



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



LUAN ALVES FURTADO

**PROPOSTA DE MEDIDAS DE CONTROLE NA DRENAGEM URBANA DO  
BAIRRO SANTA CECÍLIA, EM CAJAZEIRAS - PB**

Cajazeiras-PB, 2020

LUAN ALVES FURTADO

**PROPOSTA DE MEDIDAS DE CONTROLE NA DRENAGEM URBANA DO  
BAIRRO SANTA CECÍLIA, EM CAJAZEIRAS - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação da Prof.<sup>a</sup> Katharine Taveira de Brito Medeiros.

Cajazeiras-PB, 2020

**IFPB**  
**Campus Cajazeiras**  
**Coordenação de Biblioteca**  
**Biblioteca Prof. Ribamar da Silva**  
**Catálogo na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593**

F992p

Furtado, Luan Alves

Proposta de medidas de controle na drenagem urbana do Bairro Santa Cecília, em Cajazeiras - PB / Luan Alves Furtado; orientadora Katharine Taveira de Brito Medeiros.- 2020.

56 f.: il.

Orientadora: Katharine Taveira de Brito Medeiros.

TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2020.

1. Drenagem urbana 2. Manejo pluvial 3. Técnicas compensatórias. I.  
Título

696.12 (0.067)

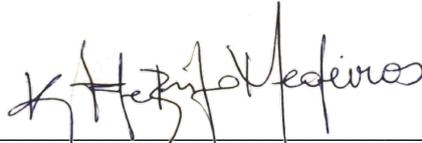
LUAN ALVES FURTADO

**PROPOSTA DE MEDIDAS DE CONTROLE NA DRENAGEM URBANA  
DO BAIRRO SANTA CECÍLIA, EM CAJAZEIRAS - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Engenharia Civil do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,  
como parte dos requisitos para a obtenção do  
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 08 de dezembro de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**



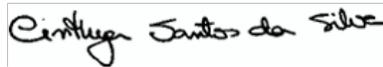
---

Katharine Taveira de Brito Medeiros – IFPB-Campus Cajazeiras  
Orientadora



---

Bruno de Medeiros Souza – IFPB-Campus Cajazeiras  
Examinador



---

Cinthya Santos da Silva – IFPB-Campus Cajazeiras  
Examinadora

Dedico este trabalho a todos os profissionais de visão humanista que enxergam o saneamento urbano como uma ferramenta importante à promoção da igualdade social no país.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas incontáveis bênçãos ao longo de toda a minha vida e por conceder razões diárias para avivar a minha esperança e fé.

Aos meus pais, Edjalma Alves e João Vieira, pelo carinho, afeto, atenção, amor e por romperem as barreiras impostas pela distância física em cada ligação e mensagem ao longo destes anos. Ao meu irmão Francisco Hugdeleyon, por acreditar nos meus sonhos e me acalantar nos momentos de frustração. À Tatiane Furtado, minha cunhada, pelos inúmeros auxílios e pela amizade incondicional.

Ao meu avô Francisco Vieira, por tudo que representa na minha vida e por todas as suas orações que sempre tocaram meu coração. À minha avó, Maria Lia Nunes, exemplo de força, coragem e resiliência.

À Alda Viana e Iasmim Barroso, por todo o apoio, amizade, diálogos, pelo carinho e pelas lembranças inestimáveis que carregarei ao longo de toda minha vida. A Airton Danilo, amigo e parceiro, pela atenção, cuidado, orientação e pelas contribuições de grande valor à minha evolução pessoal e profissional.

Às companheiras de batalha Beatriz Fernandes e Roberta de Sousa pelo apoio, dedicação aos projetos, companheirismo e amizade cultivados ao longo desta jornada. À Damiana Andreia pelas revisões na etapa de dimensionamento hidráulico deste estudo, pelo carinho, atenção, responsabilidade e pela relação de afeto e empatia que desenvolvemos ao longo de nossa vivência acadêmica e pessoal.

À professora Katharine Medeiros, pela confiança e apoio no desenvolvimento deste trabalho, pela leveza com a qual conduziu suas orientações, pelo exemplo de profissionalismo, competência, humanidade e por cada conselho construtivo ao longo de todos esses anos, meus sinceros e inestimáveis agradecimentos.

Aos professores Bruno de Medeiros, Cícero Neto, Cinthya Santos, Laiana Ferreira e Sebastião Simão, grandes profissionais que me inspiram na Engenharia Civil.

Ao IFPB - *Campus Cajazeiras*, pelas inúmeras oportunidades ao longo destes anos e por acreditar na educação pública e de qualidade. À Coordenação de Apoio ao Estudante, por permitir a minha permanência na instituição através das políticas de assistência estudantil.

Por fim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica e o desenvolvimento deste estudo. Gratidão!

“Pensamos demasiadamente e sentimos muito pouco. Necessitamos mais de humildade que de máquinas. Mais de bondade e ternura que de negligência. Sem isso, a vida se tornará violenta e tudo se perderá.”

*(Charles Chaplin)*

## 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, de planos diretores e de sistemas de manejo pluvial configuram um dos principais problemas identificados nos centros urbanos brasileiros. Neste sentido, os sistemas de drenagem surgem como ferramenta de compensação dos impactos provocados pelo uso e ocupação dos solos. Dentro do contexto de precariedade dos mecanismos de gestão da drenagem urbana na cidade de Cajazeiras-PB, elegeu-se como área de estudo o bairro Santa Cecília, cuja infraestrutura urbana se apresenta precária, especialmente no que concerne ao manejo das águas precipitadas. Este estudo 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. Além disso, realiza a análise de viabilidade técnica por meio do levantamento quantitativo dos diâmetros das galerias em função do comprimento total de rede. 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. Para concepção do projeto e realização das propostas foram feitos levantamentos através da prefeitura e órgãos municipais, estudo bibliográfico e visitas *in loco*. Constatou-se a inexistência de plano diretor de drenagem urbana no município, sendo o controle de drenagem baseado na empregabilidade de medidas paliativas a nível local. Também foi possível concluir insuficiência de dispositivos de drenagem, bem como precariedade das redes atualmente em uso. Na etapa de dimensionamento hidráulico, foram feitas correções nos valores de lâmina d'água e velocidade fora dos padrões pré fixados por meio do aumento sistemático dos diâmetros. 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 à 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, a nível dos lotes, como telhados verdes, poços de infiltração e microrreservatórios, com o objetivo de amortecer os volumes de pico durante eventos extremos.

**Palavras-Chave:** Drenagem urbana; manejo pluvial; técnicas compensatórias.

## ABSTRACT

Urban expansion has caused profound changes in the environment, negatively affecting characteristics such as soil permeability and the natural flow of precipitated waters. The absence of public policies, master plans and rain management systems are one of the main problems identified in Brazilian urban centers. In this sense, drainage systems appear as a tool to compensate for impacts caused by land use and occupation. Within the context of precarious urban drainage management mechanisms in the city of Cajazeiras-PB, the Santa Cecília neighborhood was chosen as the study area, whose urban infrastructure is precarious, especially with regard to the management of precipitated waters. This study presents proposals for structural and non-structural measures to promote drainage in the neighborhood area, through a hydraulic system of galleries and the application of compensatory techniques as a measure of sustainable rainfall management. In addition, it performs the technical feasibility analysis by means of a quantitative survey of the diameters of the galleries as a function of the total length of the network. Systematization of galleries was used as the hydraulic sizing methodology, which uses, in detriment of the rational method, the calculation of speed and water depth to monitor the economy of each stretch. In order to design the project and carry out the proposals, surveys were carried out through the city hall and municipal bodies, a bibliographic study and on-site visits. It was found that there was no master plan for urban drainage in the municipality, with 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. In the hydraulic sizing step, corrections were made to the water depth and velocity values outside the pre-set standards by systematically increasing the diameters. It was concluded, at the end of the study, that 95.91% of the system would consist of microdrainage galleries and only 4.09% of the network would have macrodrainage diameters, in addition, 46.09% of the network would be made up of the smallest permissible diameter for urban drainage, corresponding to 400 mm. Drainage control measures were proposed, such as network interconnection to existing channels and the adoption of compensatory techniques such as infiltration basins. As a suggestion to guarantee the full functioning of the system, it was suggested to encourage the adoption of control measures at the source, at the level of the lots, such as green roofs, infiltration wells and micro-reservoirs, in order to cushion peak volumes during extreme events.

**Keywords:** Urban drainage; rain management; compensatory techniques.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – Localização da cidade de Cajazeiras .....	26
Figura 2 – Fluxograma para dimensionamento .....	27
Figura 3 – Delimitação das bacias de contribuição .....	31
Figura 4 – Boca de lobo localizada em via sem calçamento .....	41
Figura 5 – Caixa da boca de lobo sem tampa .....	41

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Dispositivos de drenagem localizados no bairro Santa Cecília.....	40
Tabela 2 – Dispositivos de drenagem dimensionados para o bairro Santa Cecília .....	42
Tabela 3 – Número de trechos e extensão total em função dos diâmetros .....	43
Tabela 4 – Dados e resultados do dimensionamento de sarjetas.....	44
Tabela 5 – Dados e resultados do dimensionamento das bocas de lobo.....	44
Tabela 6 – Dados e resultados do dimensionamento de escadas hidráulicas.....	45

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Principais elementos da rede de microdrenagem .....	22
Quadro 2 – Cabeçalho da planilha de dimensionamento hidráulico .....	29

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AV – Área Verde

BL – Boca de Lobo

CP – Caixa de Passagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GEV – Generalized Extreme Value Distribution

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade, duração, frequência e distribuição

NBR – Norma Técnica Brasileira

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PV – Poço de Visita

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

T<sub>R</sub> – Tempo de Retorno

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVOS .....	18
<b>1.1.1 Objetivo geral .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
2.1 ASPECTOS DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL.....	19
2.2 CAJAZEIRAS NO CONTEXTO DA DRENAGEM URBANA.....	20
2.3 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA.....	21
<b>2.3.1 Divisões do sistema de drenagem.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.2 Medidas de controle da drenagem urbana .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3 Medidas compensatórias estruturais .....</b>	<b>24</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 SISTEMATIZAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE DRENAGEM .....	27
<b>3.1.1 Dados de projeto.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2 Dimensionamento do sistema de macrodrenagem .....</b>	<b>29</b>
3.1.2.1 Segmentos de rede.....	29
3.1.2.2 Mosaico.....	30
3.1.2.3 Vazão de contribuição .....	31
3.1.2.4 Tempo de concentração .....	32
3.1.2.5 Diâmetro das tubulações.....	32
3.1.2.6 Declividade e cotas do terreno .....	33
3.1.2.7 Profundidade das galerias .....	33
<b>3.1.3 Dimensionamento do sistema de microdrenagem .....</b>	<b>35</b>
3.1.3.1 Sarjetas.....	35

3.1.3.2 Bocas de lobo .....	36
3.1.3.3 Escada hidráulica.....	36
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
4.1 ANÁLISE DIAGNÓSTICA.....	40
4.2 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DA MACRO E MICRODRENAGEM ...	42
4.3 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM E DA ESCADA HIDRÁULICA.....	44
4.4 MEDIDAS DE CONTROLE NO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS .....	45
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE A – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM URBANA - BAIRRO SANTA CECÍLIA (CAJAZEIRAS - PB).....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE B – TRAÇADO DA REDE COLETORA E DETALHAMENTO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.....</b>	<b>55</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A demanda por conforto e bem estar social, características que marcam a evolução humana, desencadearam inúmeros processos e inovações que se estenderam aos ambientes urbanos. A descoberta e aplicação de materiais resistentes e duráveis tem 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, norteado 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 através da 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).

Mesmo diante do surgimento de mecanismos legais, a inadequada gestão governamental, a precariedade e 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 drenagem 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 a 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 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.

Os sistemas de drenagem urbana podem ser definidos como o conjunto de medidas que buscam a redução dos riscos aos quais a sociedade está exposta, e a minimização dos impactos decorrentes dos problemas de manejo pluvial, promovendo o desenvolvimento urbanístico de forma harmonizada, em conjunto com as demais atividades urbanas (TUCCI, 2007).

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

Azevedo Netto (2015, p. 473) de modo análogo, comenta que “a concepção de um sistema de drenagem urbana envolve aspectos técnicos e econômicos, mas interage com aspectos urbanísticos e sociopolíticos relevantes, que muitas vezes prevalecem nos partidos e concepções a adotar”.

Diante disso, os objetivos de propor sistemas de controle da drenagem urbana são basicamente (ARAGÃO, 2017):

- a) razões de segurança: garantia para o tráfego de veículos e de pedestres;
- b) razões econômicas: controle da erosão, conservação das ruas e proteção das propriedades;
- c) razões de saúde pública: afastamento das águas das primeiras chuvas e das águas empoçadas que podem oferecer riscos à saúde dos indivíduos.

As medidas de controle na drenagem urbana podem ser Estruturais e Não Estruturais. A primeira diz respeito as obras de engenharia como barragens, canalizações, diques etc. Já as

segunda, compreende o controle do uso e ocupação dos solos através de planos, zoneamento, leis etc. Também podem ser associadas, de modo que a segunda atua no sentido de garantir a funcionalidade e efetividade da primeira.

No âmbito das medidas de controle Estruturais, diversos autores têm proposto mecanismos de drenagem que possibilitem uma conversação entre os sistemas artificiais e o meio natural, a fim de diminuir os impactos da impermeabilização dos solos. As técnicas compensatórias se mostram como importante ferramenta no reestabelecimento das condições hidrológicas pré urbanísticas, oferecendo meios para a retenção e infiltração de águas precipitadas, aumentando o tempo de concentração das bacias e diminuindo os picos de vazão (SILVA, 2011).

O papel essencial desempenhado pelos sistemas de drenagem nos pequenos, médios e grandes centros urbanos, é de fundamental relevância. Reconhecer a necessidade de sua utilização, bem como incentivar o uso de métodos alternativos para o controle da drenagem urbana é essencial à integração do saneamento, de modo que há possibilidade de equilibrar a convivência humana com o meio ambiente nos sistemas urbanísticos.

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.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Propor um sistema para controle da drenagem urbana para o bairro Santa Cecília e realizar o seu estudo de viabilidade técnica.

### 1.1.2 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 medidas de controle paliativo na drenagem urbana do bairro, como técnicas de compensação, controle na fonte e à jusante.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL

O histórico de gestão da drenagem urbana no Brasil, segundo Christofidis et al. (2019), pode ser dividida em três fases distintas. A primeira fase, conhecida como drenagem urbana tradicional tinha como principal objetivo a redução do impacto das cheias por meio da adoção de técnicas estruturais e não estruturais. Nesta perspectiva, as águas pluviais eram vistas como um inconveniente prejudicial e danoso à infraestrutura das cidades, e sua gestão se restringia à coleta e afastamento dos volumes escoados.

A segunda fase, conhecida como drenagem urbana sustentável, teve como características a evolução dos paradigmas associados aos modos de controle e gestão das águas pluviais urbanas. Foram acrescentados o controle das águas da chuva na fonte bem como a indução à infiltração e à retenção das águas, tendo por objetivo a recomposição das condições naturais do ciclo hidrológico. Já a terceira fase é caracterizada pela integração entre gestão dos recursos hídricos e a conversação com os ecossistemas por meio de uma visão crítica, tanto social como ambiental (CHRISTOFIDIS et al. 2019).

O histórico legislativo brasileiro também corroborou para uma mudança no cenário da drenagem urbana do país, tendo grande parte das medidas legais sido aprovadas ao longo das últimas cinco décadas. Segundo Rezende (2018), o ordenamento territorial decorrente do processo de expansão urbana e sua integração com o meio ambiente possuem a necessidade de medidas legislativas urbanísticas e ambientais nas esferas federal, estadual e municipal, para garantia da manutenção e preservação dos recursos naturais.

A Lei Federal nº 6.766/1979, que dispõe sobre o uso e parcelamento do solo urbano, por meio do Art. 3º, determina a permissão do parcelamento de terrenos alagadiços e sujeitos a inundações mediante providências prévias para garantia do escoamento das águas pluviais. No Cap. III – Art. 7º a lei remete aos municípios, ou o Distrito Federal, por meio das diretrizes de planejamento estadual e municipal, a obrigatoriedade de incorporação de faixas sanitárias necessárias ao escoamento das águas pluviais nos projetos urbanísticos das cidades (BRASIL, 1979).

Através da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída por meio da Lei das Águas, Lei Federal nº 9.433/1997, a água passou a ser considerada um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico. Entre as preocupações que a lei apresenta,

destacam-se a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos, tanto os de origem natural como aqueles provocadas por meio de modificações antrópicas, e a gestão racional e integrada dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Outro ponto importante a se destacar, determinado por meio da PNRH é a outorga para lançamento em corpos d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, com ou sem tratamento (BRASIL, 1997). Neste contexto, as águas pluviais podem enquadrar-se nesta categoria, pois de acordo com Souza et al. (2012) são consideradas como efluentes de drenagem e geralmente são lançadas em corpos d'água.

Por meio do Estatuto da Cidade, através da Lei nº 10.257/2001 foi possível legitimar os artigos constitucionais 182 e 183 que discorrem sobre as políticas de desenvolvimento urbano. Por meio do Art. 41º - Cap. III, tal lei estabelece a obrigatoriedade de elaboração de plano diretor para as cidades com população superior a vinte mil habitantes (BRASIL, 2001).

Segundo Rezende (2018), a Lei nº 10.257 constitui-se como um avanço para as ações de planejamento e gestão dos espaços urbanos, dada sua capacidade de regularizar o uso da propriedade urbana com vista ao bem coletivo, segurança e bem estar populacional, além de promover sua associação ao equilíbrio ambiental.

A Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece o marco legal do saneamento básico, através do Art. 2º, inciso IV, assegura a garantia de disponibilidade de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais nas áreas urbanas, bem como o tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado. O marco legal do saneamento garante a integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos (BRASIL, 2007).

## 2.2 CAJAZEIRAS NO CONTEXTO DA DRENAGEM URBANA

No âmbito estadual a Lei nº 9.260/2010 institui princípios e estabelece diretrizes da política estadual de saneamento básico da Paraíba, além de autorizar e disciplinar a gestão associada dos serviços públicos de saneamento básico. Por meio do Cap. IV a drenagem urbana é definida como um constituinte dos serviços de saneamento básico de natureza essencial. Por meio do Art. 14º ela estabelece o Plano Estadual de Saneamento Básico como subsídio para os planos regionais e municipais (PARAÍBA, 2010).

Na esfera municipal, o Plano Diretor da cidade de Cajazeiras, criado por meio da Lei nº 644/76 de 14 de junho de 1978, é o único documento em validade no município que dispõe

sobre aspectos básicos da drenagem urbana local, porém insuficientes do ponto de vista técnico para a correta gestão de águas pluviais. De modo sucinto é recomendada a precaução quanto a ocupação de terrenos, de modo que sejam evitados pontos alagados ou com propensão de alagamento elevada, além de áreas com inclinação superior a 20% e propriedades de interesse público.

Segundo Satiro et al. (2019) a infraestrutura de drenagem urbana da cidade de Cajazeiras “não foi capaz de acompanhar o aumento da urbanização nos últimos anos, deixando notória a falta de pontos de drenagem”. Tais autores identificaram ainda a insuficiência dos sistemas de drenagem locais, além de irregularidades como a ligação cruzada entre redes de captação de águas de chuva àquelas destinadas ao esgotamento sanitário.

Características comumente identificadas na cidade, consoante o próprio bairro Santa Cecília, são a presença de áreas impermeabilizadas, vias com baixa inclinação e sem abaulamento adequado e ausência de estruturas de microdrenagem básicas, como as sarjetas. É válido destacar a ausência de Plano Diretor de Drenagem Urbana no município, e que os mecanismos atualmente empregados para o manejo de águas pluviais tem por base medidas de intervenção pontuais, aplicadas por meio da secretaria de infraestrutura da cidade (SATIRO et al. 2019).

### 2.3 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

O Guia para elaboração de planos municipais de saneamento (BRASIL, 2011) define a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais que concernem à drenagem de águas pluviais, seu transporte, detenção ou retenção para amortecimento de cheias, tratamentos e disposição final do volume captado nas áreas urbanas.

De modo geral, os sistemas de drenagem urbana têm como objetivos gerais a promoção da salubridade ambiental e da saúde coletiva, proteção dos recursos hídricos, abastecimento de água às populações bem como às atividades econômicas e proteção contra eventos hidrológicos extremos e acidentes de poluição. No campo socioambiental, tem por objetivo a valorização social e econômica dos recursos ambientais, o ordenamento territorial, a normatização jurídico institucional, além da sustentabilidade econômico-financeira (BRASIL, 2011).

### 2.3.1 Divisões do sistema de drenagem

Segundo Tucci (2007), os sistemas de drenagem de águas urbanas podem ser dimensionados em dois níveis:

- a) **macrodrenagem:** trata-se dos sistemas que envolvem escoamentos em fundos de vale, normalmente bem definidos mesmo que não sendo um curso de água perene;
- b) **microdrenagem:** trata-se dos sistemas implantados onde a área de escoamento natural não é bem definida e o seu escoamento acaba sendo definido pela ocupação do solo.

A macrodrenagem compreende os canais de veiculação das vazões que recebem, ao longo da sua extensão, as contribuições laterais oriundas da vazão local e aquelas provenientes da microdrenagem, considerada rede urbana primária. Todas as galerias cujas dimensões sejam iguais ou superiores 1,20 m de diâmetro são consideradas seções de macrodrenagem, para as galerias celulares este valor corresponde a 1 m<sup>2</sup> (BRASIL, 2011).

A microdrenagem urbana pode ser compreendida como o sistema de condutos pluviais em nível de loteamento ou de rede primária urbana responsável por efetuar a ligação entre os dispositivos de drenagem superficial, bocas de lobo ou caixas coletoras, com os de macro ou mesodrenagem. As galerias de microdrenagem possuem diâmetros superiores a 0,30 m e inferiores àqueles destinados à macrodrenagem (BRASIL, 2011).

Os principais componentes a serem utilizados em uma rede de microdrenagem tradicionais estão elencados no Quadro 1.

**Quadro 1 – Principais elementos da rede de microdrenagem**

TERMINOLOGIA	DESCRIÇÃO
<b>Galeria</b>	Tubulações utilizadas para a condução das águas pluviais.
<b>Poços de visita</b>	Dispositivos locados em pontos estratégicos para facilitar inspeções e limpeza. Deverão ser posicionados nas singularidades de rede, não ultrapassando a distância máxima de 100 m entre os dispositivos.
<b>Bocas de lobo</b>	Dispositivos de captação das águas pluviais, alocados em pontos estratégicos das sarjetas.
<b>Condutos de ligação</b>	Canalizações responsáveis pela condução das águas pluviais captadas por meio das bocas de lobo para as caixas de passagem ou poços de visita a jusante.
<b>Caixas de ligação ou de passagem</b>	Caixas executadas em concreto ou alvenaria, sem tampão externo ou visitável ao nível da rua.
<b>Sarjetas</b>	Canais abertos situados juntos ao meio fio, ao longo das vias, responsáveis por receber os volumes escoados superficialmente e conduzi-los para os dispositivos de captação.
<b>Estruturas de dissipação de energia hidráulica</b>	Utilizadas nas saídas das galerias em cursos d'água para evitar a erosão causada pela concentração de escoamento pluvial.
<b>Meio fios</b>	Estruturas dispostas entre o passeio e a via de rodagem, paralelas ao eixo da rua e cuja face superior posiciona-se no mesmo nível do passeio.

Fonte: Bidone e Tucci, 1995 (adaptado)

Além dos dispositivos citados, cuja aplicação é tradicional nos sistemas de drenagem urbana, incluem-se na microdrenagem as medidas de controle de enchentes no lote, bem como as bacias de detenção e de retenção cuja finalidade seja o amortecimento dos picos de cheia (MENEZES FILHO, 2007).

### 2.3.2 Medidas de controle da drenagem urbana

O controle na drenagem urbana tem por objetivo a promoção de medidas de correção e prevenção dos danos que possam ser provocados em função das inundações. Tais medidas são caracterizadas em função de sua natureza em estruturais e não estruturais.

Segundo Canholi (2014) as medidas estruturais correspondem ao conjunto de obras de engenharia a serem implantadas com o objetivo principal de promover o controle das enchentes e corrigir as eventuais deficiências no escoamento hídrico natural. São caracterizadas em duas categorias distintas:

- a) **intensivas:** são divididas em quatro categorias de acordo com os objetivos que se pretende alcançar com sua implantação:
  - medidas estruturais intensivas de aceleração do escoamento: canalizações, galerias e obras correlatas;
  - medidas estruturais intensivas de retardamento do fluxo: reservatórios de detenção e/ou retenção, bem como a restauração de calhas naturais;
  - medidas estruturais intensivas de desvio do escoamento: túneis de derivação e canais de desvio;
  - medidas estruturais intensivas individualizadas: conjunto de obras e ações individuais e locais visando tornar as edificações a prova de enchentes.
- b) **extensivas:** compõe o conjunto de medidas que dizem respeito aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, bem como recomposição de coberturas vegetais e o controle da erosão no solo.

As medidas não estruturais correspondem ao conjunto de ações para redução dos danos e consequências provenientes das enchentes por meio de mecanismos como normas, regulamentos e programas que busquem o disciplinamento do uso e ocupação do solo. Também estão contidas nas medidas não estruturais ferramentas como os sistemas de alerta e programas de conscientização populacional para uso correto da infraestrutura urbana e garantia da manutenção da qualidade e funcionalidade dos dispositivos de drenagem (CANHOLI, 2014).

De acordo com Canholi (2014) e Souza et al. (2012), as medidas não estruturais podem ser agrupadas de acordo com sua aplicabilidade em:

- a) ações de regulamentação do uso e ocupação do solo;
- b) zoneamento das áreas em risco de inundação;
- c) educação ambiental com vista ao controle da poluição difusa, erosão e lixo;
- d) seguro e proteção individual contra inundações;
- e) sistemas de alerta e previsão de inundações.

Segundo Souza (2013), ambas as medidas de controle na drenagem urbana têm a necessidade de gestão integrada, sendo sempre necessária a avaliação da eficiência e adaptação dos instrumentos para sua manutenção.

### **2.3.3 Medidas compensatórias estruturais**

As técnicas compensatórias constituem-se como medidas de controle do escoamento superficial capazes de amortecer e compensar a impermeabilização dos solos, bem como os efeitos do escoamento superficial direto, por meio de soluções urbanísticas na fonte, ou aplicadas de forma difusa na bacia, consideradas ambientalmente mais adequadas para o manejo das águas pluviais (LUCAS et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2016).

Dentre as principais medidas de compensação destacam-se os telhados verdes, trincheiras ou poços de infiltração, bacias de retenção, bacias de infiltração e microrreservatórios (REZENDE, 2018).

Os telhados verdes são considerados como uma técnica de controle na fonte e consistem basicamente na utilização de vegetação rasteira pré cultivada nos telhados de edificações. Segundo Rezende (2018), as principais características que envolvem o uso de telhados verdes são o aumento do escoamento, melhoria da eficiência energética e da qualidade do ar e a redução da temperatura e do ruído. As principais limitações apresentadas por essa técnica encontram-se associadas a dificuldade de sua empregabilidade em telhados pré existentes e/ou com declividades acentuadas e também a limitação da capacidade de captação, que depende exclusivamente da área de coberta da edificação. Outra problemática que limita a adoção de telhados verdes diz respeito à disponibilidade de mão de obra qualificada para a execução dos serviços, o que pode comprometer a execução e funcionalidade do método.

As trincheiras de infiltração têm como finalidade o recolhimento de águas pluviais de afluência perpendicular ao seu curso, favorecendo tanto a infiltração das águas como sua retenção.

As trincheiras apresentam como vantagens a redução de volume de escoamento superficial, diminuindo conseqüentemente os impactos na rede à jusante, valorização do espaço urbano e a redução dos sistemas de drenagem tradicionais. No entanto, possuem limitações como a possibilidade de colmatação, o risco de contaminação das águas subterrâneas e as restrições de eficiência quando implantadas em áreas com elevadas declividades (REZENDE, 2018).

Os poços de infiltração são dispositivos pontuais cujo objetivo principal é receber os volumes escoados e evacuá-los para o subsolo por infiltração. São comumente usados como medida de controle na fonte, ocupam espaços pequenos, tem melhor desempenho em áreas cujas camadas mais profundas do solo possuam condutividade hidráulica satisfatória e possibilitam a recarga natural das águas subterrâneas. No entanto, possuem limitações de empregabilidade em áreas com elevadas declividades, necessitam de manutenção periódica com vista a diminuição dos riscos de colmatação, além de possuir baixa capacidade de armazenamento (REZENDE, 2018; LUCAS et al. 2015).

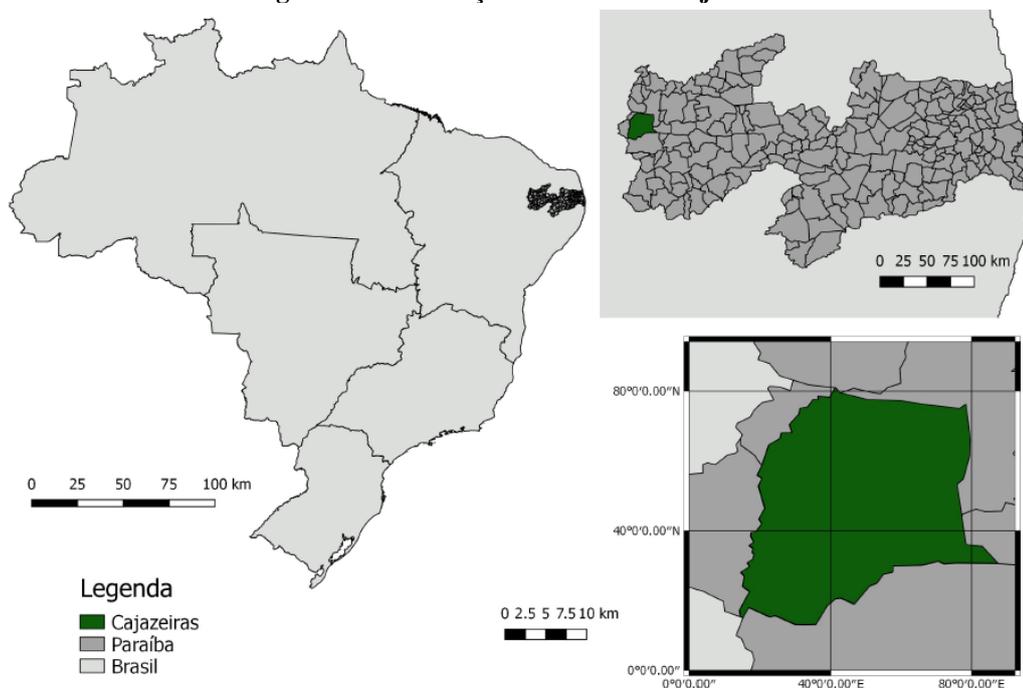
Segundo Baptista et al. (2011), as bacias de retenção são estruturas de acumulação temporária e/ou infiltração que tem como objetivos principais o amortecimento de cheias geradas no meio urbano, a redução do volume de escoamento superficial e a diminuição da poluição difusa proveniente dos eventos de precipitação. Deste modo, tais bacias podem integrar-se ao meio urbano com o intuito de reduzir os impactos do uso e ocupação do solo. Quando estas bacias são projetadas de modo a permitir a percolação das águas pluviais captadas para o solo, recebem uma denominação diferente, sendo chamadas de bacias de infiltração.

Os microrreservatórios, por sua vez, são dispositivos de controle na fonte capazes de compensar a perda de capacidade de infiltração em áreas impermeabilizadas. Seu principal objetivo é reservar temporariamente as precipitações, retardar a velocidade de escoamento superficial e promover o amortecimento de picos de cheias, de modo que a vazão máxima de saída após a impermeabilização aproxime-se das condições naturais (REZENDE, 2018). São comumente empregados em residências, captando diretamente os volumes escoados dos telhados e dos pavimentos impermeáveis. Após a captação das águas pluviais, o volume segue para a tubulação de saída, que pode ou não estar conectada à rede pública de drenagem urbana. Deste modo, é possível evacuar gradativamente o volume captado, retardando e diminuindo o pico do hidrograma de saída.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Cajazeiras, Figura 1, 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 km<sup>2</sup>, uma população estimada em 62.289 habitantes, para o ano de 2020, e densidade demográfica de 103,28 hab/km<sup>2</sup>. De acordo com a classificação Koppen, o clima local é caracterizado como semiárido quente, temperatura média de 25,9°C, com índices pluviométricos baixos durante o inverno, atingindo pluviometria média anual de 957 mm (IBGE, 2020).

**Figura 1 – Localização da cidade de Cajazeiras**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O bairro Santa Cecília, foco deste estudo, localiza-se à região leste do município de Cajazeiras, possui uma área de aproximadamente 0,35 km<sup>2</sup>, ocupada preponderantemente por lotes residenciais, abrigando também um dos cemitérios 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 compromete a qualidade de vida da população local, gerando transtornos substanciais durante eventos de pico, em períodos de chuva.

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

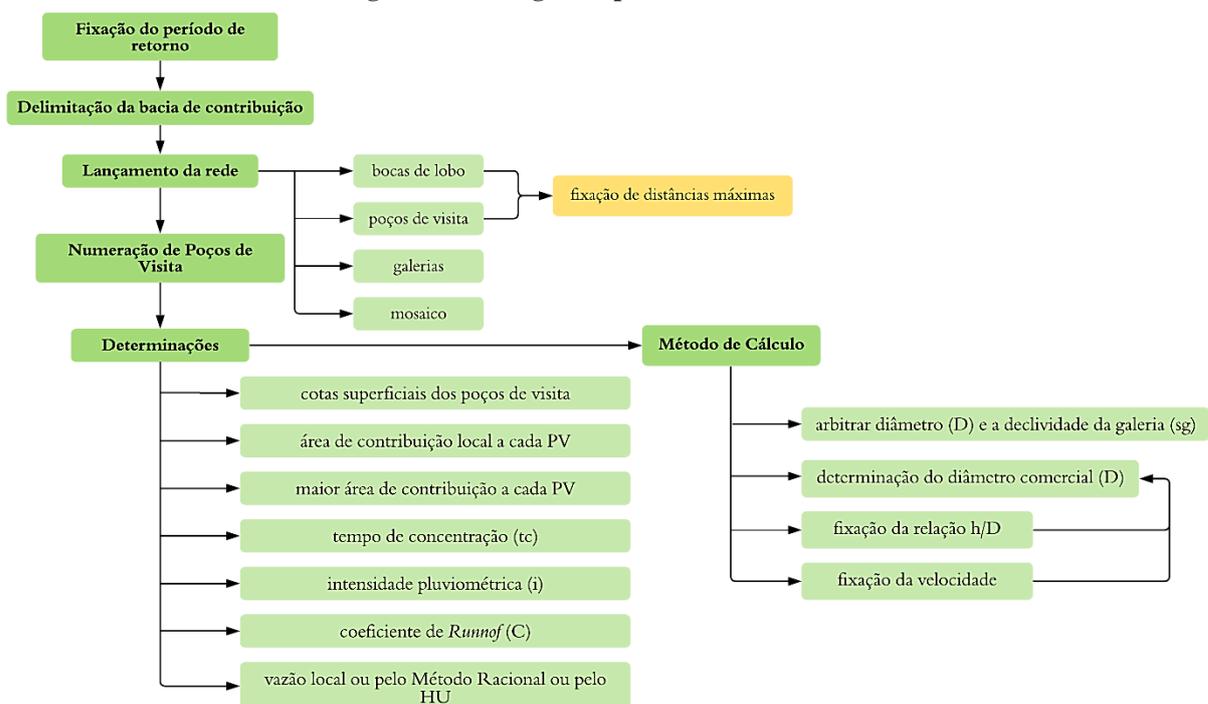
concepção do projeto de drenagem. O levantamento de informações técnicas, por sua vez, foi dividido em outras duas etapas distintas, sendo a etapa primária o levantamento de dados *in loco*, com o objetivo de caracterizar da infraestrutura do bairro e de sua rede de drenagem, e a etapa secundária caracterizada 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. Nesta 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. Por fim, foi realizada a análise de viabilidade técnica e dos resultados obtidos.

### 3.1 SISTEMATIZAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE DRENAGEM

A Figura 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.

**Figura 2 – Fluxograma para dimensionamento**



Fonte: Menezes Filho e Costa, 2012 (adaptado)

### 3.1.1 Dados de projeto

A etapa inicial para elaboração do projeto de drenagem pluvial foi composta pela fixação do período de retorno ( $T_R$ ) e pela adoção da intensidade pluviométrica ( $i$ ), ambos se apresentam como parâmetros básicos precedentes as demais etapas do dimensionamento hidráulico da rede. Outra etapa inicial foi a delimitação da bacia contribuinte, por meio de análise topográfica.

Durante o levantamento de informações técnicas foi constatada a disponibilidade de uma equação intensidade – duração – frequência – IDF para o município de Cajazeiras. Segundo Brito et al. (2017), foi aplicada ao estudo a distribuição de Gumbel (GEV), que mostrou-se adequada para representação das estimativas de intensidade da chuva na área de estudo, tendo a equação de regressão, Equação 1, apresentado um bom ajuste aos dados, com valor de confiabilidade acima de 95%.

$$i = \frac{859,017T^{0,264}}{(t + 11)^{0,7508}} \quad (1)$$

Onde:

$i$  = intensidade pluviométrica para a cidade de Cajazeiras (mm/h);

$T$  = tempo de retorno (anos);

$t$  = duração das precipitações (min).

Segundo a NBR 10844/1989 a intensidade pluviométrica deve ser determinada mediante a aplicação de dados pluviométricos locais, considerando a fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno, a este primeiro a norma preconiza 5 minutos (ABNT, 1989). De acordo com Paraná (2002), a intensidade pluviométrica a se considerar no dimensionamento de dispositivos de microdrenagem deve possuir um tempo de retorno de 2 a 10 anos, enquanto o sistema de macrodrenagem de 25 a 100 anos. Deste modo, para a obtenção da intensidade pluviométrica para a área de estudo, foi aplicada a Equação 1 fixando-se um período de retorno  $T = 10$  anos, com uma duração de precipitação  $t = 5$  min.

O estudo topográfico do bairro foi precedido pela aquisição do arquivo altimétrico digital do município de Cajazeiras. O mapa topográfico apresentou curvas de nível com equidistância de 1 m, consonante com as orientações de Menezes Filho e Costa (2012), para aplicabilidade no dimensionamento de drenagem urbana.

O coeficiente de *Runoff* é definido como a razão entre o volume total de escoamento superficial durante um evento chuvoso e o volume total precipitado. Mediante a análise dos lotes do bairro, constatou-se uma ocupação preponderante destes por edificações com finalidade residencial. Deste modo, considerando a situação mais adversa para o dimensionamento de projeto, com edificações multi unidades ligadas, adotou-se coeficiente de escoamento superficial de 0,75, considerando eventos com tempo de retorno variando entre 5 e 10 anos (DNIT, 2006).

### 3.1.2 Dimensionamento do sistema de macrodrenagem

A etapa de dimensionamento foi realizada visando a automação de comandos e a obtenção de resultados de forma prática e precisa. Deste modo, foi elaborada uma planilha cujo cabeçalho seguiu o padrão esboçado no Quadro 2, através do *software* de planilhas eletrônicas. Cada uma das colunas traz um parâmetro distinto, utilizado no dimensionamento da rede de drenagem.

**Quadro 2 – Cabeçalho da planilha de dimensionamento hidráulico**

Trecho	L (m)		Área (m <sup>2</sup> )		Tc (min)	c	i (mm/min)	Q <sub>loc</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Cota do terreno		St (m/m)	Cota inf. da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. da galeria (m)		k	Ø (rad)	h/D	A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	Tp (min)	
	Trecho	Total									Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante							

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

#### 3.1.2.1 Segmentos de rede

A determinação dos trechos e dos limites de distância entre os dispositivos de drenagem foram realizados em observação às orientações constantes nas normas técnicas NBR 9649/1986 e SABESP NTS 025/2006, bem como através de considerações próprias.

A instalação de poços de visita (PV), como orientado pela NBR 9649/1986, ocorreu em todos os pontos singulares da rede coletora tais como mudança de direção, de declividade, de diâmetro, bem como onde existe a reunião de coletores ou tubos de queda (ABNT, 1986).

Nos locais cuja geometria das ruas não foi favorável à instalação de trechos de rede muito longos foram necessárias as locações de caixas de passagem (CP) para melhor disposição da rede.

As distâncias máximas adotadas para os segmentos de rede entre PV e PV, PV e CP, seguiram as diretrizes da norma técnica SABESP NTS 025/2006, cuja recomendação estabelece um comprimento não superior a 100 m entre as singularidades (PV, CP).

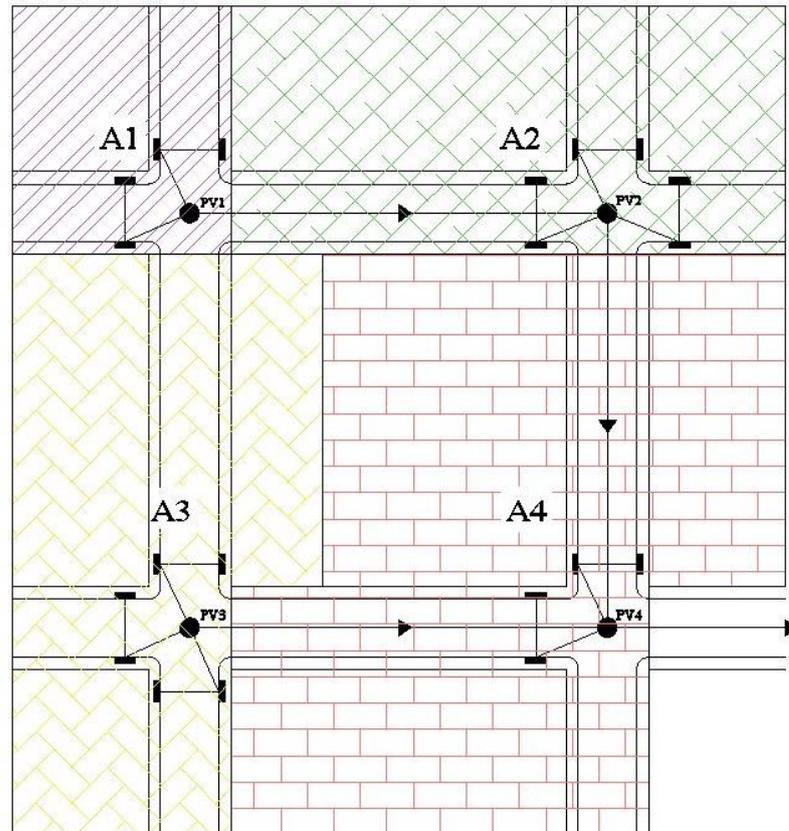
A nomeação dos dispositivos foi precedida da sigla referente a sua função (PV ou CP), seguido do número referente a sua posição na rede. A numeração dos poços de visita seguiu o sentido de fluxo da rede, onde o menor número localiza-se sempre a montante do trecho, enquanto o PV com reunião de coletores recebe o maior número após a enumeração dos trechos de rede periféricos. As caixas de passagem, diferentemente dos demais, foram enumeradas em função de sua quantidade e por número de rede prioritária na planilha.

O posicionamento dos trechos e a adoção de múltiplas redes individualizadas passaram por decisões e considerações de caráter pessoal, tendo como principal objetivo atender toda a área do bairro. Outro dispositivo importante a ser mencionado, e que foi disposto de modo simultâneo ao posicionamento dos PV's e CP's, foram as bocas de lobo (BL), essenciais à etapa de elaboração do mosaico e cujas considerações de projeto e dimensionamento serão comentadas mais adiante.

### 3.1.2.2 Mosaico

Em etapa posterior ao posicionamento dos poços de visita e bocas de lobo, iniciou-se a delimitação das bacias de contribuição para cada PV, formando um mosaico conforme ilustra a Figura 3. A convenção adotada durante este processo é tal que a área 1 (A1) contribui para o poço de visita 1 (PV1), a área 2 (A2) contribui para o poço de visita 2 (PV2), e assim respectivamente.

Figura 3 – Delimitação das bacias de contribuição



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 3.1.2.3 Vazão de contribuição

De posse das informações de intensidade pluviométrica, do coeficiente de *Runoff* e das áreas de contribuição delimitadas para cada boca de lobo, foram determinadas as vazões de contribuição para cada PV, conforme Equação 2.

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

Onde:

$Q$  = vazão de contribuição (m<sup>3</sup>/s);

$C$  = coeficiente de escoamento superficial (Coeficiente de *Runoff* de 0,75);

$i$  = intensidade pluviométrica (m/s);

$A$  = área da bacia de contribuição local em m<sup>2</sup>.

Segundo Menezes Filho (2007) há a necessidade de considerar dois tipos de áreas para realizar o dimensionamento das galerias. A área contribuinte local é aquela que recebe o

volume precipitado e o encaminha diretamente para o poço de visita, estando correlacionada ao cálculo da vazão local ( $Q_{loc}$ ). A área total, como é definida o segundo tipo, corresponde a soma da área local com as áreas drenadas a montante.

#### 3.1.2.4 Tempo de concentração

Pode ser definido como o tempo que uma gota de chuva leva para percorrer do ponto mais distante na bacia até um determinado PV (MENEZES FILHO, 2007). O tempo de concentração ( $T_c$ ) foi calculado mediante a aplicação da Equação 3.

$$T_c = 5 + T_p \quad (3)$$

Onde:

$$T_p = \frac{L}{V_e \times 60} \quad (4)$$

$T_p$  = tempo que uma gota leva para percorrer o trecho em questão em minutos.

Quando em início de rede admite-se  $T_p = 0$ ;

$V_e$  = velocidade de escoamento.

#### 3.1.2.5 Diâmetro das tubulações

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 Equação 5.

$$Q = V \times A \therefore Q = V \times \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$\therefore D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (5)$$

Onde:

$Q$  = vazão de contribuição em m<sup>3</sup>/s;

$D$  = diâmetro em m;

$V = 5$  m/s, máxima velocidade de escoamento permitida em uma rede de drenagem.

### 3.1.2.6 Declividade e cotas do terreno

Mediante a análise da topografia da área, obtém-se as cotas dos PV's a montante e jusante dos trechos. Deste modo, determinou-se as declividades de terreno ( $S_t$ ) através da Equação 6.

$$S_t = \frac{C_m - C_j}{L} \left( \frac{m}{m} \right) \quad (6)$$

Onde:

$C_m$  = cota do terreno do poço de visita a montante (m);

$C_j$  = cota do terreno do poço de visita a jusante (m);

$L$  = extensão do trecho (m);

As cotas inferiores das galerias foram obtidas por meio das Equação 7.

$$C_{im} = C_m - (r_m + D) \quad (7)$$

Onde:

$C_{im}$  = cota inferior da galeria a montante (m);

$C_m$  = cota do terreno no PV a montante (m);

$r_m$  = recobrimento mínimo da tubulação (Valor recomendado = 1,0 m);

$D$  = diâmetro da tubulação em (m).

Para tubos com  $D > 200$  mm, adotou-se a declividade mínima de 0,5%, ou 0,005 m/m conforme recomendações da NBR 10844/89 (ABNT, 1989).

### 3.1.2.7 Profundidade das galerias

As profundidades de assentamento das galerias à montante e jusante foram obtidas mediante a aplicação das Equações 8 e 9, respectivamente.

$$\text{Prof. da galeria}_m = C_m(PV) - C_{im}(\text{Galeria}) \quad (8)$$

$$\text{Prof. da galeria}_j = C_j(PV) - C_{ij}(\text{Galeria}) \quad (9)$$

Mediante as características geométricas do conduto, determina-se a constante K, conforme Equação 10.

$$K = Q \times \eta \times D^{-8/3} \times S_g^{-0,5} \quad (10)$$

Onde:

$Q$  = Vazão (m<sup>3</sup>/s);

$\eta$  = Coeficiente de Manning (Valor adotado= 0,013);

$D$  = Diâmetro da tubulação (m);

$S_g$  = Declividade da galeria (m/m).

Com a obtenção de K procedeu-se com a determinação do ângulo central  $\theta$ , através da Equação 11. O valor do ângulo central deve atender a condição  $\theta < 2 \times \pi$ .

$$\theta = 5915,8k^5 - 5201,2k^4 + 1786,6k^3 - 298,89k^2 + 32,113k + 1,1487 \quad (11)$$

(radianos)

De posse do valor do ângulo central determina-se a altura de lâmina d'água no conduto, caracterizada pela relação h/D, devendo este valor estar compreendido entre 0,2 e 0,85 (DNIT, 2006). A relação foi calculada mediante a Equação 12.

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \left( \frac{\theta}{2} \right) \right] \quad (12)$$

Determinou-se, então, a área molhada do conduto com a aplicação do ângulo central  $\theta$ , através da Equação 13.

$$A = D^2 \times \frac{(\theta - \text{sen}\theta)}{8} \quad (13)$$

Onde:

$A$  = Área molhada (m<sup>2</sup>);

$D$  = Diâmetro da tubulação (m).

Conhecida a vazão (Q) no trecho e a área molhada (A), calculou-se a velocidade de escoamento no conduto a partir da Equação 14. O valor de velocidade aceitável para um projeto de drenagem deverá estar compreendido entre 0,75 e 5 m/s, segundo recomendação de Menezes Filho (2007).

$$V_e = \frac{Q}{A} \quad (14)$$

Onde:

$V$  = Velocidade do escoamento em m/s;

$Q$  = Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s);

$A$  = Área molhada (m<sup>2</sup>).

Mediante a aplicação das etapas supracitadas, dimensionou-se a rede de microdrenagem, obtendo-se a planilha de dimensionamento de drenagem conforme apresentado no Apêndice A.

### 3.1.3 Dimensionamento do sistema de microdrenagem

#### 3.1.3.1 Sarjetas

A sarjeta adotada para o presente projeto é do tipo triangular. O seu dimensionamento foi realizado mediante a aplicação da Equação 15 e considerou a situação mais crítica entre os trechos locais do projeto, com a maior vazão de contribuição local.

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{\eta}\right) \times S^{0,5} \times y^{8/3} \quad (m^3/s) \quad (15)$$

Onde:

$Q$  = descarga teórica (m<sup>3</sup>/s);

$Z$  = inverso da declividade transversal (valor recomendado  $Z \geq 10$ , adotado  $Z = 10$ );

$\eta$  = coeficiente de Rugosidade de Manning considerando a sarjeta com superfície de concreto bem acabado (valor adotado = 0,012);

$S$  = declividade Longitudinal calculada para o ponto onde foi feito o dimensionamento (m/m);

$y$  = lâmina d'água (m).

Após identificar o valor de  $y$ , obteve-se a largura da sarjeta por meio da Equação 16.

$$Larg = z \times y \quad (16)$$

### 3.1.3.2 Bocas de lobo

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 projeto executivo considerou o posicionamento destes dispositivos a pelo menos 3 m de distância do chanfro, de modo a promover a segurança necessária à travessia dos pedestres nas vias.

O dimensionamento das bocas de lobo considerou a situação mais crítica entre os trechos do trajeto em questão, utilizando a Equação 17. Neste caso, como a vazão de engolimento depende da quantidade de bocas de que captam o volume, optou-se pelo trecho com contribuição elevada e menor número de bocas de lobo.

$$Q = 1,6 \times L \times y^{1,5} \quad (17)$$

Onde:

$Q$  = vazão de engolimento (m<sup>3</sup>/s);

$L$  = comprimento da soleira (m);

$y$  = lâmina d'água próxima a abertura da guia (m).

### 3.1.3.3 Escada hidráulica

As escadas hidráulicas foram dimensionadas por meio do modelo de Gonçalves e Chanson. Tais dispositivos foram previstos para alocação no fim de algumas das redes dimensionadas, com vista a diminuição velocidade das águas que saem da tubulação, carreamento de solo e assoreamento das bacias de retenção previstas em projeto.

Para início do dimensionamento deste dispositivo é necessária a identificação da vazão de pico no ponto de instalação da escada, o diâmetro da tubulação de descarga que conflui para o local, o desnível correspondente e o comprimento da escada.

Determina-se inicialmente a largura da escada hidráulica. Embora não exista uma recomendação para os valores, admite-se a Equação 18.

$$B \geq 2,0 \times D \quad (18)$$

Sendo:

$B$  = largura da escada hidráulica e do canal de início da escada (m);

$D$  = diâmetro do tubo (m).

Calcula-se, então, a área de seção do tubo por meio da Equação 19.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (19)$$

Onde:

$A$  = área do tubo (m<sup>2</sup>);

$D$  = diâmetro do tubo (m).

Tendo os valores de área de seção do tubo e a vazão de pico para o ponto de instalação da escada hidráulica, procedeu-se com o cálculo da velocidade por meio da equação da continuidade. Posteriormente, obteve-se o Froude, Equação 20, cujo valor deve variar entre 1 e 2,5.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \times D}} \quad (20)$$

Onde:

$v$  = velocidade de escoamento na tubulação (m/s);

$g$  = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>);

$D$  = diâmetro da tubulação (m).

Diante do valor do Froude, largura da escada e diâmetro da tubulação, calculou-se o Comprimento de Transição conforme Equação 21.

$$L = \frac{(3 \times F) - (B - D)}{2} \quad (21)$$

Onde:

$F$  = Froude;

$B$  = largura da escada hidráulica e do canal de início da escada (m);

$D$  = diâmetro da tubulação (m).

De posse da vazão de pico e da largura da escada hidráulica, determinou-se a profundidade crítica, Equação 22, para que se pudesse determinar a altura do degrau, a sua quantidade e o seu comprimento por meio das Equações 23, 24 e 25 respectivamente.

$$dc = \sqrt[3]{\left(\frac{q^2}{g \times B^2}\right)} \quad (22)$$

Sendo:

$dc$  = profundidade crítica (m);

$q$  = vazão de pico (m<sup>3</sup>/s);

$g$  = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>);

$B$  = largura da escada hidráulica e do canal de início da escada (m).

$$1 < \frac{dc}{h} < 3,2 \quad (23)$$

Onde:

$dc$  = profundidade crítica (m);

$h$  = altura mínima (m<sup>3</sup>/s).

Admitiu-se então um valor de altura  $h'$ , compreendido entre  $h$  e  $dc$ . Tal condição garantiu o regime de escoamento *skimming flow*.

$$Nd = \frac{H}{h'} \quad (24)$$

Onde:

$Nd$  = número de degraus;

$H$  = desnível entre coletor e terreno (m);

$h'$  = altura do degrau (m<sup>3</sup>/s).

$$Ld = \frac{L}{Nd} \quad (25)$$

Sendo:

$Ld$  = comprimento de cada degrau (m);

$L$  = comprimento total da escada (m);

$Nd$  = número de degraus.

Por fim, foi avaliado o regime de escoamento, devendo este caracterizar-se como *skimming flow*, mediante a aplicação da Equação 26.

$$\frac{dc}{h} > 0,91 - 0,14 \times \frac{h}{b} \quad (26)$$

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo em vista a sistematização proposta, realizou-se o dimensionamento da rede de drenagem urbana do bairro Santa Cecília, permitindo assim uma análise técnica sobre os atuais mecanismos de controle utilizados no bairro.

### 4.1 ANÁLISE DIAGNÓSTICA

Após consulta realizada a prefeitura municipal de Cajazeiras não foram identificadas leis, planos ou projetos de drenagem para a cidade e, conseqüentemente, o bairro Santa Cecília. Segundo informações levantadas, as soluções admitidas para os pontos de inundação na cidade 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.

Realizada a análise *in situ* em detrimento do sistema dimensionado, tornou-se evidente a insuficiência de dispositivos de drenagem para o bairro. Foram identificados na área alguns dispositivos de drenagem, conforme apresenta a Tabela 1.

**Tabela 1 – Dispositivos de drenagem localizados no bairro Santa Cecília**

LOCALIZAÇÃO	BOCA DE LOBO	EXTENSÃO DO TRECHO (m)	NÚMERO
Rua Santa Cecília	Simples	478	2
Rua Comandante Vital Rolim	Simples	240	8
Rua Protázio de Souza Lima	Simples	1010	4
Rua Antônio Fernandes da Silva	Simples, grelha	1092	4
<b>Quantidade total</b>			<b>18</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os dispositivos localizados às ruas Santa Cecília e Antônio Fernandes da Silva estão integrados em um mesmo sistema que segue para uma área de várzea perpendicular à Avenida José Rodrigues Alves. De modo semelhante, os dispositivos das ruas Santa Cecília e Comandante Vital Rolim seguem para o canal Santa Cecília que corta a cidade no bairro Centro.

De modo geral, grande parte das vias com calçamento, no lado oeste do bairro, não apresentam sarjetas nem o abaulamento das vias. Os dispositivos identificados na região apresentam sinais de precariedade como a ausência de tampa nas caixas das bocas de lobo, Figura 4. Outros dispositivos estão posicionados em locais sem infraestrutura adequada das

vias, conforme apresenta a Figura 5, onde se percebe, além do nível elevado da boca de lobo em relação à faixa de rolamento, a possibilidade de carreamento de solo da via sem calçamento para dentro do sistema de drenagem ali presente. Tal fato ressalta a importância da integração entre os diferentes dispositivos de drenagem à uma infraestrutura urbana adequada das vias.

**Figura 4 – Boca de lobo localizada em via sem calçamento**



Fonte: Acervo do autor (2020)

**Figura 5 – Caixa da boca de lobo sem tampa**



Fonte: Acervo do autor (2020)

Quando comparados os dados de diagnóstico apresentados na Tabela 1 ao dimensionamento realizado neste estudo, com base em fundamentação científica, Tabela 2, observa-se a grande disparidade entre o sistema real e o sistema ideal ao manejo de águas pluviais, desenvolvido para a área de estudo.

**Tabela 2 – 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
<b>Quantidade total</b>			<b>66</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

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 à montante do trecho.

A área leste do bairro, conforme constatou-se ao longo das visitas de campo, se encontra em processo de urbanização, não estando ocupados os lotes em sua totalidade. Isto indica a possibilidade de implantação do projeto de drenagem no bairro sem grandes impactos financeiros decorrentes da remoção de infraestruturas pré existentes na área como se aplicaria ao lado oeste, cuja pavimentação já se encontra executada.

#### 4.2 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DA MACRO E MICRODRENAGEM

A intensidade pluviométrica obtida para a cidade de Cajazeiras, com base na equação IDF proposta por Brito et al. (2017), forneceu um valor de 196,76 mm/h.

O posicionamento das bocas de lobo seguiu, para a maioria dos trechos, o duplo posicionamento, uma em cada lado da via, conforme detalhamento contido no Apêndice B. 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 (Leste 01, Leste 02, Leste 03, Centro 01, Centro 02, Oeste 01 e Oeste 02).

Diante do posicionamento das galerias pluviais, coleta dos comprimentos de cada trecho, determinação das áreas de contribuição, automação e preenchimento da tabela de dimensionamento procedeu-se com a análise dos dados.

Como apresentado na metodologia, para garantia do trecho mais econômico no processo de dimensionamento, o valor de lâmina d'água ( $h/D$ ) deve estar contido em um intervalo entre 0,10 e 0,85. Já o valor de velocidade ( $v$ ) deverá atender um intervalo de valor superior a 0,75 e inferior a 5 metros por segundo. 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 na orientação de Menezes Filho (2007), com aumento sistemático do diâmetro comercial para valor superior ligeiramente mais próximo. Deste modo, o diâmetro comercial assume novo valor superior ao calculado para o trecho na primeira etapa do dimensionamento.

O ajuste de diâmetro proporciona o aumento da área de seção da tubulação, reduzindo o ângulo central e conseqüentemente o valor de lâmina d'água. A velocidade, inversamente proporcional a área de seção das galerias, também é reduzida substancialmente à medida que se aumenta a área de seção no trecho. No entanto, tal solução pode gerar impactos financeiros de grande vulto nos sistemas de drenagem, nem sempre se apresentando como a solução mais econômica para a rede (MENEZES FILHO, 2007).

Aos 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, conforme detalhe exibido no Apêndice B. 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 de diâmetro entre 400 mm e 1000 mm, considerados microdrenagem, indo até 1200 mm, considerado macrodrenagem, conforme apresenta a Tabela 3.

**Tabela 3 – Número de trechos e extensão total em função dos diâmetros**

<b>DIÂMETRO COMERCIAL</b>	<b>NÚMERO DE TRECHOS</b>	<b>EXTENSÃO (m)</b>	<b>% EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO DE REDE TOTAL</b>
<b>400</b>	52	2751,67	46,09
<b>500</b>	29	1479,59	24,79
<b>600</b>	14	744,13	12,46
<b>800</b>	8	483,25	8,10
<b>1000</b>	5	266,87	4,47
<b>1200</b>	7	244,24	4,09
<b>Extensão total de rede (m)</b>		<b>5969,75</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 4.3 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM E DA ESCADA HIDRÁULICA

O dimensionamento da microdrenagem, composta essencialmente das 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 local de drenagem 5998,68 m<sup>2</sup>, convergindo um volume total de 0,262 m<sup>3</sup>/s, dividida para apenas um trecho, no sentido longitudinal da via. Desse modo, a vazão crítica considerada corresponde a 50% do volume captado pela área A97, tendo sido obtidos os valores conforme observa-se na Tabela 4.

**Tabela 4 – Dados e resultados do dimensionamento de sarjetas**

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

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

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 5.

**Tabela 5 – Dados e resultados do dimensionamento das bocas de lobo**

Q (m <sup>3</sup> /s)	y (m)	L (m)	Q <sub>eng</sub> (m <sup>3</sup> /s)	h (m)
0,044	0,086	1,20	0,048	0,15

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

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 de vazão bem como da possibilidade de carreamento de partículas do solo que possam assorear a área da bacia de detenção, destinada ao recebimento do efluente pluvial. Os pontos de implantação bem como as dimensões obtidas podem ser verificadas na Tabela 6.

**Tabela 6 – Dados e resultados do dimensionamento de escadas hidráulicas**

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

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

#### 4.4 MEDIDAS DE CONTROLE NO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Foram admitidas soluções estruturais intensivas de controle da drenagem por meio da 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 8950,04 m<sup>2</sup> 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.

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.

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 localizar-se próxima à região de descarga.

## 5 CONCLUSÃO

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, se mostram 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 dificultam 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 mediante do provável incremento 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 1000 mm, onde o sistema de galerias deixa de deter a função de microdrenagem e passa a ser macrodrenagem.

Observa-se que 95,91% da rede é composta por diâmetros inferiores a 1200 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 1200 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 infraestrutura 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 a 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.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844:** Instalações prediais de águas pluviais – procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 13p.

ARAGÃO, R. **Sistemas de drenagem urbana:** Cuiabá, 2017. 50 slides, color. Disponível em: <https://docplayer.com.br/64381192-Sistemas-de-drenagem-urbana.html>. Acesso em 12 fev. 2020.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F. F. **Manual de hidráulica.** 9 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2015.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva:** engenharia das águas pluviais nas cidades. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1998.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana.** 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2011.

BRASIL, F. P. D.; CARNEIRO, R.; TEIXEIRA, L. M. G. **Democracia e inclusão:** novos marcos para o planejamento e as políticas urbanas 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. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.766**, de 19 de dez. de 1979. **Dispõe sobre o parcelamento do solo e dá outras providências.** Brasília, DF, dez. 1979. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm). Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de jan. de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Brasília, DF, jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.257**, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.** Brasília, DF, jul. 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10257.htm#:~:text=LEI%20No%2010.257%2C%20DE%2010%20DE%20JULHO%20DE%202001.&text=182%20e%20183%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o,urbana%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias.&text=Art.,aplicado%20o%20previsto%20nesta%20Lei](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm#:~:text=LEI%20No%2010.257%2C%20DE%2010%20DE%20JULHO%20DE%202001.&text=182%20e%20183%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o,urbana%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias.&text=Art.,aplicado%20o%20previsto%20nesta%20Lei). Acesso em: 16 out. 2020.

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/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). Acesso em: 26 jun. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento básico**. 2. ed. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011. 152 p. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/guiasaneamento.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020.

BRITO, C. S.; BRITO, Z. S.; MEDEIROS, A. N.; XAVIER, M. K. M.; QUEIROZ, M. M. F. (2017) Caracterização dos parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Cajazeiras – PB. *In: CONGRECO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS*. 2. 2017, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: CONAPESC.

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. 2020.

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

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPCÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde Debate**, v.43, n.spe3, p.94-108, dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sdeb/v43nspe3/0103-1104-sdeb-43-spe03-0094.pdf>. Acesso: 28 jun. 2020.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Drenagem de Rodovias** - 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/manual\\_drenagem\\_rodovias.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_drenagem_rodovias.pdf). Acesso em: 20 ago. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de Cajazeiras – PB**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cajazeiras/panorama>. Acesso: 22 set. 2020.

LUCAS, A. H.; SOBRINHA, L. A.; MORUZZI, R. B.; BARBASSA, A. P. Avaliação na construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.1, p.17-28, mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v20n1/1413-4152-esa-20-01-00017.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

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

MENEZES FILHO, F. C. M.; COSTA, A. R. Verificação do dimensionamento das galerias de águas pluviais em uma sub-bacia do córrego Botafogo na cidade de Goiânia – GO. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.1, n.4, p.1-11, jul. 2012. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/18164>. Acesso em: 10 ago. 2020.

PARAÍBA. Lei n° 9.260, de 25 de nov. de 2010. **Institui princípios e estabelece diretrizes da política estadual de saneamento básico, autoriza e disciplina a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico, estabelece os direitos e deveres dos usuários dos serviços de saneamento básico e dos seus prestadores, e dá outras providências.**

João Pessoa, PB, nov. 2010. Disponível em: [https://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-9260-2010-pb\\_145536.html#:~:text=I%20%2D%20instituir%20princ%C3%ADpios%20e%20estabelecer,Constitui%C3%A7%C3%A3o%20do%20Estado%20da%20Para%C3%ADba%3B&text=III%20%2D%20estabelecer%20os%20direitos%20e,b%C3%AAsico%20e%20dos%20seus%20prestadores](https://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-9260-2010-pb_145536.html#:~:text=I%20%2D%20instituir%20princ%C3%ADpios%20e%20estabelecer,Constitui%C3%A7%C3%A3o%20do%20Estado%20da%20Para%C3%ADba%3B&text=III%20%2D%20estabelecer%20os%20direitos%20e,b%C3%AAsico%20e%20dos%20seus%20prestadores). Acesso em: 16 out. 2020.

PARANÁ. SUDERHSA-Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de drenagem urbana: Região Metropolitana de Curitiba – PR**, versão 1.0. Curitiba – PR, 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAJAZEIRAS. **Plano Diretor de Cajazeiras – PB.**

Companhia Pró-Desenvolvimento de Campina Grande e Fundação Instituto de Planejamento da Paraíba. Cajazeiras, 1978, 142 p.

REZENDE, Rafaela de Freitas. **Dimensionamento do sistema de drenagem tradicional e sistema com utilização de microrreservatórios: estudo de caso no município de itabirino –MG.** Orientador: André Luiz Marques Rocha. 2018. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NTS 025: Projetos de redes coletoras de esgotos.** São Paulo, p.26. 2006.

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. 2020.

SATIRO, R. S.; LIMA, R. G.; SOUSA, F. C. F.; DUARTE, F. K. D. (2019) Drenagem urbana de águas pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Cajazeiras – PB. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE. 1., 2019, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: CONIDIS.

SILVA, Pedro Oliveira da. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub-bacia do rio Jiquiá no Recife.** Orientador: Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral. 2011. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

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/62/1361c5cc630781dc57b7a74787e9d9ce\\_bc8f77c71c3ef1a7b](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/62/1361c5cc630781dc57b7a74787e9d9ce_bc8f77c71c3ef1a7b)

0e0fc3cd3a2679f.pdf. Acesso em: 13 nov. 2020.

SOUZA, V. C. B. Gestão da drenagem urbana no Brasil: Desafios para a sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.1, n.1, p.057-072, jan. 2013. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>. Acesso em: 10 nov. 2020.

TOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais**. Guarulhos – SP, 2010. Disponível em: <https://www.pliniotomaz.com/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia** – ciência e aplicação. 4 ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade (UFRGS), 2007.

VASCONCELOS, A. F.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.4, p.655-662, dez. 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-S1413\\_41522016146469.pdf](https://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-S1413_41522016146469.pdf). Acesso em: 10 nov. 2020.

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. 2020.

**APÊNDICE A – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE  
DRENAGEM URBANA - BAIRRO SANTA CECÍLIA (CAJAZEIRAS -  
PB)**

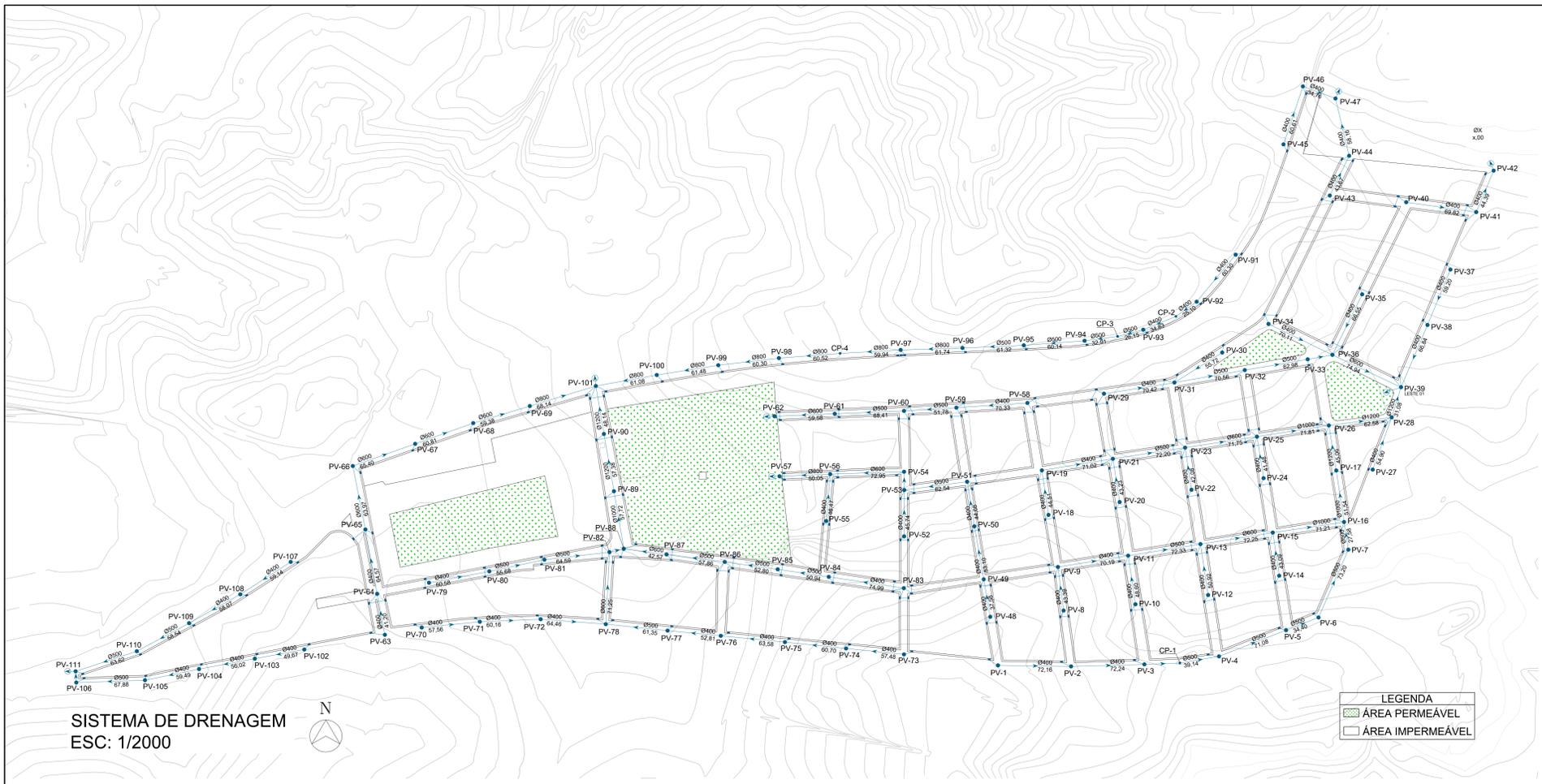
**PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM URBANA - BAIRRO SANTA CECÍLIA (CAJAZEIRAS - PB)**

REDE	TRECHO	EXTENSÃO [m]	ÁREA [m²]		TC [min]	C	I [mm/min]	Q <sub>oc</sub> [m³/s]	Q [m³/s]	D [mm]	COTA DO TERRENO [m]		St [m/m]	Sg [m/m]	PROFUNDIDADE DA GALERIA [m]		K	θ [rad]	h/D	A [m²]	V [m/s]	Tp [min]
			TRECHO	TOTAL							MONT.	JUS.			MONT.	JUS.						
			LESTE 01	PV1-PV2							72,16	1560,65			1560,65	5,00						
PV2-PV3	72,24	2019,71		3580,36	5,45	0,75	3,279	0,0828	0,1468	400	303	301	0,028	0,028	1,40	1,40	0,1320	2,947	0,45	0,055	2,66	0,452
PV3-CP1	35,23	2003,19		5583,55	5,38	0,75	3,279	0,0821	0,2289	500	301	301	0,000	0,005	1,40	1,58	0,2672	4,018	0,71	0,150	1,53	0,384
CP1-PV4	39,14	2003,19		5583,55	5,23	0,75	3,279	0,0821	0,2289	500	301	300	0,026	0,026	1,58	1,58	0,1182	2,840	0,42	0,079	2,88	0,227
PV4-PV5	71,08	1792,65		7376,20	5,49	0,75	3,279	0,0735	0,3024	500	300	299	0,014	0,014	1,58	1,58	0,2104	3,561	0,60	0,124	2,44	0,486
PV5-PV6	34,40	1453,03		8829,23	5,17	0,75	3,279	0,0596	0,3619	500	299	298	0,029	0,029	1,58	1,58	0,1752	3,285	0,54	0,107	3,38	0,170
PV6-PV7	73,20	958,98		9788,21	5,28	0,75	3,279	0,0393	0,4012	500	298	294	0,055	0,055	1,58	1,58	0,1417	3,022	0,47	0,091	4,42	0,276
PV7-PV16	27,58	2038,09		11826,30	5,12	0,75	3,279	0,0835	0,4848	500	294	293	0,036	0,036	1,58	1,58	0,2102	3,559	0,60	0,124	3,91	0,117
PV8-PV9	43,39	2285,30		2285,30	5,00	0,75	3,279	0,0937	0,0937	400	304	303	0,023	0,023	1,40	1,40	0,0924	2,634	0,37	0,043	2,18	0,332
PV9-PV11	70,19	4670,48		6955,78	5,29	0,75	3,279	0,1915	0,2851	400	303	299	0,057	0,057	1,40	1,40	0,1788	3,312	0,54	0,070	4,09	0,286
PV10-PV11	48,60	3424,73		3424,73	5,00	0,75	3,279	0,1404	0,1404	400	300	299	0,021	0,021	1,40	1,40	0,1465	3,059	0,48	0,060	2,36	0,343
PV11-PV13	72,33	4679,48		15059,99	5,25	0,75	3,279	0,1918	0,6173	500	299	295	0,055	0,055	1,40	1,40	0,2167	3,610	0,62	0,127	4,86	0,248
PV12-PV13	50,92	3634,13		3634,13	5,00	0,75	3,279	0,1490	0,1490	400	296	295	0,020	0,020	1,40	1,40	0,1591	3,158	0,50	0,063	2,35	0,362
PV13-PV15	72,25	5053,47		23747,59	5,29	0,75	3,279	0,2072	0,9735	600	295	293	0,028	0,028	1,40	1,40	0,2970	4,328	0,78	0,236	4,12	0,293
PV14-PV15	43,09	2324,33		2324,33	5,00	0,75	3,279	0,0953	0,0953	400	295	293	0,046	0,046	1,40	1,40	0,0662	2,391	0,32	0,034	2,79	0,258
PV15-PV16	71,21	4407,46		30479,38	5,50	0,75	3,279	0,1807	1,2494	1000	293	293	0,000	0,005	1,40	1,76	0,2297	3,711	0,64	0,531	2,35	0,505
PV16-PV17	51,54	3263,88		45569,56	5,20	0,75	3,279	0,1338	1,8680	1000	293	292	0,019	0,019	1,76	1,76	0,1743	3,278	0,53	0,427	4,38	0,196
PV17-PV26	45,06	1832,45		47402,01	5,29	0,75	3,279	0,0751	1,9431	1200	292	292	0,000	0,005	1,76	1,98	0,2197	3,633	0,62	0,739	2,63	0,286
PV18-PV19	44,51	2346,58		2346,58	5,00	0,75	3,279	0,0962	0,0962	400	301	299	0,045	0,045	1,40	1,40	0,0679	2,409	0,32	0,035	2,76	0,268
PV19-PV21	71,02	2914,36		5260,94	5,41	0,75	3,279	0,1195	0,2157	400	299	297	0,028	0,028	1,40	1,40	0,1923	3,419	0,57	0,074	2,92	0,405
PV20-PV21	43,23	2319,74		2319,74	5,00	0,75	3,279	0,0951	0,0951	400	299	297	0,046	0,046	1,40	1,40	0,0662	2,390	0,32	0,034	2,78	0,259
PV21-PV23	72,20	5478,52		13059,20	5,33	0,75	3,279	0,2246	0,5353	500	297	295	0,028	0,028	1,40	1,40	0,2655	4,003	0,71	0,149	3,60	0,334
PV22-PV23	42,08	2463,18		2463,18	5,00	0,75	3,279	0,1010	0,1010	400	296	295	0,024	0,024	1,40	1,40	0,0980	2,681	0,39	0,045	2,26	0,311
PV23-PV25	71,75	6235,23		21757,61	5,25	0,75	3,279	0,2556	0,8919	600	295	292	0,042	0,042	1,40	1,40	0,2214	3,647	0,62	0,186	4,80	0,249
PV24-PV25	41,48	2563,73		2563,73	5,00	0,75	3,279	0,1051	0,1051	400	293	292	0,024	0,024	1,40	1,40	0,1013	2,707	0,39	0,046	2,30	0,301
PV25-PV26	71,81	6128,33		30449,67	5,51	0,75	3,279	0,2512	1,2482	1000	292	292	0,000	0,005	1,40	1,76	0,2295	3,709	0,64	0,531	2,35	0,509
PV26-PV28	62,58	5042,18		82893,86	5,22	0,75	3,279	0,2067	3,3980	1200	292	291	0,016	0,016	1,76	1,76	0,2149	3,596	0,61	0,726	4,68	0,223
PV27-PV28	54,90	843,87		843,87	5,00	0,75	3,279	0,0346	0,0346	400	292	291	0,018	0,018	1,40	1,40	0,0384	2,031	0,24	0,023	1,52	0,600
PV28-PV39	31,08	1737,10		85474,83	5,08	0,75	3,279	0,0712	3,5038	1200	291	290	0,032	0,032	1,76	1,76	0,1562	3,135	0,50	0,563	6,22	0,083
PV29-PV31	70,42	2559,35		2559,35	5,00	0,75	3,279	0,1049	0,1049	400	297	296	0,014	0,014	1,40	1,40	0,1318	2,945	0,45	0,055	1,91	0,615
PV30-PV31	55,72	1385,84		1385,84	5,00	0,75	3,279	0,0568	0,0568	400	296	296	0,000	0,005	1,40	1,68	0,1202	2,856	0,43	0,051	1,10	0,842
PV31-PV32	70,56	5264,67		9209,86	5,46	0,75	3,279	0,2158	0,3775	500	296	295	0,014	0,014	1,68	1,68	0,2618	3,970	0,70	0,147	2,57	0,458
PV32-PV33	62,98	1885,46		11095,32	5,29	0,75	3,279	0,0773	0,4548	500	295	293	0,032	0,032	1,68	1,68	0,2107	3,563	0,60	0,124	3,66	0,286
PV33-PV36	24,38	2017,21		13112,53	5,10	0,75	3,279	0,0827	0,5375	500	293	293	0,000	0,005	1,68	1,80	0,6275	3,633	0,62	0,128	4,19	0,097
PV34-PV36	70,11	4397,06	4397,06	5,00	0,75	3,279	0,1802	0,1802	400	297	293	0,057	0,057	1,40	1,40	0,1129	2,799	0,41	0,049	3,66	0,319	

	LESTE 02	PV35-PV36	66,55	6134,12	6134,12	5,00	0,75	3,279	0,2514	0,2514	400	294	293	0,015	0,015	1,40	1,40	0,3070	4,463	0,81	0,109	2,31	0,479
		PV36-PV39	74,94	4300,29	27944,00	5,25	0,75	3,279	0,1763	1,1455	600	293	290	0,040	0,040	1,80	1,80	0,2906	4,252	0,76	0,232	4,94	0,253
		PV37-PV38	59,20	1989,95	1989,95	5,00	0,75	3,279	0,0816	0,0816	400	297	292	0,084	0,084	1,40	1,40	0,0420	2,087	0,25	0,024	3,35	0,295
		PV38-PV39	66,84	2781,92	4771,87	5,38	0,75	3,279	0,1140	0,1956	400	292	290	0,030	0,030	1,40	1,40	0,1692	3,237	0,52	0,067	2,93	0,380
	LESTE 03	PV40-PV41	69,82	2739,35	2739,35	5,00	0,75	3,279	0,1123	0,1123	400	297	298	-0,014	0,005	1,40	2,75	0,2377	3,774	0,66	0,087	1,29	0,905
		PV41-PV42	44,39	1703,50	4442,85	5,22	0,75	3,279	0,0698	0,1821	400	298	296	0,045	0,045	2,75	2,75	0,1284	2,919	0,44	0,054	3,37	0,219
		PV43-PV44	43,67	3879,06	3879,06	5,00	0,75	3,279	0,1590	0,1590	400	300	297	0,069	0,069	1,40	1,40	0,0908	2,621	0,37	0,042	3,74	0,194
		PV44-PV47	58,16	1989,10	5868,16	5,30	0,75	3,279	0,0815	0,2405	400	297	295	0,034	0,034	1,40	1,40	0,1941	3,434	0,57	0,074	3,23	0,300
	CENTRO 01	PV45-PV46	60,61	3294,34	3294,34	5,00	0,75	3,279	0,1350	0,1350	400	299	297	0,033	0,033	1,40	1,40	0,1113	2,786	0,41	0,049	2,77	0,365
		PV46-PV47	34,76	2444,33	5738,67	5,15	0,75	3,279	0,1002	0,2352	400	297	295	0,058	0,058	1,40	1,40	0,1468	3,061	0,48	0,060	3,95	0,147
		PV48-PV49	37,58	1752,92	1752,92	5,00	0,75	3,279	0,0719	0,0719	400	306	303	0,080	0,080	1,40	1,40	0,0381	2,026	0,24	0,023	3,19	0,197
		PV49-PV50	53,10	2110,71	3863,63	5,25	0,75	3,279	0,0865	0,1584	400	303	300	0,056	0,056	1,40	1,40	0,0997	2,694	0,39	0,045	3,50	0,253
		PV50-PV51	44,68	2996,96	6860,59	5,20	0,75	3,279	0,1229	0,2812	400	300	298	0,045	0,045	1,40	1,40	0,1989	3,471	0,58	0,076	3,71	0,201
		PV51-PV53	62,54	5052,76	11913,35	5,28	0,75	3,279	0,2071	0,4883	500	298	296	0,032	0,032	1,40	1,40	0,2254	3,678	0,63	0,131	3,73	0,279
		PV52-PV53	45,74	3163,22	3163,22	5,00	0,75	3,279	0,1297	0,1297	400	298	296	0,044	0,044	1,40	1,40	0,0928	2,638	0,38	0,043	3,01	0,253
		PV53-PV54	18,13	4641,16	19717,73	5,07	0,75	3,279	0,1902	0,8083	600	296	296	0,000	0,005	1,40	1,49	0,5802	3,591	0,61	0,181	4,46	0,068
		PV54-PV56	72,95	637,98	20355,71	5,28	0,75	3,279	0,0262	0,8344	600	296	295	0,014	0,014	1,49	1,49	0,3618	3,70	0,64	0,190	4,39	0,277
		PV55-PV56	46,47	3078,47	3078,47	5,00	0,75	3,279	0,1262	0,1262	400	296	295	0,022	0,022	1,40	1,40	0,1287	2,922	0,45	0,054	2,33	0,332
		PV56-PV57	50,05	4488,66	27922,84	5,21	0,75	3,279	0,1840	1,1446	800	295	294	0,020	0,020	1,49	1,49	0,1909	3,408	0,57	0,294	3,90	0,214
			CENTRO 02	PV58-PV59	70,33	2929,71	2929,71	5,00	0,75	3,279	0,1201	0,1201	400	298	297	0,014	0,014	1,40	1,40	0,1507	3,092	0,49	0,061
PV59-PV60	51,78			5470,45	8400,16	5,30	0,75	3,279	0,2242	0,3443	500	297	296	0,019	0,019	1,40	1,40	0,2045	3,515	0,59	0,121	2,84	0,304
PV60-PV61	68,41			4507,30	12907,46	5,33	0,75	3,279	0,1848	0,5291	500	296	296	0,000	0,005	1,40	1,74	0,6176	4,088	0,73	0,153	3,46	0,330
PV61-PV62	59,58			3943,87	16851,33	5,31	0,75	3,279	0,1617	0,6908	600	296	295	0,017	0,017	1,74	1,74	0,2707	4,049	0,72	0,218	3,17	0,313
PV63-PV64	41,20			1032,01	1032,01	5,00	0,75	3,279	0,0423	0,0423	400	299	297	0,049	0,049	1,40	1,40	0,0287	1,864	0,20	0,018	2,33	0,294
PV64-PV65	64,57			1544,81	2576,82	5,55	0,75	3,279	0,0633	0,1056	400	297	296	0,015	0,015	1,40	1,40	0,1270	2,909	0,44	0,054	1,97	0,546
PV65-PV66	63,97			5604,76	8181,58	5,63	0,75	3,279	0,2297	0,3354	600	296	296	0,000	0,005	1,40	1,72	0,2408	3,798	0,66	0,198	1,69	0,631
PV66-PV67	65,40			2250,37	10431,95	5,62	0,75	3,279	0,0922	0,4276	600	296	296	0,000	0,005	1,72	2,05	0,3070	4,462	0,81	0,244	1,75	0,623
PV67-PV68	60,81			3999,32	14431,27	5,33	0,75	3,279	0,1639	0,5916	600	296	295	0,016	0,016	2,05	2,05	0,2342	3,746	0,65	0,194	3,05	0,333
PV68-PV69	59,38			5347,45	19778,72	5,31	0,75	3,279	0,2192	0,8108	600	295	294	0,017	0,017	2,05	2,05	0,3171	4,623	0,84	0,253	3,21	0,309
PV69-PV101	68,14	5404,44	25183,16	5,34	0,75	3,279	0,2215	1,0323	800	294	293	0,015	0,015	2,05	2,05	0,2009	3,486	0,59	0,306	3,37	0,337		
	LESTE 02	PV70-PV71	57,56	857,37	857,37	5,00	0,75	3,279	0,0351	0,0351	400	298	297	0,017	0,017	1,40	1,40	0,0399	2,055	0,24	0,023	1,50	0,639
		PV71-PV72	60,16	2078,35	2935,72	5,48	0,75	3,279	0,0852	0,1203	400	297	296	0,017	0,017	1,40	1,40	0,1397	3,006	0,47	0,057	2,10	0,479
		PV72-PV78	64,46	2228,38	5164,10	5,47	0,75	3,279	0,0913	0,2117	400	296	295	0,016	0,016	1,40	1,40	0,2544	3,908	0,69	0,092	2,30	0,467
		PV73-PV74	57,48	1277,09	1277,09	5,00	0,75	3,279	0,0524	0,0524	400	307	304	0,052	0,052	1,40	1,40	0,0343	1,964	0,22	0,021	2,52	0,381
		PV74-PV75	60,70	1810,85	3087,94	5,29	0,75	3,279	0,0742	0,1266	400	304	300	0,066	0,066	1,40	1,40	0,0738	2,468	0,33	0,037	3,43	0,295
		PV75-PV76	63,58	2047,19	5135,13	5,30	0,75	3,279	0,0839	0,2105	400	300	297	0,047	0,047	1,40	1,40	0,1450	3,048	0,48	0,059	3,56	0,297
		PV76-PV77	52,81	1797,65	6932,78	5,34	0,75	3,279	0,0737	0,2842	400	297	296	0,019	0,019	1,40	1,40	0,3091	4,493	0,81	0,109	2,60	0,339
		PV77-PV78	61,35	1969,72	8902,50	5,38	0,75	3,279	0,0807	0,3649	500	296	295	0,016	0,016	1,40	1,40	0,2359	3,760	0,65	0,136	2,69	0,380
		PV78-PV82	71,25	4110,38	18176,98	5,41	0,75	3,279	0,1685	0,7451	600	295	294	0,014	0,014	1,40	1,40	0,3193	4,660	0,84	0,255	2,93	0,406
		PV79-PV80	60,58	1758,36	1758,36	5,00	0,75	3,279	0,0721	0,0721	400	297	295	0,033	0,033	1,40	1,40	0,0594	2,315	0,30	0,032	2,28	0,443

OESTE 01	PV80-PV81	55,68	2808,93	4567,29	5,63	0,75	3,279	0,1151	0,1872	500	295	295	0,000	0,005	1,40	1,68	0,2186	3,624	0,62	0,128	1,47	0,633
	PV81-PV82	64,59	2901,67	7468,96	5,42	0,75	3,279	0,1189	0,3062	500	295	294	0,015	0,015	1,68	1,68	0,2031	3,504	0,59	0,121	2,54	0,424
	PV82-PV88	14,59	5100,90	30746,84	5,10	0,75	3,279	0,2091	1,2604	1000	294	294	0,000	0,005	1,68	1,75	0,2317	3,727	0,64	0,535	2,36	0,103
	PV83-PV84	74,99	3470,87	3470,87	5,00	0,75	3,279	0,1423	0,1423	400	302	300	0,027	0,027	1,40	1,40	0,1304	2,934	0,45	0,055	2,61	0,479
	PV84-PV85	50,94	4521,22	7992,09	5,30	0,75	3,279	0,1853	0,3276	500	300	299	0,020	0,020	1,40	1,40	0,1930	3,425	0,57	0,116	2,83	0,300
	PV85-PV86	52,80	2874,16	10866,25	5,22	0,75	3,279	0,1178	0,4454	500	299	297	0,038	0,038	1,40	1,40	0,1889	3,393	0,56	0,114	3,91	0,225
	PV86-PV87	57,86	3609,29	14475,54	5,24	0,75	3,279	0,1480	0,5934	500	297	295	0,035	0,035	1,40	1,40	0,2634	3,985	0,70	0,148	4,01	0,240
	PV87-PV88	42,57	2893,98	17369,52	5,19	0,75	3,279	0,1186	0,7120	600	295	294	0,023	0,023	1,40	1,40	0,2358	3,759	0,65	0,195	3,65	0,195
	PV88-PV89	57,72	2855,68	50972,04	5,22	0,75	3,279	0,1171	2,0894	1000	294	293	0,017	0,017	1,75	1,75	0,2064	3,529	0,60	0,488	4,28	0,225
	PV89-PV90	57,38	2974,85	53946,89	5,35	0,75	3,279	0,1219	2,2114	1200	293	293	0,000	0,005	1,75	2,04	0,2500	3,872	0,68	0,817	2,71	0,353
	PV90-PV101	48,14	4155,26	58102,15	5,29	0,75	3,279	0,1703	2,3817	1200	293	293	0,000	0,005	2,04	2,28	0,2693	4,036	0,72	0,867	2,75	0,292
	PV91-PV92	60,30	2677,07	2677,07	5,00	0,75	3,279	0,1097	0,1097	400	300	299	0,017	0,017	1,40	1,40	0,1275	2,912	0,44	0,054	2,04	0,492
	PV92-CP2	25,10	3152,21	5829,28	5,19	0,75	3,279	0,1292	0,2390	400	299	299	0,000	0,005	1,40	1,53	0,5058	4,380	0,79	0,106	2,24	0,186
	CP2-PV93	34,83	3152,21	5829,28	5,26	0,75	3,279	0,1292	0,2390	400	299	299	0,000	0,005	1,53	1,70	0,5058	4,380	0,79	0,106	2,24	0,259
	PV93-CP3	26,15	3002,86	8832,14	5,12	0,75	3,279	0,1231	0,3620	500	299	299	0,000	0,005	1,70	1,83	0,4226	3,193	0,51	0,101	3,57	0,122
	CP3-PV94	32,91	3002,86	8832,14	5,15	0,75	3,279	0,1231	0,3620	500	299	299	0,000	0,005	1,83	1,99	0,4226	3,193	0,51	0,101	3,57	0,154
	PV94-PV95	60,14	2960,60	11792,74	5,35	0,75	3,279	0,1214	0,4834	500	299	299	0,000	0,005	1,99	2,30	0,5643	4,475	0,81	0,170	2,84	0,353
	PV95-PV96	61,32	3097,37	14890,11	5,26	0,75	3,279	0,1270	0,6104	500	299	297	0,033	0,033	2,30	2,30	0,2790	4,128	0,74	0,155	3,94	0,260
	PV96-PV97	61,74	2961,66	17851,77	5,50	0,75	3,279	0,1214	0,7318	800	297	298	-0,016	0,005	2,30	3,60	0,2439	3,823	0,67	0,356	2,05	0,501
	PV97-CP4	59,94	5816,32	23668,09	5,47	0,75	3,279	0,2384	0,9702	800	298	299	-0,017	0,005	3,60	4,90	0,3234	4,737	0,86	0,459	2,11	0,473
CP4-PV98	60,52	5816,32	23668,09	5,29	0,75	3,279	0,2384	0,9702	800	299	298	0,017	0,017	4,90	4,90	0,1779	3,306	0,54	0,278	3,50	0,289	
PV98-PV99	60,30	3227,04	26895,13	5,28	0,75	3,279	0,1323	1,1025	800	298	297	0,017	0,017	4,90	4,90	0,2018	3,494	0,59	0,307	3,59	0,280	
PV99-PV100	61,48	2830,66	29725,79	5,18	0,75	3,279	0,1160	1,2185	800	297	294	0,049	0,049	4,90	4,90	0,1300	2,932	0,45	0,218	5,59	0,183	
PV100-PV101	61,08	2813,66	32539,45	5,27	0,75	3,279	0,1153	1,3338	800	294	293	0,016	0,016	4,90	4,90	0,2457	3,837	0,67	0,358	3,72	0,273	
OESTE 02	PV102-PV103	49,67	1462,44	1462,44	5,00	0,75	3,279	0,0599	0,0599	400	299	298	0,020	0,020	1,40	1,40	0,0632	2,359	0,31	0,033	1,81	0,457
	PV103-PV104	56,02	2390,93	3853,37	5,27	0,75	3,279	0,0980	0,1580	400	298	295	0,054	0,054	1,40	1,40	0,1022	2,714	0,39	0,046	3,43	0,272
	PV104-PV105	54,49	2135,90	5989,27	5,36	0,75	3,279	0,0876	0,2455	400	295	294	0,018	0,018	1,40	1,40	0,2712	4,054	0,72	0,097	2,53	0,358
	PV105-PV106	67,88	1666,60	7655,87	5,45	0,75	3,279	0,0683	0,3138	500	294	293	0,015	0,015	1,40	1,40	0,2134	3,585	0,61	0,125	2,50	0,452
	PV106-PV111	11,15	1607,42	9263,29	5,11	0,75	3,279	0,0659	0,3797	600	293	293	0,000	0,005	1,40	1,46	0,2726	4,067	0,72	0,219	1,73	0,107
	PV107-PV108	59,14	1971,14	1971,14	5,00	0,75	3,279	0,0808	0,0808	400	296	295	0,017	0,017	1,40	1,40	0,0930	2,639	0,38	0,043	1,87	0,526
	PV108-PV109	58,07	3728,84	5699,98	5,37	0,75	3,279	0,1529	0,2337	400	295	295	0,000	0,005	1,40	1,69	0,4945	3,805	0,66	0,088	2,64	0,366
	PV109-PV110	58,54	2602,11	8302,09	5,36	0,75	3,279	0,1067	0,3403	500	295	294	0,017	0,017	1,69	1,69	0,2149	3,596	0,61	0,126	2,70	0,362
	PV110-PV111	63,62	2183,05	10485,14	5,39	0,75	3,279	0,0895	0,4298	500	294	293	0,016	0,016	1,69	1,69	0,2830	4,169	0,75	0,157	2,74	0,387
	DESCARGA DE REDE	PV39	-	4148,50	122339,20	5,00	0,75	3,279	0,1701	5,0149	1200	OBSERVAÇÕES PARA A DESCARGA DE REDE										
PV42		-	2845,89	7288,74	5,00	0,75	3,279	0,1167	0,2988	400	1. PARA INFORMAÇÕES FALTANTES NESTE DOCUMENTO, FAVOR DIRIGIR-SE AO TCC.											
PV47		-	0,00	11606,83	5,00	0,75	3,279	0,0000	0,4758	400	2. OS VOLUMES CAPTADOS PELA REDE SEGUEM POR GRAVIDADE ATRAVÉS DAS GALERIAS PLUVIAIS, CONFORME EXIBE A PRANCHA 01/01, ATÉ OS POÇOS DE VISITA NOS FINS DE REDE.											
PV57		-	3050,53	30973,37	5,00	0,75	3,279	0,1250	1,2697	800	3. OS VALORES APRESENTADOS NAS LINHAS PARA A 'DESCARGA DE REDE', AO LADO, FORNECEM O DIÂMETRO PARA A CANALIZAÇÃO DE SAÍDA DOS POÇOS DE VISITA TERMINAIS, LOCALIZADOS A JUSANTE DE CADA REDE.											
PV62		-	3443,27	20294,60	5,00	0,75	3,279	0,1411	0,8319	600	4. PROJETOS FUTUROS DEVERÃO SER COMPATIBILIZADOS PARA QUE AS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO NÃO SEJAM SUPERESTIMADAS.											
PV101		-	7514,30	123339,06	5,00	0,75	3,279	0,3080	5,0559	1200	5. REDES QUE POSSAM SER PROJETADAS FUTURAMENTE PARA INTEGRAR-SE A JUSANTE DESTA SISTEMA DEVERÃO CONSIDERAR OS VOLUMES CAPTADOS A MONTANTE.											
PV111	-	1432,11	21180,54	5,00	0,75	3,279	0,0587	0,8682	500													

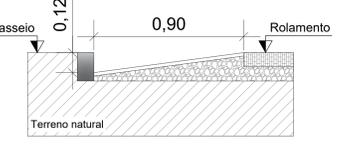
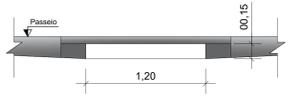
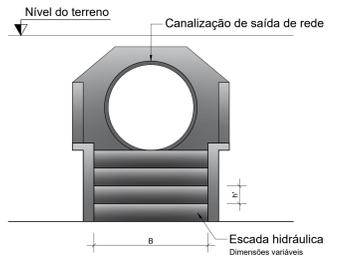
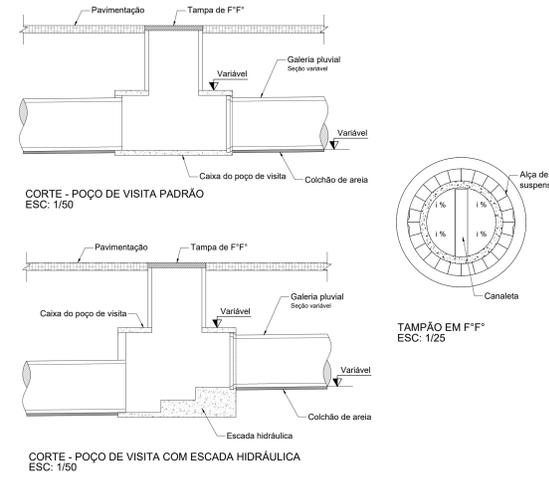
**APÊNDICE B – TRAÇADO DA REDE COLETORA E  
DETALHAMENTO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM**



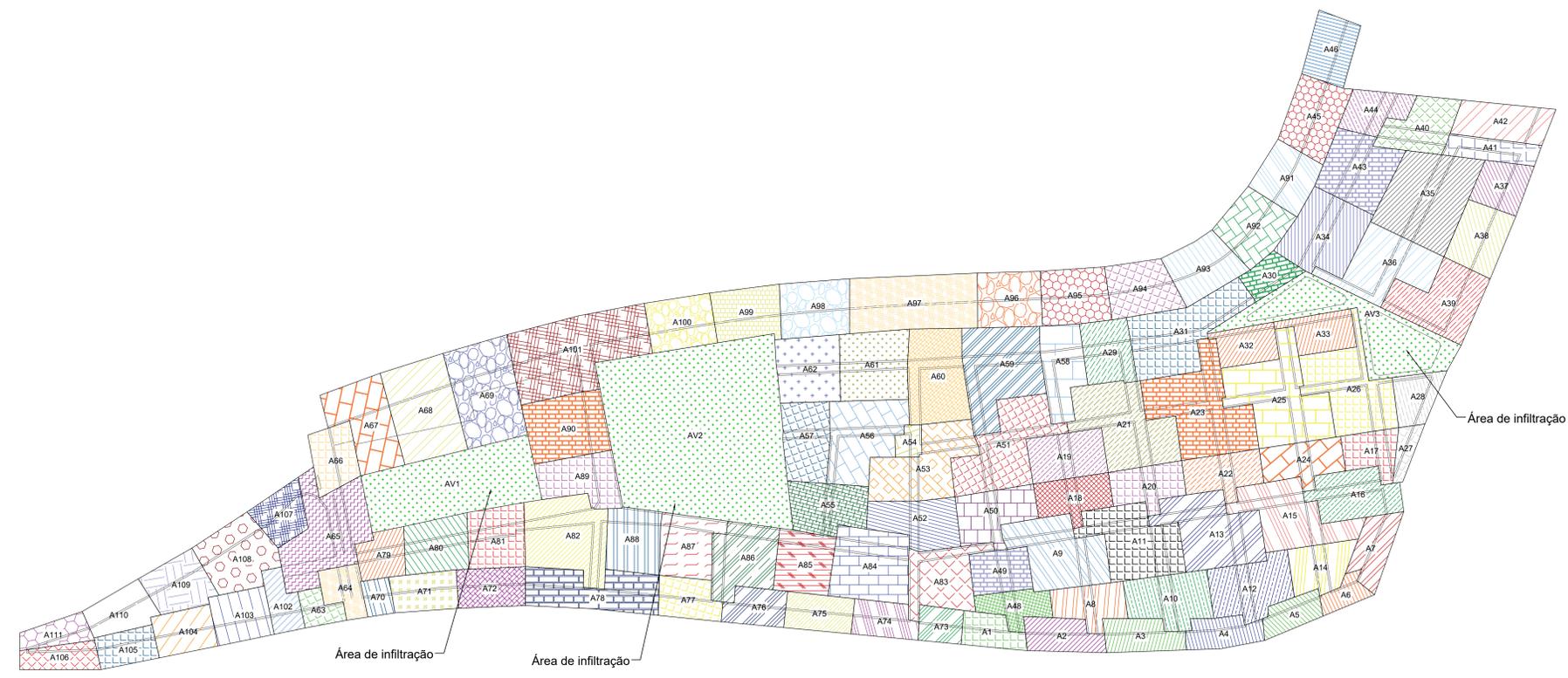
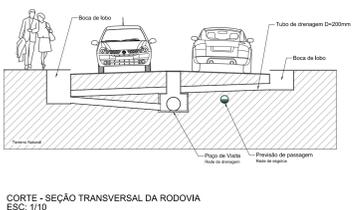
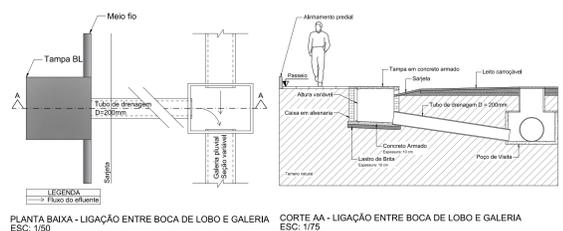
SISTEMA DE DRENAGEM  
ESC: 1/2000

LEGENDA  
 ÁREA PERMEÁVEL  
 ÁREA IMPERMEÁVEL

COTAS DO TERRENO E PROFUNDIDADE DAS GALERIAS					
P/V/C	Cota do terreno (m)	Prof. da galeria (m)	P/V/C	Cota do terreno (m)	Prof. da galeria (m)
1	306	1,40	58	298	1,40
2	303	1,40	59	297	1,40
3	301	1,40	60	296	1,40
CP1	301	1,58	61	296	1,74
4	300	1,58	62	295	1,74
5	299	1,58	63	299	1,40
6	298	1,58	64	297	1,40
7	294	1,58	65	296	1,40
8	304	1,40	66	296	1,72
9	303	1,40	67	296	2,05
10	300	1,40	68	295	2,05
11	299	1,40	69	294	2,05
12	296	1,40	70	298	1,40
13	295	1,40	71	297	1,40
14	295	1,40	72	296	1,40
15	293	1,40	73	307	1,40
16	293	1,76	74	304	1,40
17	292	1,76	75	300	1,40
18	301	1,40	76	297	1,40
19	299	1,40	77	296	1,40
20	299	1,40	78	295	1,40
21	297	1,40	79	297	1,40
22	296	1,40	80	295	1,40
23	295	1,40	81	295	1,68
24	293	1,40	82	294	1,68
25	292	1,40	83	302	1,40
26	292	1,76	84	300	1,40
27	292	1,40	85	299	1,40
28	291	1,76	86	297	1,40
29	297	1,40	87	295	1,40
30	296	1,40	88	294	1,75
31	296	1,68	89	293	1,75
32	295	1,68	90	293	2,04
33	293	1,68	91	300	1,40
34	297	1,40	92	299	1,40
35	294	1,40	CP2	299	1,53
36	293	1,80	93	299	1,70
37	297	1,40	CP3	299	1,83
38	292	1,40	94	299	1,99
39	290	1,80	95	299	2,30
40	297	1,40	96	297	2,30
41	298	2,75	97	298	3,60
42	296	2,75	CP4	299	4,90
43	300	1,40	98	298	4,90
44	297	1,40	99	297	4,90
45	299	1,40	100	294	4,90
46	297	1,40	101	293	4,90
47	295	1,40	102	299	1,40
48	306	1,40	103	298	1,40
49	303	1,40	104	295	1,40
50	300	1,40	105	294	1,40
51	298	1,40	106	293	1,40
52	298	1,40	107	296	1,40
53	296	1,40	108	295	1,40
54	295	1,49	109	295	1,69
55	296	1,40	110	294	1,69
56	295	1,49	111	293	1,69
57	294	1,49	-	-	-



COMPLEMENTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DA PLANTA DO SISTEMA DE DRENAGEM		
Trecho	Comprimento (L)	Diâmetro (Ø)
PV3-CP1	35,23	500
PV33-PV36	24,38	500
PV53-PV54	18,13	600
PV82-PV88	14,59	1000
PV106-PV111	11,15	600



ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO  
ESC: 1/2000

- NOTAS**
1. Para as informações ausentes neste documento, favor dirigir-se à metodologia de dimensionamento, contida no TCC.
  2. O número atribuído a cada área de contribuição no mosaico corresponde ao respectivo poço de visita receptor do volume por ela captada.
  3. Considerar detalhes presentes nesta prancha para trechos cujo valor de diâmetro não se encontrar expresso no projeto.
  4. As informações de cota do terreno e profundidade das galerias devem ser consultadas na tabela presente na prancha 01/01.

LEGENDA	
DRENAGEM	SIGLA
Poço de visita	PV
Caixa de passagem	CP
Boca de lobo	AV <sup>(1)</sup> ou PV <sup>(2)</sup>
Saída de águas pluviais	-
(1) - Área de infiltração	-
(2) - Poço de infiltração	-

Sistema de Drenagem de águas pluviais do Bairro Santa Cecília, Cajazeiras/PB.		APÊNDICE B - Traçado da rede coletora e detalhamento de dispositivos de drenagem.	
Orientadora: Katharine Medeiros	Disciplina: TCC	Curso: Eng. Civil Turma: 10º período	Instituição: IFPB - Campus Cajazeiras
Discinte: Luan Alves Furtado	Prancha: 01/01	Escala: Indicada Data: 08/12/2020	