma, a definição da Frequência de Verificação de Serviço (FVS) torna-se essencial para garantir que os dispositivos funcionem dentro de sua capacidade de projeto, evitando falhas operacionais e reduzindo custos futuros de intervenção.

A FVS representa o intervalo mínimo recomendado para inspeção, limpeza e monitoramento dos componentes da rede de drenagem, incluindo bocas de lobo, poços de visita, sarjetas, grelhas, galerias tubulares e a bacia de retenção proposta neste estudo. Sua adoção sistemática permite antecipar problemas, identificar focos de obstrução e planejar ações de conservação de forma eficiente.

A Tabela 5 apresenta a FVS definida para cada tipo de serviço, alinhada às diretrizes

técnicas e às necessidades específicas da área de estudo.

Tabela 5 - Frequência de Verificação de Serviço (FVS) para Manutenção da Rede de Drenagem

Serviço de Manutenção	FVS – Frequência Recomendada	Base Normativa / Referência Técnica
Limpeza de bocas de lobo	A cada 90 dias	DNIT 010/2006 – Serviços de Drenagem
Limpeza de sarjetas	A cada 90 dias	DNIT 007/2003 – Conservação Rodoviária
Inspeção de poços de visita (PVs)	Semestral (a cada 6 meses)	DNIT 010/2006
Desassoreamento das galerias	Anual	Manual de Drenagem Urbana – Ministério das Cidades (2015)
Inspeção geral antes do período chuvoso	Março	Manual de Drenagem Urbana (2015)
Inspeção geral após o período chuvoso	Agosto	Manual de Drenagem Urbana (2015)
Inspeção após eventos extremos	Imediata (0–2 dias)	ABNT NBR 12211 – Sistemas de Drenagem
Inspeção da bacia de detenção	Mensal	Manual de Drenagem Urbana (2015), Cap. 8

Fonte: DNIT (2003; 2006), Manual de Drenagem Urbana (2015) e ABNT NBR 12211.

A adoção das rotinas apresentadas na Tabela 5 reduz significativamente a probabilidade de colapso hidráulico durante eventos extremos, pois garante que os dispositivos de drenagem permaneçam operando dentro dos parâmetros de projeto. A limpeza periódica das bocas de lobo, o desassoreamento das galerias e a inspeção sistemática dos poços de visita aumentam a eficiência de captação, reduzem perdas de carga por obstruções e evitam o acúmulo de resíduos sólidos que comprometem a seção útil de escoamento. Dessa forma, o sistema como um todo passa a responder melhor às variações de intensidade pluviométrica, reduzindo a frequência e a magnitude dos alagamentos observados na área de estudo.

Além disso, a incorporação desse plano de manutenção ao planejamento municipal é essencial para assegurar continuidade e padronização das ações. Em municípios litorâneos como João Pessoa, onde a quadra chuvosa ocorre entre abril e julho, a preparação antecipada das redes pluviais se torna um fator determinante para a prevenção de transtornos urbanos. A realização de inspeções preventivas antes desse período permite identificar infiltrações, rupturas estruturais, acúmulos localizados de sedimentos e falhas de conexão entre dispositivos, possibilitando intervenções corretivas antes da ocorrência de eventos críticos.

A implementação sistemática da FVS promove ainda um ciclo de conservação mais eficiente, reduzindo custos públicos com ações emergenciais, que geralmente demandam intervenções rápidas, onerosas e com maior impacto no tráfego urbano. Ao priorizar a manutenção preventiva, o município aumenta a vida útil da infraestrutura existente, diminui o desgaste prematuro dos materiais e reduz o risco de colapsos locais de galerias, erosões em sarjetas e comprometimento de pavimentos.

Portanto, a aplicação rigorosa da Frequência de Verificação de Serviço não apenas garante a segurança operacional dos dispositivos de drenagem, mas também contribui diretamente para a mobilidade urbana, ao evitar interrupções viárias e garantir o rápido escoamento superficial. Ademais, fortalece a proteção ao patrimônio público e privado, reduzindo danos a edificações, estabelecimentos comerciais e veículos, além de minimizar os impactos sociais associados às inundações, como perdas materiais, riscos sanitários e transtornos à população local. Assim, o plano de manutenção torna-se um componente estratégico para a resiliência urbana e para o bom desempenho do sistema pluvial ao longo de toda a sua vida útil.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo avaliar a eficiência da rede de drenagem pluvial existente na Rua Bancário Sérgio Guerra, localizada no Bairro dos Bancários, em João Pessoa – PB, por meio de uma análise integrada dos aspectos hidrológicos, topográficos e das condições observadas em campo. A motivação do estudo decorreu da recorrência de alagamentos registrados na via durante eventos de precipitação intensa, os quais impactam diretamente a mobilidade urbana, a segurança viária e a qualidade de vida da população local.

A partir da delimitação da bacia de contribuição e da caracterização fisiográfica da área, verificou-se que a região apresenta relevo predominantemente plano, elevada taxa de impermeabilização e ausência de dispositivos de controle de vazão de caráter sustentável. Esses fatores condicionam uma resposta hidrológica rápida, com aumento significativo do escoamento superficial e redução da capacidade natural de infiltração, sobrecarregando a rede de drenagem existente.

A análise da declividade longitudinal ao longo do estaqueamento evidenciou trechos praticamente planos e setores com contra declividade, os quais dificultam o escoamento gravitacional das águas pluviais. Associado a isso, a aplicação do Método Racional demonstrou o aumento progressivo das vazões de projeto ao longo da via, em função do acréscimo acumulado das áreas contribuintes. Esse comportamento ficou mais evidente nos trechos a jusante, especialmente entre as estacas E4 e E7, identificados como os pontos mais críticos do sistema.

O levantamento de campo confirmou as limitações apontadas pelas análises hidrológicas e topográficas, evidenciando dispositivos de drenagem com redução da seção útil, presença de resíduos sólidos, assoreamento, obstruções em bocas de lobo e danos estruturais em grelhas e tampas de galerias. A indisponibilidade de informações técnicas oficiais, como plantas cadastrais, diâmetros das tubulações e cotas de assentamento, impossibilitou a realização de uma análise hidráulica detalhada das galerias, configurando uma fragilidade na gestão da drenagem urbana local.

Mesmo diante dessa limitação, a integração entre os cálculos hidrológicos, a análise da declividade, a avaliação das áreas de contribuição e os registros empíricos de alagamento permitiu identificar, de forma consistente, os principais fatores responsáveis pela recorrência dos problemas observados. Os registros fotográficos e reportagens jornalísticas

analisadas corroboram os resultados obtidos, demonstrando que os alagamentos na Rua Bancário Sérgio Guerra não constituem eventos isolados, mas sim consequências diretas da interação entre fatores topográficos, hidrológicos e estruturais.

Dessa forma, conclui-se que a rede de drenagem pluvial existente opera de maneira insuficiente frente às vazões geradas por eventos de precipitação intensa, especialmente em função da baixa declividade longitudinal, do acúmulo progressivo de vazões e da deficiência dos dispositivos de captação e condução. O estudo evidencia a necessidade de intervenções prioritárias nos trechos mais críticos, bem como a importância da adoção de políticas de manutenção preventiva e de planejamento integrado da drenagem urbana.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros aprofundem a análise hidráulica do sistema, a partir da obtenção de dados técnicos detalhados das galerias existentes, além da avaliação da viabilidade de soluções estruturais e sustentáveis, como reservatórios de retenção, pavimentos permeáveis e dispositivos de infiltração. Tais medidas são fundamentais para a mitigação dos alagamentos recorrentes e para a promoção de um sistema de drenagem urbana mais eficiente, resiliente e compatível com o crescimento urbano do Bairro dos Bancários.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Manual de drenagem urbana**. Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/112638?guid=1770681600773&returnUrl=%2Fsophia_web%2FHome%2FIndex. Acesso em: 10 jan. 2026.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Norma de Referência nº 12, de 2025**. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2025/245>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- ARAGÃO, R.; *et al.* Equações de intensidade-duração-frequência (IDF) para o Estado da Paraíba, Brasil, e regionalização de seus parâmetros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.28, n.10, p. 1-11, fev./jun. 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4CbSdYdybNqLrHbSpyBJhg/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. de O.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.
- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 8 jan. 2007.
- CAMPOS, Rodrigo José; BRANCO, Priscila. OCUPAÇÃO DESORDENADA DOS ESPAÇOS URBANOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS. **Revista Thêma et Scientia**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 216-227, jul./dez., 2021. Disponível em: <https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/RTES/article/download/1391/1362>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- DENARDIN, J. E.; FREITAS, P. L. **Chuvas intensas no Brasil**: relações intensidade-duração-frequência. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1982.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de drenagem rodoviária**. Brasília, 2010.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Urban Drainage Design Manual (HEC-22)**. Washington, 2013.

GUTIERREZ, L. A. R.; CARPES, A. R. Drenagem urbana sustentável: conceitos e aplicações. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 1–12, 2017. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3864/1/Guia_Tecnicas_sustentaveis_drenagem_urbana.pdf Acesso em: 15 dez. 2025.

G1 PARAÍBA. **Chuvas fortes provocam pontos de alagamento em João Pessoa nesta quinta-feira (5)**. João Pessoa, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2022/05/05/chuvas-fortes-provocam-pontos-de-alagamento-em-joao-pessoa-nesta-quinta-feira-5.ghtml>. Acesso em: 15 dez. 2025.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas e florestais**. Lavras: UFLA, 2013.

PORTO, R. L. L. Escoamento superficial direto. *In*: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009. p. 107-165.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades,

2005. TUCCI, C. E. M. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016.

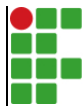
TUCCI, C. E. M. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Urban Drainage Design Manual (HEC-22)**. 4 ed. Federal Highway Administration, Washington, 2013. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/hif24006.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2026.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Stormwater management best practices**. Washington, D.C., 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/npdes/national-menu-best-management-practices-bmps-stormwater> Acesso em: 20 jan. 2026.

WORLD BANK. Cities and Flooding: **A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management**. Washington, 2012. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/725851468170946234/pdf/667990PUB0Box30d0Flooding0Guidebook.pdf> Acesso em: 15 dez. 2025.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Samuel Melo
Tipo do Documento:	Tese
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Samuel Junior Pereira de Melo, DISCENTE (202112220008) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - JOÃO PESSOA, em 07/08/2026 17:19:23.

Este documento foi armazenado no SUAP em 07/08/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1941808

Código de Autenticação: d6db2bc368

