

Proposta de medidas de controle na drenagem urbana do bairro Santa Cecília, em Cajazeiras – PB

Proposed control measures in the urban drainage of the bairro Santa Cecília, in Cajazeiras – PB

- **Data de entrada:**
25/01/2022
- **Data de aprovação:**
16/02/2023

Luan Alves Furtado^{1*} | Alda Viana Duarte² | Cícero Joelson Vieira Silva² | Daniela Passos de Almeida Tavares³ | Karen Tayna Fernandes de Almeida Nóbrega²

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.006>

ORCID ID

Furtado LA  <https://orcid.org/0000-0002-8390-5344>

Duarte AV  <https://orcid.org/0000-0001-5708-9198>

Silva CJV  <https://orcid.org/0000-0001-5848-6339>

Tavares DPA  <https://orcid.org/0000-0001-8518-3288>

Nóbrega KTFA  <https://orcid.org/0000-0001-5848-6339>

Resumo

A expansão urbana tem provocado profundas mudanças no meio ambiente, afetando negativamente características como a permeabilidade dos solos e o escoamento natural de águas precipitadas. A ausência de políticas públicas e de sistemas de manejo pluvial configura um dos principais problemas identificados nos centros urbanos brasileiros. Dentro do contexto de precariedade dos mecanismos de gestão da drenagem urbana na cidade de Cajazeiras-PB, temos como área de estudo o bairro Santa Cecília. O presente artigo apresenta propostas de medidas estruturais e não estruturais para promover a drenagem na área do bairro, por meio de um sistema hidráulico de galerias e aplicação de técnicas compensatórias como medida de gestão pluvial sustentável. Foi empregada como metodologia de dimensionamento hidráulico a sistematização de galerias, que utiliza, em detrimento do método racional, o cálculo de velocidade e lâmina d'água para monitoramento da economicidade de cada trecho. Constatou-se durante o estudo a inexistência de plano diretor de drenagem urbana no município, sendo o controle de drenagem baseado na empregabilidade de medidas paliativas em nível local. Também foi possível concluir a insuficiência de dispositivos de drenagem, bem como precariedade das redes atualmente em uso. Concluiu-se, ao final do estudo, que 95,91% do sistema seria composto por galerias de microdrenagem e apenas 4,09% da rede teria diâmetros de macrodrenagem. Além disso, 46,09% da rede seria composta pelo menor diâmetro admissível para drenagem urbana, correspondente a 400 mm. Foram propostas medidas de controle da drenagem como a interligação de rede a canais já existentes e adoção de técnicas compensatórias como bacias de infiltração. Como sugestão para a garantia de funcionamento pleno do sistema, sugeriu-se o incentivo à adoção de medidas de controle na fonte.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Planejamento urbano. Projeto.

Abstract

Urban expansion has caused profound changes in the environment, negatively affecting characteristics such as the permeability of soils and the natural runoff of precipitated water. The absence of public policies and rainfall manage-

¹ Universidade Federal de Pernambuco - Campus Recife - Recife - Pernambuco - Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras - Cajazeiras - Paraíba - Brasil.

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Princesa Isabel - Princesa Isabel - Paraíba - Brasil.

* **Autor correspondente:** luan.furtado@ufpe.br.

ment systems are one of the main problems identified in Brazilian urban centers. Within the context of precariousness of urban drainage management mechanisms in the city of Cajazeiras-PB, we have the Santa Cecília neighborhood as a study area. This article presents proposals for structural and non-structural measures to promote drainage in the neighborhood area, through a hydraulic system of galleries and application of compensatory techniques as a measure of sustainable rainfall management. The systematization of galleries was used as a hydraulic dimensioning methodology, which uses, instead of the rational method, the calculation of speed and water depth to monitor the economy of each section. It was verified during the study the inexistence of a master plan for urban drainage in the city, being the drainage control based on the employability of palliative measures at the local level. It was also possible to conclude the insufficiency of drainage devices, as well as the precariousness of the networks currently in use. It was concluded, at the end of the study, that 95.91% of the system would be composed of micro-drainage galleries and only 4.09% of the network would have macro-drainage diameters, in addition, 46.09% of the network would be composed of the smallest admissible diameter for urban drainage, corresponding to 400 mm. Drainage control measures were proposed, such as the interconnection of the network to existing channels and the adoption of compensatory techniques such as infiltration basins. As a suggestion to guarantee the system's full functioning, it was suggested to encourage the adoption of control measures at source.

Keywords: Urban drainage. Urban planning. Project.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por conforto e bem-estar social, características que marcam a evolução humana, desencadeou inúmeros processos e inovações que se estenderam aos ambientes urbanos. A descoberta e a aplicação de materiais resistentes e duráveis têm favorecido a expansão das áreas urbanizadas, criando grandes extensões impermeáveis que alteram profundamente o meio ambiente e seus aspectos naturais.

No Brasil, o surgimento das grandes cidades incidiu sobre o aumento das migrações, criando um dos elos mais importantes entre as profundas mudanças estruturais e a expansão urbana. No entanto, a intensidade do processo de urbanização e o aumento dos custos de vida decorrentes dele forçaram a população marginalizada a ocupar as periferias urbanas em um processo contínuo e irregular, que teve como consequência o aumento de problemas de ordem ambiental e social (BRITO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

A promulgação da Constituição Federal de 1988 constitui-se como um novo marco e premissa que reenquadra as práticas de planejamento urbano; nela, o instrumento do plano diretor passa a ter uma nova lógica de elaboração, norteador pelas possibilidades de democratização do planejamento e pelo horizonte de inclusão social (BRASIL et al., 2010).

Em um contexto histórico mais recente, a ferramenta legal de instituição do saneamento no país foi aprovada na Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, tendo como princípio fundamental a universalização do seu acesso (BRASIL, 2007).

Entretanto, mesmo diante do surgimento de mecanismos legais, a inadequada gestão governamental, a precariedade e a ineficiência dos projetos de saneamento, o crescimento urbano irrefreável e a exiguidade de processos sustentáveis são fatores preponderantes que perduram até os dias atuais. Dentro desse contexto, a dre-

nagem urbana, constituída como uma das vertentes do saneamento básico no Brasil, enfrenta resistência para a sua implementação. Segundo Villanueva et al. (2011), “a longo prazo, o impacto do escoamento pluvial em um ambiente natural ou construído, depende muito da forma como as questões de gestão das águas pluviais são conduzidas, no sentido de integrá-las no processo global de planejamento urbano”.

Nesse sentido, Souza et al. (2012) apontam como fragilidades da gestão da drenagem urbana no país a administração em nível municipal e federal, inadequação das legislações de uso e ocupação dos solos, bem como a ausência de licenciamento ambiental. Ainda atribui à limitação profissional a marginalização dos serviços de drenagem, uma vez que são razão para o despreparo na gestão que tem como consequência as falhas em projetos, demandas no setor e investimentos sem sustentabilidade.

Para Canholi (2014), a aleatoriedade e a escassez de fenômenos hidrológicos de grande porte, característica recorrente do semiárido nordestino, tem forte influência sobre as restrições para a implementação de projetos de drenagem. Tal fator implica na exclusão do manejo pluvial das prioridades de investimentos públicos municipais, dada sua solicitação não permanente.

Botelho (1998) afirma que o mais adequado seria que o projeto urbanístico fosse planejado de forma a atender às características topográficas e geográficas de uma área. Nesse sentido, as obras de drenagem urbana representam uma ferramenta indispensável na integração entre o sistema urbanístico e o meio ambiente, atuando como um mecanismo artificial para compensar os impactos da impermeabilização do solo e da mudança na configuração natural desses ambientes. Quando a compatibilização entre as cidades e o meio ambiente não ocorre, há uma série de consequências danosas, tanto para os

indivíduos como para o meio ambiente, assim como altos custos com obras de recuperação.

Diante do exposto, o presente trabalho se propõe a desenvolver um estudo sobre o atual cenário da drenagem urbana no país, dentro do contexto histórico e legislativo, bem como analisar os aspectos da gestão das águas de chuva no bairro Santa Cecília, localizado na cidade de Cajazeiras - PB; dimensionar um sistema de controle da drenagem para o bairro; realizar estudo de viabilidade técnica e propor medidas baseadas em técnicas de compensação para os volumes captados na rede, a fim de garantir melhores condições de infraestrutura básica para os habitantes locais.

2 OBJETIVOS

Propor um sistema de drenagem para o bairro Santa Cecília, localizado na cidade de Cajazeiras-PB.

2.1 Objetivos específicos

- Realização de diagnóstico do sistema de drenagem de águas pluviais no bairro Santa Cecília;
- Realização de dimensionamento hidráulico de Sistema de Drenagem Urbana para o bairro;
- Proposição de medidas de controle paliativo na drenagem urbana do bairro, como técnicas de compensação, controle na fonte e à jusante.

3 METODOLOGIA

A cidade de Cajazeiras localiza-se na mesorregião do Sertão da Paraíba (06° 53'S), a 468 km da capital do estado, João Pessoa. O município possui uma área territorial de 562,703 km², uma população estimada em 62.576 habitantes, para o ano de 2021, e densidade demográfica de 103,28 hab/km². De acordo com a classificação Koppen, o clima local é caracterizado como semiárido quente, tempera-

tura média de 25,9°C, com índices pluviométricos baixos durante o inverno, atingindo pluviometria média anual de 957 mm (IBGE, 2021).

O bairro Santa Cecília (Fig. 1), foco deste estudo, localiza-se na região leste do município de Cajazeiras, possui uma área de aproximadamente 0,35 km², ocupada preponderantemente por lotes residenciais, abrigando também um dos ce-

mitérios públicos da cidade. O bairro apresenta uma infraestrutura urbana difusa, precariedade dos serviços de manejo de águas pluviais e problemas de drenagem superficial que reduzem a continuidade das vias urbanas e comprometem a qualidade de vida da população local, gerando transtornos substanciais durante eventos de pico, em períodos de chuva.



Figura 1 - Localização do bairro Santa Cecília.

A Fig. 2 elenca as principais etapas da sistematização para elaboração de projeto de drenagem urbana, segundo a metodologia proposta por Menezes Filho (2007), de acordo com o objetivo central do presente trabalho.

O presente estudo foi dividido em diferentes etapas, sendo a primeira delas um levantamento bibliográfico, cujo objetivo foi reunir um arcabouço teórico e científico para a concepção do projeto de drenagem. O levantamento de informações técnicas, por sua vez, foi dividido em outras duas etapas distintas, sendo a etapa primária o levantamento de dados in loco, com o objetivo de caracterizar a infraestrutura do bairro e sua rede de drenagem, e a etapa se-

cundária caracterizada pelo levantamento de informações técnicas por meio da prefeitura e secretaria de obras do município, com finalidade semelhante à etapa primária.

Mediante a composição do acervo técnico e científico, foram executados o dimensionamento das redes de drenagem do bairro e o detalhamento dos dispositivos de manejo pluvial. Nessa etapa, foram obedecidas as recomendações da NBR 10844/89: Instalações de águas pluviais, bem como as orientações de manuais de drenagem. Concluído o dimensionamento das galerias e dispositivos de drenagem, foram elaborados os detalhamentos com a aplicação de software reconhecido no mercado.

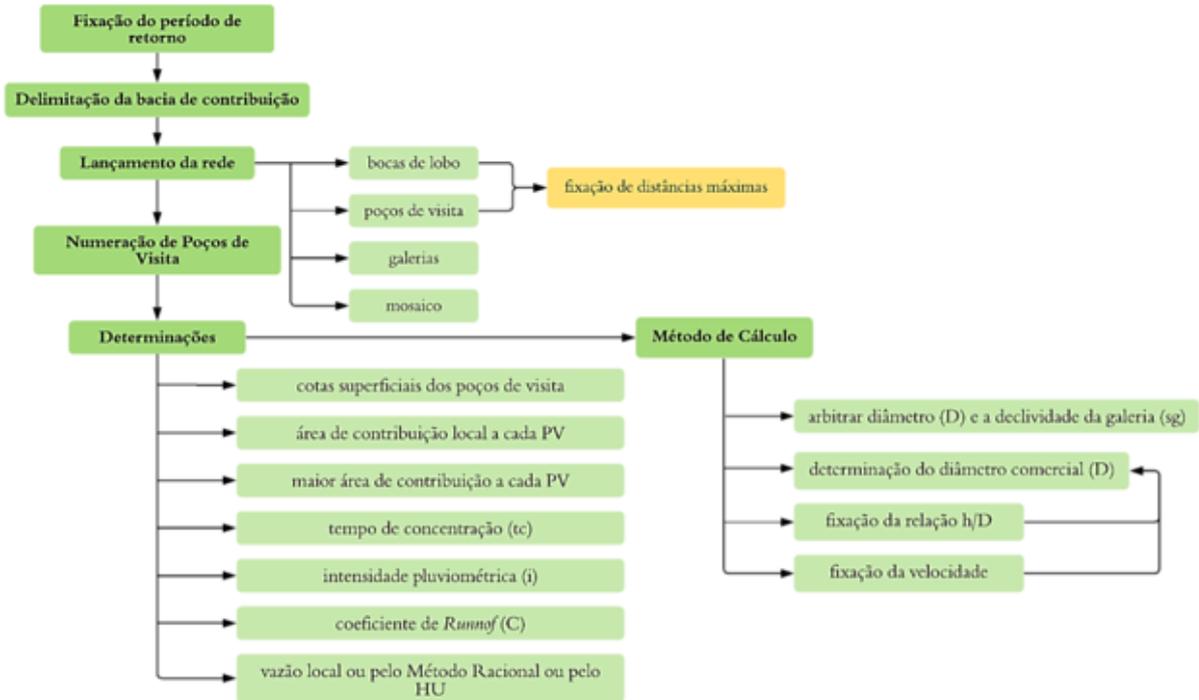


Figura 2 - Fluxograma para dimensionamento.

3.1 Dimensionamento do sistema de macrodrenagem

A etapa inicial para elaboração do projeto de drenagem pluvial foi composta pela fixação do período de retorno (T_r) de 10 anos — em função do tipo de ocupação do solo (Tabela 1) — duração de precipitação (t) de 5 minutos, obtendo-se intensidade pluviométrica (i) em mm/h pela Eq. 1.

Tabela 1 - Períodos de retorno (T) em função do tipo de ocupação da área.

Tipo de obra	Tipo de ocupação de área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2-5
Macrodrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
	Áreas comerciais e residenciais	50-100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE-CETESB (1980).

$$i = \frac{859,01T^{0,264}}{(t + 11)^{0,7508}} \quad (1)$$

De posse das informações de intensidade pluviométrica, adotando o coeficiente de *Runoff* (C) como 0,75 — esse coeficiente de escoamento pode ser determinado com base na precipitação, tipo de solo e impermeabilização do solo (Tabela 2) — e as áreas de contribuição (A) delimitadas para cada boca de lobo, foram determinadas as vazões de contribuição (Q) para cada poço de visita (PV), conforme Eq. 2.

Tabela 4 - Valores de Coeficientes para algumas superfícies.

Tipo de superfície	Valor médio	C_i
Cimento e asfalto	0,95	0,90 - 0,95
Paralelepípedo	0,60	0,58 - 0,81
Blockets	0,78	0,70 - 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,05
Solo compactado	0,66	0,59 - 0,79

Fonte: DAEE-CETESB (1980).

$$Q = C \times i \times A \quad (2)$$

Embora as galerias pluviais naturalmente não funcionem sob pressão, apenas pela ação da gravidade, Tomaz (2010) aponta que, no Brasil, os condutos são projetados considerando seção plena. Deste modo, o diâmetro das galerias foi obtido mediante a aplicação da Eq. 3.

$$Q = V \times A \therefore Q = V \times \frac{\pi \cdot D^2}{4} \therefore D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (3)$$

Obtido o valor de diâmetro, é possível determinar as profundidades de assentamento das galerias à montante e jusante por meio das Eq. 4 e 5, respectivamente. Durante esta etapa são considerados os valores de cota de profundidade destes elementos e o mínimo cobrimento necessário à circulação de veículos sobre o aterro compactado sem que haja danos à tubulação para trechos de rede na parte montante.

$$\text{Prof.da galeria}_m = C_m(PV) - C_{im}(\text{Galeria}) \quad (4)$$

$$\text{Prof.da galeria}_j = C_j(PV) - C_{ij}(\text{Galeria}) \quad (5)$$

3.2 Dimensionamento do sistema de microdrenagem

A sarjeta adotada para o presente projeto é do tipo triangular. O seu dimensionamento foi realizado mediante a aplicação da Eq. 6 e considerou a situação mais crítica entre os trechos locais do projeto, com a maior vazão de contribuição local.

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{\eta}\right) \times S^{0,5} \times y^{8/3} \quad (m^3/s) \quad (6)$$

Onde Q corresponde à descarga teórica, Z equivale ao inverso da declividade transversal, cujo valor adotado neste estudo corresponde a 10.

Já o coeficiente η corresponde à rugosidade de Manning, cujo valor adotado foi de 0,012, considerando uma sarjeta em concreto bem acabado. Por sua vez, a declividade longitudinal S é tomada em função do trecho crítico considerado no estudo e y equivale à lâmina d'água.

De modo preponderante, as inclinações do terreno possuem declividades inferiores a 5% e a declividade média que o terreno apresentou foi de 2,3%. Deste modo, optou-se pela adoção de bocas de lobo do tipo simples, sem depressão.

O dimensionamento das bocas de lobo considerou a situação mais crítica, localizada entre nos trechos admitidos para o dimensionamento de sarjetas, utilizando a Eq. 7.

$$Q = 1,6 \times L \times y^{1,5} \quad (m^3/s) \quad (7)$$

Onde Q corresponde à vazão de engolimento, L ao comprimento de soleira e y a lâmina d'água próxima a abertura de guia.

4 RESULTADOS ANÁLISE DIAGNÓSTICA

Após consulta realizada na prefeitura municipal de Cajazeiras, não foram identificados leis, planos ou projetos de drenagem para a cidade e, conseqüentemente, para o bairro Santa Cecília. Segundo informações levantadas, as soluções admitidas para os pontos de alagamento na cidade (Fig. 3) são medidas localizadas para mitigação dos impactos decorrentes dos picos de vazão pluviométrica, e costumam ser implantadas mediante a observação, pela prefeitura, de alguma deficiência do escoamento superficial após a ocorrência de eventos chuvosos.



Figura 3 - Alagamento na Rua Protázio de Souza Lima.

Fonte: Acervo do autor, 2021.

Realizada a análise *in situ* em detrimento do sistema dimensionado, tornou-se evidente a insuficiência de mecanismos de drenagem para o

bairro. Foram identificados, na área, os dispositivos conforme na Tabela 3.

Tabela 3 - Dispositivos de drenagem localizados no bairro Santa Cecília.

Localização	Boca de lobo	Extensão do trecho (m)	Número
Rua Santa Cecília	Simple	478	2
Rua Comandante Vital Rolim	Simple	240	8
Rua Protázio de Souza Lima	Simple	1010	4
Rua Antônio Fernandes da Silva	Simple, grelha	1092	4
Quantidade total			18

De modo geral, grande parte das vias com calçamento, no lado oeste do bairro, não apresenta sarjetas nem o abaulamento das vias, o que compromete o escoamento de águas de chuva adequadamente aos sistemas de drenagem.

Os dispositivos identificados na região apresentam-se precários devido à ausência de manutenção local; grande parte das caixas que compõem as bocas de lobo não possuem tampa (Fig. 4). Outros dispositivos estão posicionados em locais sem infraestrutura adequada das vias, onde se percebe, além do nível elevado da boca de lobo em relação à faixa de rolamento, a possibilidade

de carreamento de solo e detritos da via para o interior do sistema de drenagem ali presente. Tal fato ressalta a importância da integração entre os diferentes dispositivos de drenagem a uma infraestrutura urbana adequada das vias e à gestão de resíduos sólidos municipais.

Nesse contexto, quando comparados os dados de diagnóstico apresentados na Tabela 3 ao dimensionamento realizado neste estudo, elencado na Tabela 4, observa-se a grande disparidade entre o sistema real e o sistema ideal ao manejo de águas pluviais, desenvolvido para a área de estudo.



Figura 4 - Caixa de boca de lobo sem tampa.

Fonte: Acervo do autor, 2021.

Tabela 4 - Dispositivos de drenagem dimensionados para o bairro Santa Cecília.

Localização	Boca de lobo	Extensão do trecho (m)	Número
Rua Santa Cecília	Simples	478	16
Rua Comandante Vital Rolim	Simples	240	5
Rua Protázio de Souza Lima	Simples	1010	20
Rua Antônio Fernandes da Silva	Simples	1092	25
Quantidade total			66

O posicionamento de um maior número de bocas de lobo na rua Comandante Vital Rolim no sistema atual, em detrimento do dimensionado, pode ser justificado como uma medida para compensação da ausência de dispositivos de coleta a montante do trecho. Já a área leste do bairro, conforme constatou-se ao longo das visitas de campo, encontra-se em processo de urbanização, não estando ocupados os lotes em sua totalidade. Isso indica a possibilidade de implantação do projeto de drenagem no bairro sem grandes impactos financeiros decorrentes da remoção de infraestruturas preexistentes na área como se aplicaria ao lado oeste, cuja pavimentação já se encontra executada.

4.1 Verificação do dimensionamento da macro e microdrenagem

o posicionamento das bocas de lobo seguiu, para a maioria dos trechos, o duplo posicionamento, dispondo um dispositivo em cada lado da via. Foram previstas ligações entre as bocas de lobo e direcionamento do volume captado ao poço de visita mais próximo. É válido salientar que as redes foram distribuídas em sete sistemas individualizados devido à impossibilidade de conexão entre essas redes (Leste 01, Leste 02, Leste 03, Centro 01, Centro 02, Oeste 01 e Oeste 02).

Procedendo à análise dos dados, no processo de dimensionamento, o valor de lâmina d'água (h/D)

deve estar contido em um intervalo entre 0,10 e 0,85 para diminuir os efeitos de remanso e evitar sobrepensões devidas à sobrecarga de rede, enquanto a velocidade (v) deve atender um intervalo de valor superior a 0,75 m/s, para garantir o carreamento de sólidos, e inferior a 5 metros por segundo, evitando o desgaste excessivo da rede por processo abrasivo. Diante da não observância do respeito aos limites de h/D e v , para alguns trechos de rede no projeto, a metodologia de correção adotada neste estudo baseou-se no aumento sistemático do diâmetro comercial para valor superior ligeiramente mais próximo.

Nesse contexto, diante da análise dos PV's 28 e 99 observou-se o não atendimento ao máximo valor de velocidade correspondente a 5 m/s,

mesmo diante do aumento de diâmetro de rede no trecho a jusante. Como solução prática, admitiram-se escadas hidráulicas nos respectivos poços de visita. A medida tem por objetivo reduzir a energia hidráulica e manter a velocidade dentro do padrão aceitável, de modo a garantir a autolimpeza das tubulações.

Mediante o processo de correção dos trechos que apresentaram valores fora do intervalo mínimo considerado dos parâmetros destacados, os diâmetros comerciais obtidos para o sistema de drenagem do bairro atingiram valores comerciais entre 400 mm e 1.000 mm, considerados microdrenagem, indo até 1.200 mm, considerado macrodrenagem, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5 - Número de trechos e extensão total em função dos diâmetros.

Diâmetro comercial	Número de trechos	Extensão (m)	% Em relação ao comprimento de rede total
400	52	2751,67	46,09
500	29	1479,59	24,79
600	14	744,13	12,46
800	8	483,25	8,10
1000	5	266,87	4,47
1200	7	244,24	4,09
Extensão total de rede (m)		5969,75	100%

4.2 Verificação do dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem e escada hidráulica

O dimensionamento da microdrenagem, composta essencialmente de sarjetas e bocas de lobo, considerou a situação mais adversa e o trecho mais crítico para cada um dos casos em específico, considerando características como a capacidade de descarga, posicionamento das sarjetas e quantidade de bocas de lobo na área drenada. Deste modo, o valor crítico de vazão identificado, considerado para o dimensionamento das sarjetas, corresponde ao volume captado pelo trecho PV97 - CP4, com área lo-

cal de drenagem 5.998,68 m², convergindo um volume total de 0,262 m³/s, dividida para apenas um trecho, no sentido longitudinal da via. Assim, a vazão crítica considerada corresponde a 50% do volume captado pela área A97, tendo sido obtidos os valores conforme observa-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados e resultados do dimensionamento de sarjetas.

Q (m ³ /s)	Z	H	S	y (m)	Larg (m)
0,131	10	0,012	0,085	0,086	0,9

As bocas de lobo consideraram o mesmo trecho do dimensionamento das sarjetas, tendo o volume sido dividido pela quantidade de bocas de lobo previstas para o local, estando estas conectadas em série. Os resultados obtidos para o dimensionamento das bocas de lobo podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados e resultados do dimensionamento das bocas de lobo.

Q (m ³ /s)	y (m)	L (m)	Qeng (m ³ /s)	h (m)
0,044	0,086	1,20	0,048	0,15

Adotou-se a altura da abertura da boca de lobo equivalente a 15 cm e comprimento de soleira de 1,2 metros, replicando as mesmas condições para os demais dispositivos do bairro.

Por fim, foram previstas escadas hidráulicas em fins de rede com o objetivo de redução das velocidades, bem como da possibilidade de carregamento de partículas do solo que possam assorear a área da bacia de retenção, destinada ao recebimento do efluente pluvial. Os pontos de implantação bem como as dimensões obtidas podem ser verificadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados e resultados do dimensionamento de escadas hidráulicas.

Localização	B (m)	h' (m)	Ld (m)	b (unid.)
PV39	2,40	0,30	0,30	4
PV57	0,80	0,25	0,25	4
PV62	0,60	0,25	0,25	4

Onde B corresponde à largura da escada hidráulica, h' e Ld tratam-se da altura e largura dos degraus, respectivamente, e b corresponde à quantidade de degraus necessários par cada escada hidráulica.

4.3 Medidas de controle no manejo das águas pluviais

foram admitidas soluções estruturais intensivas de controle da drenagem por meio da proposta de implantação de bacias de infiltração das águas pluviais, tanto na região leste do bairro Santa Cecília como na área central. As demais redes, cujo volume não segue para as estruturas supracitadas, deverão se integrar aos sistemas de drenagem dos bairros vizinhos, por meio dos poços de visita e galerias pluviais, devendo o volume total captado por elas ser considerado durante o dimensionamento hidráulico para implantação ou ampliação de rede.

Para o cemitério municipal foi considerada uma área permeável de 8.950,04 m² destinada à infiltração natural das águas precipitadas; este valor corresponde a aproximadamente 35% da área total do local e foi nomeada como área verde 1 (AV1). Tal medida tem por objetivo garantir a conservação de áreas permeáveis naturais dentro do cemitério. Nesse contexto, para a área verde 2 (AV2) propõe-se a implantação de uma bacia de infiltração, a fim de armazenar o volume captado pelo sistema, contribuindo com a infiltração natural das águas captadas à montante pelas redes Centro 01 e Centro 02.

Já para a área verde 3 (AV3) propõe-se o rebaixamento do terreno e implantação de uma bacia de retenção com possível implementação de extravasor como medida de segurança em eventos hidrológicos críticos; a medida tem por finalidade armazenar e infiltrar o volume captado pela rede Leste 01. De modo análogo, as redes Leste 02 e Leste 03 convergem seu volume para bacias de infiltração, cuja implantação deverá se localizar próxima à região de descarga.

5 CONCLUSÕES

Por meio do diagnóstico realizado, observa-se que os aspectos preponderantes referentes ao manejo de águas pluviais do bairro, como a presença de dispositivos de drenagem e de galerias pluviais, mostram-se insuficientes se comparados ao dimensionamento hidráulico realizado durante este estudo.

Verifica-se que a inexistência de projetos de drenagem do setor, bem como do registro formal dos mecanismos em uso, esclarece os problemas enfrentados pela população local, como alagamento das vias durante eventos chuvosos. A falta de planejamento e gestão dos mecanismos de coleta e transporte da água durante as chuvas dificulta quaisquer ações efetivas para solução dos problemas identificados na área.

A alteração dos diâmetros em função da correção da lâmina d'água e velocidade se respalda no pleno funcionamento do sistema durante eventos de pico, foco do presente estudo. Mesmo diante do provável aumento do custo financeiro que a adoção desta técnica possa representar, é possível observar que tal metodologia não resultou em incrementos acentuados no comprimento de rede para diâmetros superiores a 1.000 mm, onde o sistema de galerias deixa de ter a função de microdrenagem e passa a ser tratado como macrodrenagem.

Observa-se que 95,91% da rede é composta por diâmetros inferiores a 1.200 mm, sendo 48,06% da microdrenagem composta pelo menor diâmetro admissível às galerias em sistemas de drenagem pluvial. Apenas 4,09% da rede representa trechos de macrodrenagem, com diâmetro igual a 1.200 mm. Deste modo, é possível inferir um comportamento natural de aumento de rede em função do aumento do volume captado por cada dispositivo e trecho a montante da descarga final.

É necessário ressaltar a importância que existe entre a compatibilização do sistema a uma infra-

estrutura urbana adequada, de modo a preservar as características de funcionamento da rede compatíveis com o projeto executivo planejado. Deste modo, a implantação de bocas de lobo e sarjetas deverá estar associada às vias com adequado calçamento.

Recomenda-se, além da adoção dos mecanismos de controle citados anteriormente, o incentivo à adoção de medidas de controle locais, como poços de infiltração, telhados verdes, microrreservatórios, bem como a preservação de áreas permeáveis nos lotes residenciais em toda a área do bairro. A adoção de tais técnicas tem por objetivo a redução do pico de vazão, sobrecarga do sistema público de drenagem e aumento da capacidade de transporte da rede de drenagem mediante a redução, em um determinado período, do volume a ser escoado.

6 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos, processo nº 88887.807916/2023-00.

7 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Furtado, L. A.; Duarte, A. V.; **Metodologia:** Furtado, L. A.; **Investigação, Redação, Primeira versão:** Furtado, L. A.; Duarte, A. V.; Nóbrega, K. T. F. A.; **Revisão & Edição:** Furtado, L. A.; Duarte, A. V.; Tavares, D. P. S. A.; **Aquisição de Financiamento, Recursos, Supervisão:** Furtado, L. A.; Silva, C. J. V.; Tavares, D. P. S. A.

8 REFERÊNCIAS

- BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1998.
- BRASIL, F. P. D.; CARNEIRO, R.; TEIXEIRA, L. M. G. **Democracia e inclusão: novos marcos para o planejamento e as políticas ur-**

banas no âmbito local a partir da Constituição Federal de 1988.

Cadernos da Escola do Legislativo, Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, v.12, n.18, p.127-163, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://dspace.almg.gov.br/bitstream/11037/799/3/799.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 5 de jan. de 2007.** Diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 26 jun. 2021.

BRITO, F.; HORTA, C.; AMARAL, E. F. L. A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas. **Open Science Framework Preprints**, [s.l.], v.6, n.6, p.1-13, 1 abr. 2018. Center for Open Science. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31219/osf.io/84b92>. Acesso em: 29 jun. 2021.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Drenagem Urbana: Manual de projeto.** FUGITA, O. (Org.). São Paulo: CETESB, 1980. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/drenagem-urbana-manual-de-projeto-daeecetesb-1980pdf-pdf-free.html>. Acesso em: 10 fev. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de Cajazeiras - PB.** 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cajazeiras/panorama>. Acesso: 22 set. 2021.

MENEZES FILHO, Frederico Carlos Martins de. **Sistematização para projeto de galeria de águas pluviais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007. Orientador: Alfredo Ribeiro da Costa. 2007. 166p.

TOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais.** Guarulhos – SP, 2010. Disponível em: <https://www.pliniotomaz.com/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

SILVA, B. L. A.; OLIVEIRA, I. C. A.; BUENO, L. L. N.; SILVA, T. P.; RODRIGUES, J. C. S.; AMARANTE, M. S. Conjunto de drenagem urbana nas cidades e sua importância na redução de inundações e enchentes. **Revista Pesquisa e Ação**, [s.l.], v.5, n.2, p.205-227, jul. 2019. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/693/730>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SOUZA, F. S.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n.2, p.9-18, maio 2012. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/62/1361c5cc-630781dc57b7a74787e9d9ce_bc8f77c71c3ef1a7b500e0fc3cd3a2679f.pdf. Acesso em: 13 nov. 2021.

VILLANUEVA, A. O. N.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; BEMFICA, D.; TUCCI, C. E. M. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.8, n.1, p.5-18, jan. 2011. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/04/gestadodrenagemrega.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2021.