



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL  
CAMPUS SERRA TALHADA**

**THALLES ANDRIEL MEDEIROS NASCIMENTO**

**MICRODRENAGEM URBANA: Estudo de caso para a Rua Agostinho Nunes de  
Magalhães, na cidade de Serra Talhada – PE**

**Serra Talhada**

**2023**

**THALLES ANDRIEL MEDEIROS NASCIMENTO**

**MICRODRENAGEM URBANA: Estudo de caso para a Rua Agostinho Nunes de Magalhães, na cidade de Serra Talhada – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Serra Talhada, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Me. Victor Gabriel Alves de Souza.

**Serra Talhada**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

N244 Nascimento, Thalles Andriel Medeiros.

Microdrenagem urbana : estudo de caso para a rua Agostinho Nunes de Magalhães, na cidade de Serra Talhada – PE / Thalles Andriel Medeiros Nascimento. - Serra Talhada, 2023.  
56 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2023.

Orientação: Prof. Msc. Victor Gabriel Alves de Souza.

1. Engenharia civil. 2. Drenagem urbana. 3. Microdrenagem. 4. Chuvas intensas. I. Título.

CDD 624

---

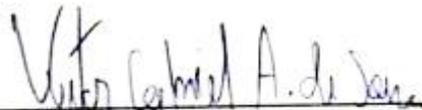
THALLES ANDRIEL MEDEIROS NASCIMENTO

**MICRODRENAGEM URBANA: Estudo de caso e estratégias de mitigação para a  
Rua Agostinho Nunes de Magalhães, na cidade de Serra Talhada – PE**

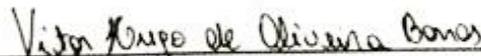
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Serra Talhada, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 14/12/2023.

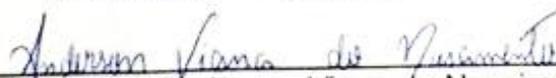
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Me. Victor Gabriel Alves de Souza (Orientador)  
IFSertãoPE – Campus Serra Talhada



Prof. Me. Vitor Hugo de Oliveira Barros  
IFSertãoPE – Campus Serra Talhada



Prof. Me. Anderson Viana do Nascimento  
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

Serra Talhada

2023

## **DEDICATÓRIA**

**A Deus, minha família, minha noiva, meus amigos e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, por me conceder força, sabedoria e graça, por ser meu refúgio e fortaleza em todos os momentos, iluminando meu caminho e fortalecendo minha fé.

Aos meus pais, Antônio Lopes e Rosa Medeiros, pilares perseverantes de amor e suporte, por todo carinho e apoio incondicional ao longo de minha vida. Não existem palavras que possam expressar plenamente minha gratidão por tudo o que vocês fizeram e continuam fazendo por mim. Seus ensinamentos e a educação que me proporcionaram foram fundamentais para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

À minha irmã, Thaynan Larissa, pela cumplicidade e incentivo constantes.

À minha noiva, Mayara Alves, minha fonte de inspiração e companheira incansável. Seu amor e apoio desde sempre foram a energia que impulsionou cada avanço ao longo dessa trajetória.

Ao meu orientador Victor Gabriel Alves de Souza por me direcionar e guiar da melhor forma possível no decorrer deste trabalho.

Aos colegas de classe, Alexandre Barbosa, Jefferson Ryan, Johnny Rosa, Livia de Souza, Matheus Gomes, Mikaelly Lima, Monike Marques, Rangel Belarmino e Vinicius Roberto, pela troca de conhecimento e pela amizade construída dentro e fora da sala de aula, tornando cada desafio mais leve.

À equipe da empresa Topos Referência, em especial a Higor Rocha, Bruno Állif, Antônio Henrique, Naiane Souza e Djemyson Ruben, cujo suporte e dedicação foram fundamentais para o sucesso deste projeto.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, meu sincero agradecimento. Esta vitória é de cada um de vocês, e compartilho com gratidão cada momento desta jornada.

## EPÍGRAFE

"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes."

**(Martin Luther King)**

## RESUMO

A expansão urbana sem planejamento adequado acarreta uma série de problemas tanto para o meio ambiente quanto para a população. Esse crescimento desordenado impacta negativamente na permeabilidade do solo e no fluxo natural da água da chuva, aumentando o risco de inundações e alagamentos. Em resposta a esses desafios, surgem os sistemas de drenagem pluvial como uma forma de minimizar os impactos resultantes desse tipo de ocupação do solo. O objetivo deste trabalho é examinar e sugerir soluções para lidar com os alagamentos recorrentes na Rua Agostinho Nunes de Magalhães, situada no bairro Nossa Senhora da Penha, em Serra Talhada – PE, durante períodos de chuvas intensas. Esses eventos causam transtornos e prejuízos para os residentes da área. A concepção deste trabalho envolveu a realização de um estudo de caso a respeito das possíveis causas desses alagamentos e para isso, se fez necessário a realização de pesquisas bibliográficas, levantamento de dados relativos à bacia de estudo, análise das características específicas de cada dispositivo de coleta das águas pluviais, além da obtenção de parâmetros hidrológicos. A partir desses dados, identificou-se as deficiências no desempenho do sistema atual, evidenciando que os dispositivos de captação têm uma capacidade de absorção inferior ao necessário e apresentam limitações na condução eficiente do escoamento pluvial. A partir dessas análises, foram propostas soluções que visam otimizar a eficiência da microdrenagem, a fim de resolver o problema existente.

**Palavras-chave:** drenagem urbana; microdrenagem; chuvas intensas.

## **ABSTRACT**

Urban expansion without proper planning brings about a series of problems for both the environment and the population. This uncontrolled growth negatively impacts soil permeability and the natural flow of rainwater, increasing the risk of floods and inundations. In response to these challenges, stormwater drainage systems emerge as a way to minimize the impacts resulting from such types of land use. The objective of this study is to examine and propose a solution to address the recurring flooding in Agostinho Nunes de Magalhães Street, located in the Nossa Senhora da Penha neighborhood in Serra Talhada, PE, during periods of heavy rainfall. These events cause disruptions and damages to the residents in the area. The conception of this study involved conducting a case study regarding the possible causes of these floods, requiring literature reviews, data collection related to the study area, analysis of specific characteristics of each stormwater collection device, and obtaining hydrological parameters. Based on this data, deficiencies in the performance of the current system were identified, highlighting that the collection devices have a lower absorption capacity than required and limitations in efficiently managing stormwater runoff. From these analyses, solutions were proposed to optimize the efficiency of microdrainage, aiming to resolve the existing problem.

**Keywords:** urban drainage; microdrainage; intense rains.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Ciclo Hidrológico .....	20
Figura 02 – Sistema de drenagem .....	25
Figura 03 – Boca de lobo de guia.....	29
Figura 04 – Boca de lobo com grelha.....	29
Figura 05 – Boca de lobo combinada.....	29
Figura 06 – Boca de lobo múltipla .....	29
Figura 07 – Fluxograma de etapas para coleta de dados .....	34
Figura 08 – Delimitação da área de estudo e da microbacia .....	41
Figura 09 – Delimitação da rua em estudo e da área contribuinte .....	42
Figura 10 – Mapa hipsométrico com curvas de nível da área de estudo .....	42
Figura 11 – Rede de drenagem e talvegue principal .....	44
Figura 12 – Simulação de alagamento na rua estudada .....	44
Figura 13 – Posicionamento das bocas de lobo.....	46
Figura 14 – Bocas de lobo com resíduos sólidos .....	46
Figura 15 – Divisão da sub-bacia em duas áreas iguais .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Períodos de retorno conforme ocupação da área.....	23
Tabela 02 – Valores de coeficiente de escoamento superficial .....	35
Tabela 03 – Fatores de redução da vazão de escoamento de bocas de lobo.....	39
Tabela 04 – Número, dimensões e capacidade de captação das bocas de lobo identificadas .....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	17
<b>2.1</b>	<b>Geral</b> .....	17
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b> .....	17
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
<b>3.1</b>	<b>Hidrologia</b> .....	18
3.1.1	Ciclo Hidrológico .....	19
<b>3.2</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b> .....	21
3.2.1	Período de Retorno .....	22
3.2.2	Tempo de Concentração .....	23
<b>3.3</b>	<b>Precipitações Intensas</b> .....	23
<b>3.4</b>	<b>Escoamento Superficial</b> .....	24
<b>3.5</b>	<b>Drenagem Urbana</b> .....	25
<b>3.6</b>	<b>Tipos de Drenagem</b> .....	26
3.6.1	Microdrenagem .....	27
<b>3.7</b>	<b>Componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais</b> .....	28
<b>3.8</b>	<b>Geoprocessamento</b> .....	30
<b>4</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	31
<b>4.1</b>	<b>Quantum GIS – QGIS</b> .....	31
<b>4.2</b>	<b>Delimitação e Caracterização da Área de Estudo</b> .....	32
<b>4.3</b>	<b>Estudo Topográfico</b> .....	33
<b>4.4</b>	<b>Coleta de Dados</b> .....	33
<b>4.5</b>	<b>Parâmetros Hidrológicos</b> .....	34
4.5.1	Vazão de Projeto .....	34
4.5.1.1	Método Racional.....	34
4.5.1.2	Coeficiente de Escoamento Superficial .....	35
4.5.2	Equação IDF .....	36
4.5.3	Determinação do Tempo de Concentração .....	37
<b>4.6</b>	<b>Verificação do Acúmulo de Água</b> .....	37
<b>4.7</b>	<b>Dimensionamento Hidráulico</b> .....	38
4.7.1	Bocas de Lobo .....	38
4.7.2	Galerias .....	39

<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Delimitação da Área de Estudo</b> .....	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>Topografia da Área Contribuinte</b> .....	<b>42</b>
<b>5.3</b>	<b>Talvegue Principal e Tempo de Concentração</b> .....	<b>43</b>
<b>5.4</b>	<b>Simulação de Alagamento</b> .....	<b>44</b>
<b>5.5</b>	<b>Definição do Tempo de Retorno</b> .....	<b>45</b>
<b>5.6</b>	<b>Intensidade Pluviométrica</b> .....	<b>45</b>
<b>5.7</b>	<b>Vazão Máxima</b> .....	<b>45</b>
<b>5.8</b>	<b>Vazão das Bocas de Lobo</b> .....	<b>45</b>
<b>5.9</b>	<b>Diâmetro Mínimo das Galerias</b> .....	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50-56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada tem se tornado uma característica marcante das cidades modernas, impulsionada pelo aumento constante da população urbana. O crescimento demográfico, aliado ao desenvolvimento econômico, tem levado a uma expansão urbana sem precedentes, transformando paisagens naturais em áreas urbanas densamente povoadas. No entanto, esse processo de urbanização muitas vezes ocorre sem um planejamento adequado e sustentável, resultando em uma série de desafios complexos e problemáticos que afetam significativamente a qualidade de vida dos habitantes. Entre esses desafios, um dos mais críticos é a gestão inadequada da drenagem urbana (MENEZES FILHO; TUCCI, 2012).

De acordo com Santos Júnior e Santos (2013) a falta de planejamento urbano eficiente e a incapacidade de acompanhar o ritmo acelerado da urbanização têm contribuído para a sobrecarga dos sistemas de drenagem nas cidades. Como resultado, episódios de inundações e alagamentos tornaram-se uma ocorrência cada vez mais comum e preocupante, afetando não apenas a infraestrutura urbana, mas também representando uma séria ameaça à segurança e ao bem-estar da população residente (QIAO; KRISTOFFERSSON; RANDRUP, 2018).

A urbanização crescente e a falta de gerenciamento do uso e ocupação do solo por parte das entidades responsáveis, resultaram em um crescimento do volume de fluido escoado na superfície, que combinado com a deficiência ou ausência de sistema de microdrenagem nas cidades, acarretou em grandes transtornos (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). A partir disso, com o objetivo de evitar a transformação das cidades em extensas áreas impermeáveis, leis e regulamentos para a ocupação e manejo do solo em áreas urbanas são desenvolvidas.

Ademais, a persistente e crescente presença de resíduos sólidos urbanos, incluindo plásticos, entulhos, detritos orgânicos e materiais descartados, representa outro fator agravante dessa problemática (YAZDANFAR; SHARMA, 2015, *apud* RODRIGUES, 2020). Esses resíduos, frequentemente negligenciados, desempenham um papel significativo no agravamento das questões relacionadas à drenagem urbana. A urbanização rápida e desordenada resulta em maior produção de resíduos sólidos, e muitos desses materiais acabam encontrando seu caminho para os sistemas de drenagem, onde causam obstruções significativas. Essas obstruções representam um sério obstáculo para o fluxo adequado das águas pluviais,

acumulando-se em bueiros, canais e outros sistemas de drenagem, cuja função é introduzir as águas transportadas pelo escoamento e direcioná-las as galerias (FOCHESATTO, 2017).

Para que o sistema de drenagem funcione de forma eficaz, é fundamental que o projeto se adeque às características específicas da área em estudo e considere fatores que possam afetá-lo, além de um planejamento urbano adequado, incluindo a manutenção regular do sistema de drenagem e das ruas, bem como a gestão eficaz dos resíduos sólidos, para minimizar os impactos urbanos e garantir o sucesso deste sistema (TASCA *et al.*, 2017).

Nesse contexto, após diversas análises, percebeu-se que há alguns anos a Rua Agostinho Nunes de Magalhães, na cidade de Serra Talhada, no estado de Pernambuco, Brasil, tem sofrido com problemas de alagamentos, causando grandes prejuízos para os moradores, em consequência de chuvas intensas. No último ocorrido, cerca de 80% da rua foi afetada, levando à perda de móveis, eletrodomésticos e pertences pessoais. Os relatos dos moradores, com histórias de perdas após as últimas chuvas, destacam a recorrência desse problema ao longo dos anos. Residentes que vivem na rua há quase 23 anos testemunham a persistência do problema, que se agravou nos últimos tempos.

O alagamento na nessa rua não é um evento isolado, mas sim um fenômeno histórico no município. É evidente que boa parte da cidade nunca foi adequadamente preparada para eventos de grande precipitação. O recente volume pluviométrico agravou a falta de infraestrutura nas vias, impactando severamente as residências. Em cada episódio de chuvas intensas, os moradores da região enfrentam a inundação de suas residências, resultando em significativos prejuízos.

Com isso, essa situação revela a necessidade urgente de investimentos em estratégias de infraestrutura hídrica para o escoamento eficiente de grandes volumes de chuva. A falta de preparo da cidade para enfrentar eventos climáticos extremos, bem como a ausência de projetos específicos para solucionar esse problema, é uma discussão antiga, porém, infelizmente, ainda persistente.

Após consultar a prefeitura da cidade, verificou-se a inexistência de um projeto de drenagem para a região em estudo. Essa constatação foi reforçada durante uma visita *in loco*, na qual se observou a quase ausência de dispositivos de drenagem na localidade. Desse modo, a falta de planejamento e a inexistência de um sistema eficiente de captação de águas pluviais resultam frequentemente em transtornos, o

que gera insatisfação entre os moradores após eventos de chuva.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise abrangente do sistema de microdrenagem na Rua Agostinho Nunes de Magalhães, tendo em vista à frequente ocorrência de alagamentos na região no período de precipitações intensas. Isso fundamenta a necessidade de investigar as potenciais deficiências que estão sobrecarregando o sistema existente, e assim desenvolver estratégias que contribuam para a mitigação dos problemas enfrentados, de maneira eficaz e tecnicamente embasada, a fim de melhorar as condições na área em estudo, promovendo um ambiente urbano mais seguro, sustentável e resiliente.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Investigar de maneira abrangente o sistema de microdrenagem na Rua Agostinho Nunes de Magalhães, localizada no bairro Nossa Senhora da Penha, em Serra Talhada – PE, considerando a recorrente incidência de alagamentos na área durante períodos de chuvas intensas.

### **2.2 Específicos**

- Analisar o comportamento da bacia por meio da caracterização dos dados hidrológicos;
- Caracterizar e delimitar a bacia contribuinte da área de estudo;
- Verificar a capacidade de escoamento das águas pluviais dos dispositivos existentes;

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Hidrologia

Hidrologia é a ciência que aborda o estudo abrangente das águas presentes na Terra, incluindo sua origem, fluxo e distribuição, suas características físicas e químicas, bem como suas interações com o ambiente, incluindo a sua relação com os seres vivos (U. S. Federal Council for Science and Technology, 1962, *apud*. CARVALHO, 2007).

Pela definição de Barbosa Júnior (2022, p. 17):

Hidrologia é uma ciência interdisciplinar que se desenvolveu significativamente ao longo do tempo em face do aumento do uso da água, dos crescentes problemas decorrentes da ação antrópica nas bacias hidrográficas e dos impactos produzidos sobre o meio ambiente.

De acordo com Carvalho (2007) a hidrologia, ou ciência hidrológica, apresenta uma amplitude considerável e pode ser subdividida em diferentes áreas de atuação associadas, a saber:

- Criação e Gestão da Bacia Hidrográfica: planejamento e manejo do uso dos recursos naturais.
- Abastecimento de Água: controle nas regiões áridas e semiáridas do país.
- Drenagem Urbana: grande parte da população reside em zonas urbanas. Inundações, geração de sedimentos e questões relacionadas à qualidade da água.
- Aproveitamento Hidrelétrico: a energia hidrelétrica representa 92% da produção total de energia no país. Essa forma de energia está vinculada à presença e à gestão da água, bem como aos efeitos ambientais causados por obras hidráulicas
- Uso do Solo Rural: o acúmulo de sedimentos e nutrientes ocasiona a degradação do solo fértil e o assoreamento progressivo dos cursos d'água.
- Controle de Erosão: métodos de combate à erosão.
- Controle da Poluição e Qualidade da Água: processamento dos efluentes provenientes de residências e indústrias, assim como o tratamento de resíduos químicos de pesticidas utilizados na agricultura.
- Irrigação: em certas regiões, a produção agrícola está intrinsecamente ligada à

existência de recursos hídricos disponíveis.

- Navegação.
- Recreação e Preservação do Meio Ambiente.
- Preservação dos Ecossistemas Aquáticos.

### 3.1.1 Ciclo Hidrológico

Na natureza, a água está em constante movimento, circulando em um ciclo interligado nas três principais esferas do nosso planeta: a atmosfera (camada de gases que envolve a Terra), a hidrosfera (que engloba as águas dos oceanos e dos continentes) e a litosfera ou crosta terrestre (camada externa sólida composta por rochas e solos). A dinâmica das transformações e a circulação dentro dessas unidades formam um ciclo amplo, complexo e intrínseco conhecido como ciclo hidrológico (BARBOSA JÚNIOR, 2022).

De acordo com Carvalho (2007, p. 11) o ciclo hidrológico “é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre.”

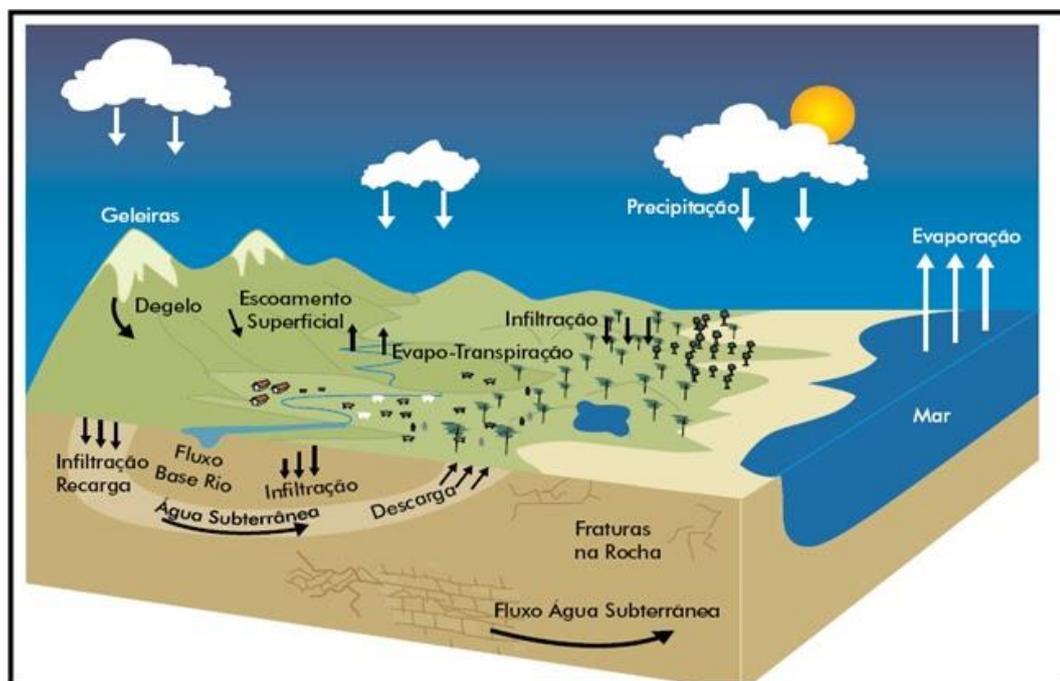
A superfície terrestre abrange os continentes e os oceanos, participando do ciclo hidrológico a camada porosa que recobre os continentes (solos, rochas) e o reservatório formado pelos lagos, rios e oceanos. Parte do ciclo hidrológico é constituída pela circulação da água na própria superfície terrestre, isto é; a circulação de água no interior e na superfície dos solos e rochas, nos lagos e demais superfícies líquidas e nos seres vivos (MIRANDA, OLIVEIRA e SILVA, 2010, p. 110).

Este ciclo envolve uma série de processos interconectados, tais como evaporação, precipitação, infiltração, escoamento superficial e nas camadas subterrâneas (PASCHOAL, 2012).

Mediante isto, Hornink, Henrique e Hornink (2016, p. 26) afirmam que além dessas etapas essenciais, podem ocorrer outras, incluindo aquelas em que os seres humanos desempenham um papel, como a utilização de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, a modificação do ambiente através do aumento da impermeabilização do solo e do calor nas áreas urbanas, e outras atividades que vêm afetando o ciclo natural da água no planeta.

Na Figura 01 é possível visualizar as diversas fases do ciclo hidrológico:

Figura 01 – Ciclo Hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2023).

Segundo Barbosa Júnior (2022), a partir da análise do comportamento da água da chuva em determinada região, observam-se as seguintes maneiras de distribuição:

I. Uma parte, denominada interceptação, fica retida pela folhagem de árvores, arbustos, plantas e diversos obstáculos, como telhados de edifícios, entre outros; de onde, eventualmente, evapora.

II. O excedente, ou seja, aquilo que ultrapassa a capacidade de interceptação, acrescenta-se à porção da chuva que chega ao solo de forma direta.

III. Da chuva que alcança o solo, uma parte infiltra-se na terra, enquanto outra fração, após excedida a capacidade de absorção do solo, acumula-se em poças ou pequenos armazenamentos nas depressões do terreno. Essa água armazenada superficialmente está sujeita à evaporação.

IV. Quando as depressões do terreno não conseguem mais reter toda a água devido ao excesso, o restante seguirá na direção das áreas mais baixas, dando origem ao escoamento superficial.

V. Da fração da água que penetra no solo, uma porção ingressa na região onde as raízes das plantas estão localizadas e é absorvida por elas. Uma parte dessa

água, após ser absorvida pelas plantas, é liberada para a atmosfera por meio do processo de transpiração.

VI. Outra fração da água que se infiltra percorre os vazios do solo e, ao saturá-lo, contribui para a recarga dos aquíferos, ou, descendo em direção às camadas mais profundas, irá contribuir para a formação de reservatórios subterrâneos de maior profundidade.

VII. A água que escoa superficialmente devido à gravidade acaba se juntando aos cursos de água naturais. Em relação à precipitação total, a fração da água da chuva que escoa diretamente pela superfície do solo (*overland flow*) é conhecida como precipitação efetiva ou excedente. Do ponto de vista do escoamento, também é chamada de escoamento superficial direto ou *runoff*. Além disso, parte desse escoamento superficial direto também sofre evaporação.

VIII. Todos os cursos d'água naturais, eventualmente, desaguam em lagos, mares e oceanos, os quais, em maior intensidade, estão sujeitos ao processo de evaporação.

IX. A evaporação, combinada com a transpiração, devolve a umidade (água sob a forma de vapor) à atmosfera, levando à formação de nuvens. Em condições propícias, esse processo pode dar origem a uma nova precipitação, reiniciando o ciclo mencionado desde a etapa (I).

### **3.2 Bacia Hidrográfica**

Uma bacia hidrográfica, também conhecida como bacia de drenagem, constitui uma região geográfica que se caracteriza pela coleta e direcionamento de águas pluviais e superficiais para um ponto de saída comum, geralmente um rio, lago ou oceano. A delimitação de uma bacia hidrográfica é determinada por uma divisória de águas, que corresponde ao ponto mais elevado a partir do qual as águas escoam em direção à própria bacia (TUCCI, 1997).

Essas bacias podem variar em tamanho, abrangendo desde pequenas áreas de captação de rios locais até vastas extensões de grandes bacias hidrográficas. Conforme exemplifica Porto e Porto (2008, p.45):

A questão da escala a ser utilizada depende do problema a ser solucionado. Pode ser delimitada a totalidade da bacia do Rio Amazonas, desde suas cabeceiras mais distantes na cordilheira andina até seu exultório do Oceano

Atlântico, assim como podem ser delimitadas suas sub-bacias, maiores ou menores, dependendo da necessidade do problema a ser abordado. Diz-se que o tamanho ideal de bacia hidrográfica é aquele que incorpora toda a problemática de interesse. Pode-se ter interesse em uma pequena bacia de 0,5 km<sup>2</sup> numa área urbana, como na bacia do Rio São Francisco, com mais de seus 600.000 km<sup>2</sup> de área.

Dessa maneira, a bacia hidrográfica desempenha um papel significativo na administração dos recursos hídricos, fornecendo uma compreensão abrangente da dinâmica da água na região. Essa compreensão inclui tanto a quantidade quanto a qualidade da água, além de como ela é transportada e distribuída, resultando em um uso mais eficiente dos recursos hídricos, minimizando impactos negativos no meio ambiente (TUCCI, 1993).

### 3.2.1 Período de Retorno

Segundo Tucci (1995), o período de retorno refere-se ao tempo médio estimado em que um evento hidrológico específico pode ser igualado ou ultrapassado pelo menos uma vez. Este é um fator fundamental para a avaliação e desenvolvimento de sistemas hídricos, tais como reservatórios, canais, vertedores, bueiros e sistemas de drenagem de águas pluviais (RIGHETTO, 1998).

A determinação do período de retorno é crucial para conciliar a segurança contra falhas com aspectos econômicos. Períodos de retorno mais longos estão associados a eventos de chuvas de alta intensidade, levando a estruturas superdimensionadas que podem resultar em custos financeiros excessivos e desnecessários (FOCHESATTO, 2017).

Desse modo, é fundamental considerar a utilização de um tempo de retorno e um padrão hidrológico que sejam adequados, aceitáveis e apropriados, a fim de minimizar possíveis erros.

A Tabela 01 apresenta o período de retorno em anos de acordo com o tipo de obra e o tipo de ocupação da área.

Tabela 01 - Períodos de retorno conforme ocupação da área

<b>Tipo de obra</b>	<b>Tipo de ocupação da área</b>	<b>Tempo de retorno</b>
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços públicos	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro-drenagem	Área comerciais e residenciais	50-100
	Áreas de importância específica	500-

Fonte: Adaptada de Tucci (1995)

### 3.2.2 Tempo de Concentração

O tempo de concentração representa o período necessário para que uma porção de água se desloque desde a área mais distante, do ponto de vista hidráulico, dentro de uma bacia hidrográfica até um ponto de referência a jusante. Este pode ser estimado usando diferentes equações que consideram as variadas características da bacia hidrográfica (ALMEIDA *et al.*, 2022).

Segundo Gribbin (2014), o tempo de concentração é um aspecto crucial para calcular a vazão máxima ou de pico. Se o fluxo de água leva mais tempo para atingir o ponto de exultório, a vazão de pico será menor em comparação a um cenário em que esse tempo é reduzido.

Conforme Silveira (2016), os principais elementos que influenciam o tempo de concentração de uma determinada bacia incluem: o formato da bacia, sua inclinação média, a sinuosidade e a declividade do seu principal curso d'água. Dessa forma, mesmo que duas bacias de drenagem tenham áreas e coberturas de solo iguais, mas apresentem diferentes formas, os tempos de concentração serão diversos.

### 3.3 Precipitações Intensas

Precipitações intensas referem-se a qualquer evento de chuva em que a lâmina

precipitada ou sua intensidade ultrapasse um valor mínimo, determinado em função da duração temporal da chuva (MELLO e SILVA, 2013). Segundo Silva *et al.* (2002), em projetos voltados para o gerenciamento de águas pluviais, a identificação da precipitação intensa máxima provável é essencial, sendo frequentemente empregada para calcular vazões e para o dimensionamento de vertedores, retificação de cursos d'água, bueiros, galerias de águas pluviais, sistemas de drenagem urbana, dentre outros.

Essa compreensão não se restringe apenas a projetos de drenagem, mas se estende a diversas iniciativas de engenharia. A análise minuciosa de eventos hidrológicos extremos é essencial para uma avaliação precisa dos riscos envolvidos na implementação do projeto. Isso visa buscar a alternativa mais vantajosa do ponto de vista econômico, sem desconsiderar as importantes considerações técnicas relacionadas ao desempenho e à segurança da obra (LIMA, 2019).

De acordo com Tucci (1997), as chuvas intensas são caracterizadas por três grandezas: intensidade (I), duração (D) e frequência (F), sendo comumente descritas por meio de equações que modelam a relação entre essas três grandezas específicas para uma determinada localidade. A intensidade representa a quantidade de chuva por unidade de tempo, geralmente expressa em milímetros por minuto ou milímetros por hora. A duração da chuva é o período de tempo em que ocorre a precipitação, podendo ser expresso em minutos, horas, dias, meses e anos. Por último, a frequência refere-se a um valor igual ou superior ao fenômeno em análise.

A obtenção das equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) a partir de dados pluviográficos é desafiadora devido à baixa densidade da rede pluviográfica e ao limitado período de observações disponível (BACK *et al.*, 2011). Entretanto, os parâmetros dessas equações podem ser determinados por meio da análise e processamento de dados provenientes de pluviogramas. Quando essa abordagem não é viável, a obtenção dos parâmetros pode ser realizada utilizando informações coletadas por meio de pluviômetros (PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017).

### **3.4 Escoamento Superficial**

O escoamento superficial constitui o deslocamento de água sobre a superfície terrestre, predominantemente em rios, canais e vales. Desempenhando um papel significativo no ciclo hidrológico, é responsável pelo transporte da água da chuva em

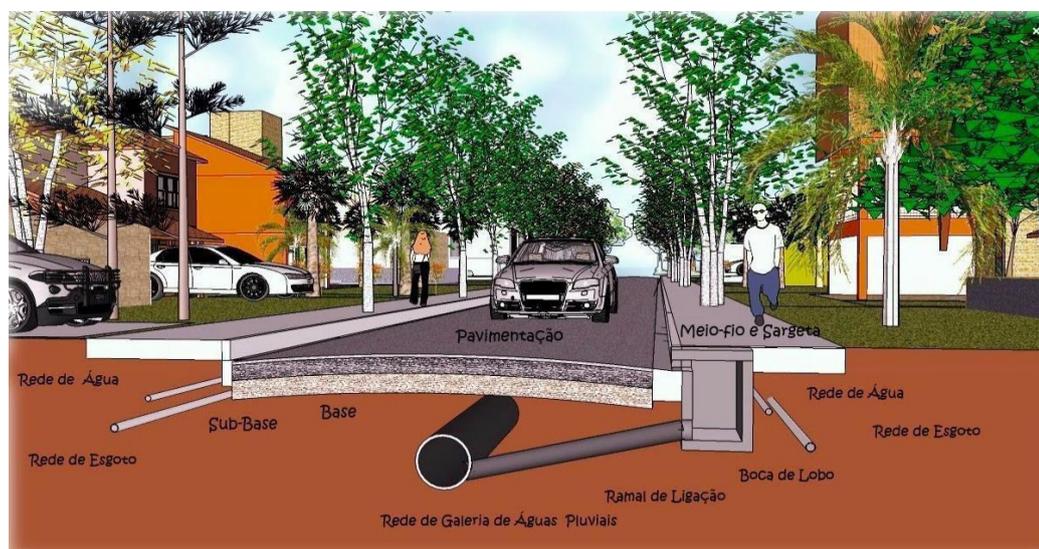
direção a corpos d'água, como lagos e oceanos. Além disso, contribui para processos de erosão e sedimentação do solo, influenciando diretamente a configuração do relevo e a qualidade da água (TUCCI, 1997).

Entretanto, diversos são os fatores que exercem impacto sobre o escoamento superficial, abrangendo a intensidade e a duração da precipitação, a capacidade de infiltração do solo e a topografia da região. Ademais, a presença de obstáculos na paisagem, tais como rochas, árvores e construções, desempenha um papel significativo ao influenciar a velocidade e a direção do fluxo de água (PEREIRA e ITO, 2017).

### 3.5 Drenagem Urbana

O Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento básico (BRASIL, 2011) define o sistema de drenagem urbana (Figura 02) como a totalidade de infraestruturas e instalações operacionais relacionadas à condução, transporte, retenção ou detenção para controle de enchentes, tratamento e disposição final das águas pluviais captadas nas zonas urbanas. Essa definição ressalta a importância crucial de um sistema eficiente, uma vez que os alagamentos, inundações, deslizamentos e danos aos corpos d'água são consequências adversas das chuvas, enfatizando a necessidade vital de um adequado sistema de drenagem e gestão de águas pluviais urbanas (MEDAU, 2018).

Figura 02 – Sistema de drenagem



Fonte: Santos (2023)

Um serviço de drenagem eficaz proporciona diversos benefícios, incluindo a valorização das propriedades na área atendida, a diminuição dos custos de manutenção viária, a redução de danos às propriedades e do risco de perdas humanas, a rápida drenagem das águas superficiais para facilitar o tráfego pós-chuva, condições adequadas de circulação de veículos e pedestres em áreas urbanas, especialmente durante chuvas frequentes ou intensas, além da minimização dos impactos ambientais, como erosão e poluição de rios e lagos (MEDAU, 2018).

É importante ressaltar que a drenagem urbana desempenha um papel essencial ao eliminar a água que alcança o solo urbano, seja de que maneira for, ao captá-la e direcioná-la para áreas que causem o mínimo impacto na segurança e durabilidade das vias. A implementação de um sistema de drenagem requer um planejamento e projeto minuciosos, pois a falta de atenção a esses aspectos pode resultar em problemas como enchentes, inundações, deterioração da malha viária e outros prejuízos significativos para a população e a infraestrutura urbana (AIRES *et al.*, 2018).

Satiro *et al.* (2019), indicam que com a implementação efetiva de um sistema abrangente de drenagem urbana para águas pluviais, torna-se possível reduzir significativamente os impactos na população e no meio ambiente. Isso proporciona uma melhoria na qualidade de vida, minimizando os custos governamentais associados à reconstrução de pavimentos, problemas de saúde, limpeza de ruas após precipitações, entre outros.

### **3.6 Tipos de Drenagem**

A drenagem urbana se desdobra em duas abordagens distintas e complementares: a microdrenagem e a macrodrenagem. Conforme Travassos (2005) destaca, a macrodrenagem refere-se ao sistema de drenagem composto pelos principais leitos, como rios, córregos, canais, desempenhando um papel vital na captação e condução de grandes volumes de água em áreas urbanas. Em paralelo, Kamura (2015) define a microdrenagem como o subsistema associado às vias locais, abrangendo elementos como sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, redes, e outros dispositivos destinados à coleta e transporte das águas pluviais. Este último constitui o foco central abordado ao longo deste trabalho.

### 3.6.1 Microdrenagem

A microdrenagem representa um sistema cuidadosamente projetado para lidar com a drenagem de precipitações que apresentam um risco moderado. Ela é definida como um sistema de condutos pluviais ou canais, tanto em nível de loteamento quanto na rede primária urbana. A principal função da microdrenagem é aumentar a vazão e escoar completamente o volume de água para jusante. Esse tipo de drenagem é essencial em áreas urbanas, garantindo condições mínimas para a circulação de veículos e pedestres durante episódios de chuvas (MEDAU, 2018).

Suetônio (2012), ressalta que as águas que caem nos terrenos e nos telhados, quando não são absorvidas, transcorrem para as vias públicas, “juntando-se nas laterais do pavimento, onde se localizam as sarjetas, as quais procedem para as bocas de lobo e, dessas, para as galerias de águas pluviais, percorrendo por caixas de ligação e poços de visita.”

O eficiente funcionamento do sistema de microdrenagem está intrinsecamente ligado à execução cuidadosa das obras, que englobam pavimentação das ruas, construção de guias e sarjetas, e instalação de galerias de águas pluviais. Além disso, requer uma constante conservação e manutenção, incluindo a limpeza e desobstrução regular das bocas de lobo e galerias, especialmente antes dos períodos chuvosos (FOCHESATTO, 2017).

No contexto brasileiro, a infraestrutura de microdrenagem é, de acordo com as normativas institucionais, atribuída à competência dos governos municipais, que detêm a responsabilidade primária na definição e execução das ações nesse setor. Essa responsabilidade se estende também aos governos estaduais, especialmente diante da crescente importância das questões relacionadas à macrodrenagem, que estão intrinsecamente vinculadas à gestão das bacias hidrográficas. Em termos práticos, isso implica que as obrigações referentes à infraestrutura urbana essencial, que abrange microdrenagem e serviços correlatos, como terraplanagens, guias, sarjetas, galerias de águas pluviais, pavimentações e obras de contenção de encostas para mitigar ameaças à ocupação urbana, devem ser integralmente assumidas pelas prefeituras municipais (FERNANDES, 1997).

Em um estudo conduzido por Fragoso *et al.* (2016), que teve como propósito realizar uma análise breve das condições do sistema de drenagem urbana em Belém - PA, observou-se que a ausência de manutenção nos elementos que compõem o

sistema de microdrenagem, incluindo bocas de lobo e sarjetas deterioradas, resulta em alagamentos e transtornos para os pedestres. Durante a pesquisa, constatou-se que todas as bocas de lobo estavam obstruídas por resíduos sólidos, além da identificação de desníveis nas calçadas de algumas avenidas, prejudicando o escoamento da água para as sarjetas e gerando pontos de alagamento. Diante disso, os pesquisadores concluíram que é fundamental planejar intervenções no sistema de drenagem em conjunto com outros setores do saneamento, como gestão de resíduos sólidos, abastecimento de água e sistema de esgotamento sanitário.

### **3.7 Componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais**

O escoamento natural das águas pluviais urbanas ocorre através das sarjetas nas ruas, devido à sua inclinação longitudinal e formato abaulado com declividade transversal. Em determinadas circunstâncias, quando a vazão ultrapassa a capacidade de transporte da sarjeta, pode ocorrer inundações ou alagamentos, fazendo-se necessário capturar esse excedente de vazão. Assim, torna-se essencial recolher uma parcela das águas pluviais por meio de mecanismos de captação (BOTELHO, 2011).

De acordo com o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (Prefeitura de São Paulo, 2012), a sarjeta é caracterizada como canais longitudinais situados entre a guia e a pista de rolamento. Geralmente, apresentam uma seção transversal triangular e têm a finalidade de direcionar o escoamento superficial das vias públicas para um ponto específico de captação ou deságue, comumente associado às bocas de lobo.

Conforme Rodrigues *et al.* (2020), as bocas de lobo são estruturas hidráulicas destinadas a captar as águas pluviais e servidas que são conduzidas pelas sarjetas e sarjetões. Essas estruturas são dispostas de modo que a água superficial possa ser conduzida da melhor maneira para as galerias, em pontos mais baixos das vias para evitar alagamento, levando em consideração que também acabam sendo obstruídas por resíduos sólidos, necessitando de limpezas periódicas.

As bocas de lobo são divididas em três categorias principais: bocas ou ralos de guias, ralos de sarjetas (grelhas) e ralos combinados. Cada categoria apresenta variações em termos de depressões em relação ao nível da superfície normal do perímetro, bem como a quantidade, podendo ser simples ou múltipla (TUCCI; PORTO;

BARROS, 1995), como ilustram as Figuras 03, 04, 05 e 06.

Figura 03 – Boca de lobo de guia

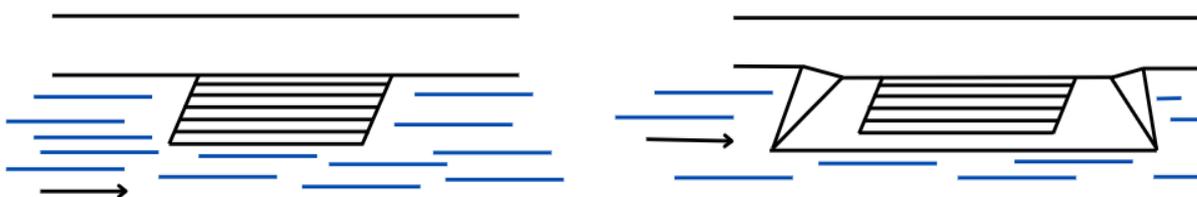


Tipo 1.a – sem depressão

Tipo 1.b – com depressão

Fonte: Adaptada de DAEE/CETESB (1980)

Figura 04 – Boca de lobo com grelha

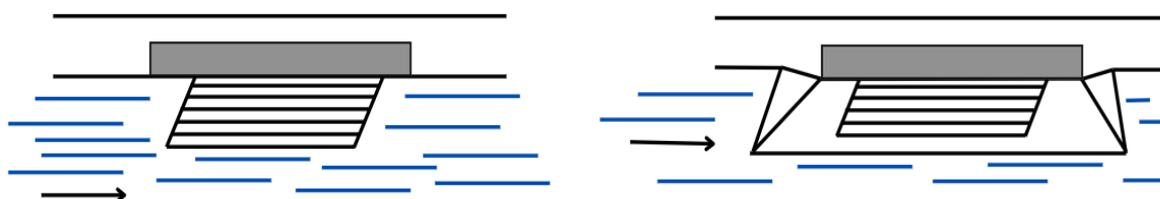


Tipo 2.a – sem depressão

Tipo 2.b – com depressão

Fonte: Adaptada de DAEE/CETESB (1980)

Figura 05 – Boca de lobo combinada

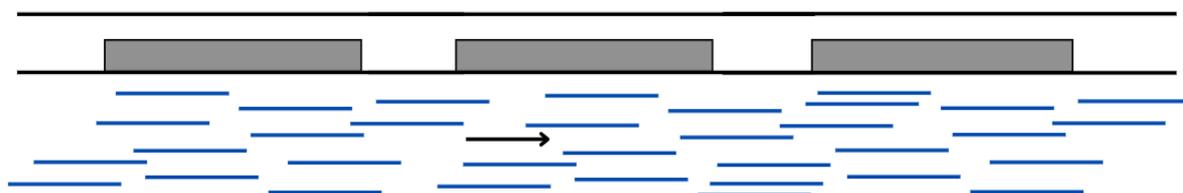


Tipo 3.a – sem depressão

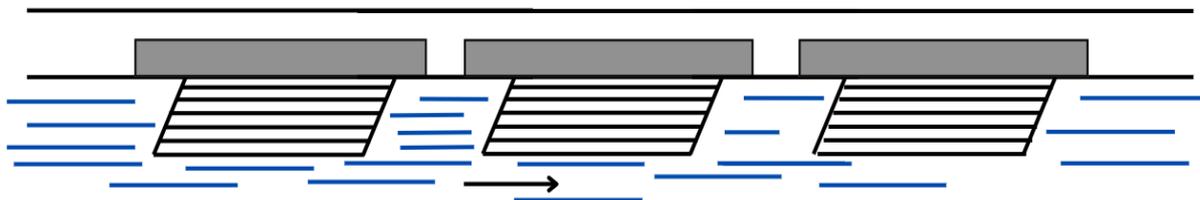
Tipo 3.b – com depressão

Fonte: Adaptada de DAEE/CETESB (1980)

Figura 06 – Boca de lobo múltipla



Tipo 4.a – sem grelha



Tipo 4.b – com grelha

Fonte: Adaptada de DAEE/CETESB (1980)

### 3.8 Geoprocessamento

De acordo com Silva (2012), o Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto abrangente de conceitos, métodos e técnicas voltado para a transformação de dados ambientais georreferenciados em informações pertinentes para a compreensão e gestão de ambientes.

O potencial do Geoprocessamento no Brasil destaca-se consideravelmente, impulsionado pela vasta extensão territorial e pela carência de informações adequadas para orientar decisões relacionadas a problemas ambientais, rurais e urbanos. Em especial, observa-se uma oportunidade significativa para a adoção de sistemas que empregam tecnologias de baixo custo e exigem conhecimentos adquiridos localmente. Diante desse contexto, muitas empresas, instituições e indivíduos optam por softwares livres ou de código aberto, beneficiando-se da gratuidade ou custo relativamente baixo, além do fácil acesso e da adaptabilidade, visto que podem ser personalizados conforme as necessidades específicas. O Quantum GIS (QGIS) é um exemplo notável desse cenário, destacando-se pela sua eficiência e versatilidade (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

## 4 MÉTODOS

Para atingir os propósitos do trabalho, foram executadas diversas etapas. Inicialmente, procedeu-se com a delimitação da área de estudo e da microbacia hidrográfica. Posteriormente, realizou-se a subdivisão da microbacia para identificar a bacia contribuinte. Em seguida, conduziu-se um estudo topográfico detalhado da área em questão, seguido pela coleta de dados *in loco*, para determinação dos parâmetros hidrológicos da região. Por fim, realizou-se o dimensionamento hidráulico, resultando em um conjunto integrado de procedimentos para alcançar os objetivos do trabalho.

### 4.1 Quantum GIS – QGIS

A fim de obter maior precisão e qualidade nos resultados, todo o estudo topográfico realizado neste trabalho se deu através do software Quantum GIS (QGIS). Esta é uma ferramenta de Sistema de Informações Geográficas (SIG) que possibilita a análise, visualização e edição de dados espaciais, além de possibilitar a criação de mapas com várias camadas, empregando diversas projeções cartográficas. Esses mapas podem ser aplicados em diferentes contextos, como análises ambientais, urbanas, demográficas, entre outras (PEJOVIĆ *et al.*, 2014). O QGIS oferece suporte a uma ampla variedade de formatos de dados matriciais e vetoriais, facilitando sua integração por meio de sua arquitetura de plug-ins (ALMEIDA, 2018).

Além disso, o QGIS representa um sistema originado a partir do projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Trata-se de um software gratuito, caracterizado por uma interface gráfica simples, e é distribuído como código aberto sob a Licença Pública Geral GNU. Além disso, é compatível com diversas plataformas, incluindo Mac OSX, Windows, Linux, Unix e Android, proporcionando suporte para uma ampla variedade de formatos, como raster (conjunto de pixels), vetorial (linhas, pontos ou polígonos), bases de dados, e oferecendo diversas funcionalidades (QGIS, 2023).

Os dados vetoriais, apresentados no formato shapefile (SHP), incluem informações alfanuméricas que correspondem aos atributos de cada elemento na camada vetorial. Esses dados têm a flexibilidade de serem importados e exportados no formato *Comma-separated values* (CSV) ou editados diretamente no arquivo por meio da tabela de atributos. Além disso, o sistema possibilita uma interação direta com

a linguagem Python por meio do console PyQGIS, simplificando a realização de processamentos em série, bem como o desenvolvimento e a execução de novos comandos (PEIXOTO, 2022).

A interface gráfica do QGIS foi desenvolvida com ênfase na simplicidade e facilidade de uso. Ela viabiliza consultas espaciais, identificação e seleção de geometrias, exploração interativa de dados, pesquisa, visualização e seleção de atributos, bem como a criação de simbologia para dados vetoriais e raster. Adicionalmente, possibilita o geoprocessamento de camadas raster e vetor, juntamente com a manipulação de camadas raster, entre outras funcionalidades. Vale destacar que as capacidades do QGIS podem ser expandidas por meio de plug-ins. Além dos plug-ins instalados automaticamente com o programa, tem-se a opção de buscar e instalar outros plug-ins por meio do menu do QGIS (ALMEIDA, 2018).

Uma das vantagens notáveis do QGIS consiste na sua acessibilidade, sendo facilmente localizado para download e instalação em computadores com baixa capacidade de processamento. Além disso, destaca-se o considerável número de usuários (ALMEIDA, 2018).

## **4.2 Delimitação e Caracterização da Área de Estudo**

A delimitação da área de estudo e da microbacia foi conduzida mediante um conjunto específico de procedimentos. Inicialmente, procedeu-se à identificação da área de estudo no PE3D para obter a quadrícula correspondente, seguida pelo download do Modelo Digital do Terreno - MDT. Em seguida, utilizando o software Quantum GIS (Geographic Information System) – QGIS, versão 3.28.11, transferiu-se o MDT obtido. Posteriormente, por meio do complemento Grass, realizou-se a delimitação da área de estudo e da microbacia.

A área de estudo compreende a Rua Agostinho Nunes de Magalhães, latitude sul: 7° 59' 12.998" e longitude oeste: 38° 18' 0.804"; localizada no bairro Nossa Senhora da Penha, pertencente ao município de Serra Talhada, situado no estado de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil. Quanto ao clima, a região é classificada como BSw<sup>h</sup>' (incidência de chuvas na maioria dos meses mais quentes e seco nos meses frios do ano), com uma precipitação média anual de aproximadamente 642,1 mm (ALVARES *et al.*, 2014).

### 4.3 Estudo Topográfico

A topografia da região, as características do solo e o desenvolvimento urbano ao redor da Rua Agostinho Nunes de Magalhães contribuem para a complexidade do manejo das águas pluviais nessa área específica.

Para uma melhor análise e entendimento da área estudada, bem como para obter uma visão geral das características de relevo, é fundamental que se realize um levantamento topográfico. Desse modo, para obtenção das curvas de nível, utilizou-se o mesmo MDT usado para as delimitações.

O processo de extração das curvas de nível foi integralmente realizado no software QGIS, versão 3.28.11. Dada a extensão considerável do Modelo Digital do Terreno (MDT), foi necessário realizar um recorte da imagem RASTER. Posteriormente, realizou-se o tratamento e georreferenciamento da imagem, seguido pela extração do contorno, estabelecendo um intervalo de um metro.

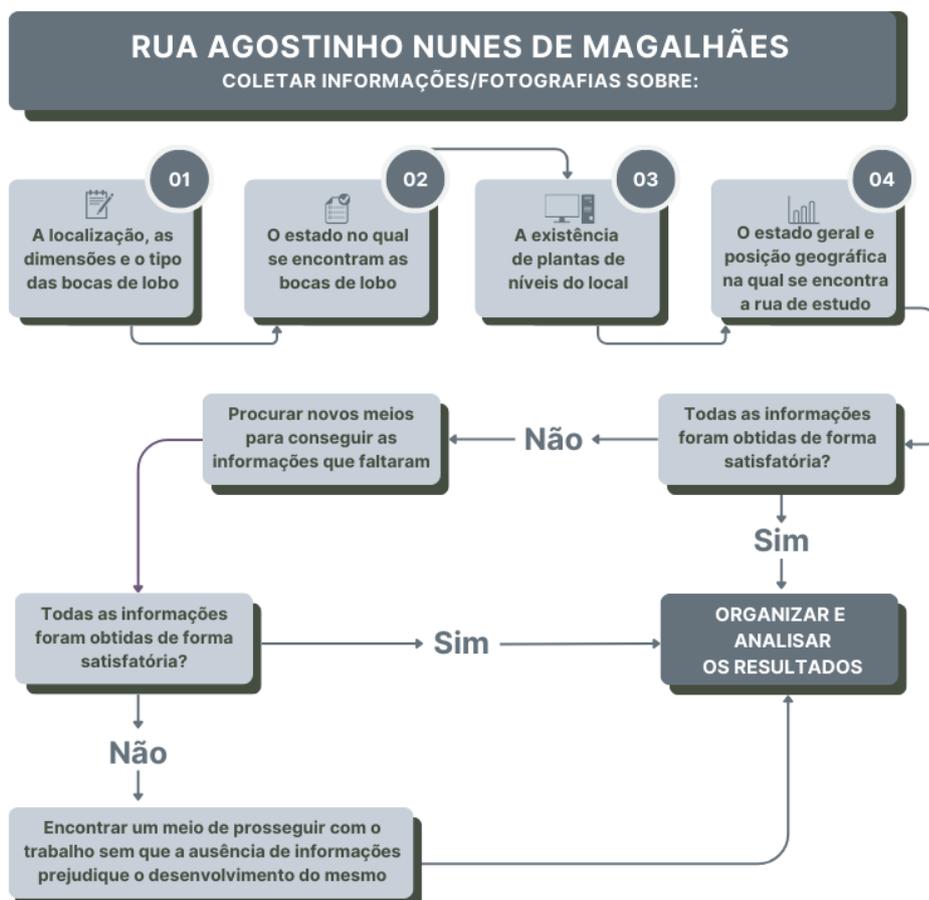
Além disso, através do complemento "Profile Tool", identificando um ponto no começo e outro no fim da rua (para que a variação fosse observada), obteve-se o perfil longitudinal da rua, com o intuito de aprimorar a análise e a compreensão da região em estudo, auxiliando, também, no entendimento do problema estudado.

O entendimento detalhado desses elementos torna-se essencial para implementar soluções eficazes que minimizem os impactos das chuvas, prevenindo alagamentos e contribuindo para a preservação do ambiente urbano.

### 4.4 Coleta de Dados

Para realizar a coleta de dados durante a pesquisa *in loco*, é essencial contar com os seguintes instrumentos: caneta, bloco de anotações, câmera e trena. A Figura 07 apresenta um fluxograma que detalha todas as quatro categorias de informações a serem registradas no processo, sendo elas: verificação da localização, dimensões e tipos de bocas de lobo; o estado de conservação em que estas se encontram; existência de dados topográficos do local, principalmente dados altimétricos; e análise geral da rua em estudo.

Figura 07 – Fluxograma de etapas para coleta de dados



Fonte: Autor (2023)

## 4.5 Parâmetros Hidrológicos

Para projetar obras hidráulicas e otimizar a utilização dos recursos hídricos, é imprescindível possuir informações sobre a vazão de projeto. Nesse contexto, a obtenção segura da vazão de projeto requer um entendimento aprofundado das características físicas da bacia e do seu tempo de concentração (ARAÚJO *et al.*, 2011).

### 4.5.1 Vazão de Projeto

#### 4.5.1.1 Método Racional

Segundo Tucci (1995), o método racional é amplamente empregado para calcular a vazão máxima de projeto em bacias urbanas de pequena escala, com área

inferior a 2 km<sup>2</sup>. Este método se baseia em princípios específicos: dada a pequena dimensão da bacia, a duração da precipitação máxima de projeto é considerada igual ao tempo de concentração da bacia; um coeficiente único de perdas (C) é adotado com base nas características da bacia; e não se realiza a avaliação do volume da cheia nem da distribuição temporal das vazões. Assim, seguindo esses princípios, utilizou-se a Equação 01 para obtenção da vazão de projeto.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

(Equação 01)

Em que:

Q – Vazão em m<sup>3</sup>/s;

C – Coeficiente de escoamento superficial;

I – Intensidade da chuva em mm/h;

A – Área da bacia em km<sup>2</sup>.

#### 4.5.1.2 Coeficiente de Escoamento Superficial

Conforme estabelecido pelo DAEE (1980), a determinação da vazão de projeto pelo método racional requer a aplicação do coeficiente de escoamento em relação à superfície, conforme indicado na Tabela 02.

Tabela 02 – Valores de coeficiente de escoamento superficial

<b>Zonas</b>	<b>C</b>
Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas, de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 – 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 – 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 – 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 – 0,50
Subúrbios com alguma edificação: partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 – 0,25

Zonas	C
Matas, parques e campos de esportes: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parque ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 – 0,20

Fonte: Adaptada de Wilken (1978)

#### 4.5.2 Equação IDF

Para determinar a intensidade da chuva, é possível empregar expressões derivadas de análises da distribuição de duração e frequência das precipitações na área urbana em questão, conforme descrito na Equação 2 (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

$$I = \frac{(K \cdot Tr^a)}{(t + b)^c}$$

(Equação 02)

Em que:

$I$  – Intensidade da chuva em mm/h;

$Tr$  – Tempo de retorno da chuva em anos;

$K, a, b, c$  – Parâmetros locais obtidos por regressão não linear, a partir de informações extraídas de pluviogramas;

$t$  – Tempo de duração em minutos.

Com a realização de estudos feitos por Silva (2009), é apresentada a equação IDF (intensidade, duração e frequência) para Serra Talhada - PE.

$$i = \frac{998,140 \times Tr^{0,136}}{(t + 12,525)^{0,753}}$$

(Equação 03)

Dessa forma, para calcular a intensidade média da chuva na Equação 03, é preciso inserir os dados relativos ao período de retorno e à duração da chuva. O período de retorno é selecionado com base nas especificidades da obra de drenagem

a ser realizada, considerando os riscos para a população, a potencial perda de materiais em caso de inundação e os custos associados à construção (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

#### 4.5.3 Determinação do Tempo de Concentração

Em bacias de pequena escala, o tempo de duração da chuva pode ser considerado equivalente ao tempo de concentração da própria bacia. Em situações em que não há disponibilidade de dados topo-cadastrais detalhados do sistema de drenagem e a modelagem hidráulico-hidrodinâmica não é aplicável, o tempo de concentração pode ser estimado por meio da fórmula empírica de Kirpich (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012).

Desse modo, utilizou-se para o cálculo do tempo de concentração da sub-bacia a equação de Kirpich modificada (DNIT, 2005), expressa pela Equação 04.

$$T_c = 1,42 \cdot \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

(Equação 04)

Em que:

$T_c$  – Tempo de concentração (h);

$L$  – Comprimento do talvegue principal (km);

$H$  – Diferença de cotas entre o ponto mais distante e o exultório (m).

O comprimento e as cotas do ponto mais distante e do exultório do talvegue principal foram adquiridos através da utilização do software QGIS. A rede de drenagem e seus pontos de origem e término foram criados utilizando o complemento SAGA. Na execução desse processo, empregou-se a ferramenta "Fill sinks (Wang e Liu)" para obter o Modelo Digital do Terreno (MDT) sem depressões, e utilizou-se a função "Channel network and drainage basins" para extrair a rede de drenagem e os pontos associados.

#### 4.6 Verificação do Acúmulo de Água

Com o objetivo de aprimorar a análise da região afetada pelos problemas de alagamento na rua em estudo, procedeu-se à simulação de inundações utilizando o complemento GRASS no software QGis 3.28.11, por meio da ferramenta *r.lake*. Utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido no PE3D, identificou-se o ponto mais alto, bem como o ponto mais baixo da rua, gerando a partir disso a simulação de alagamento.

## 4.7 Dimensionamento Hidráulico

### 4.7.1 Bocas de Lobo

A partir da coleta de dados *in loco* verificou-se a existência de três bocas de lobo do tipo 2.a (Figura 04). Assim, para determinar a capacidade de engolimento de cada uma, considerando a profundidade da lâmina de água ( $y$ ) como sendo 42 cm, utilizou-se a Equação 05.

$$Q_{eng} = 2,91 \cdot A \cdot y^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 05)

Em que:

$Q_{eng}$  – Vazão de engolimento ( $m^3/s$ );

$A$  – Área da grade menos a área das barras ( $m^2$ );

$y$  – Altura de água na sarjeta sobre a grelha (m).

Contudo, a eficácia de escoamento de uma boca de lobo é limitada devido a diversos fatores, tais como obstruções causadas por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas adjacentes às sarjetas e o alinhamento físico real (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). Na Tabela 03, são apresentadas as percentagens de redução para cada categoria de boca de lobo. O ponto baixo é identificado por locais onde há alteração na inclinação da rua ou proximidade com as curvas das guias nos cruzamentos, com entrada de água pluvial ocorrendo nas duas extremidades. O ponto intermediário, por sua vez, está situado em segmentos contínuos com uma inclinação

constante, e a entrada das águas pluviais se dá exclusivamente em uma das extremidades (DAEE/CETESB, 1980).

Tabela 03 – Fatores de redução da vazão de escoamento de bocas de lobo

<b>Localização na sarjeta</b>	<b>Tipo de boca de lobo</b>	<b>% permitida sobre o valor teórico</b>
	De guia	80
Ponto baixo	Com grelha	50
	Combinada	65
	De guia	80
Ponto intermediário	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal	60
	Grelha longitudinal com barras transversais combinadas	60

Fonte: Adaptada de DAEE/CETESB (1980)

#### 4.7.2 Galerias

As galerias representam estruturas subterrâneas destinadas a coletar as águas pluviais originadas nas bocas de lobo e encaminhá-las para os pontos de descarga. Conforme Tucci (1995), o dimensionamento adequado das galerias depende de vários fatores, incluindo o tipo de galeria escolhido, a relação entre a lâmina d'água e o diâmetro, a inclinação da galeria e a vazão a ser escoada.

Para calcular o diâmetro mínimo das galerias foi utilizado a Equação 06.

$$D = 1,55 \cdot \left( \frac{Q \cdot n}{s^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

(Equação 06)

Em que:

$D$  – Diâmetro da tubulação (mm);

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

$n$  – Coeficiente de rugosidade de Manning;

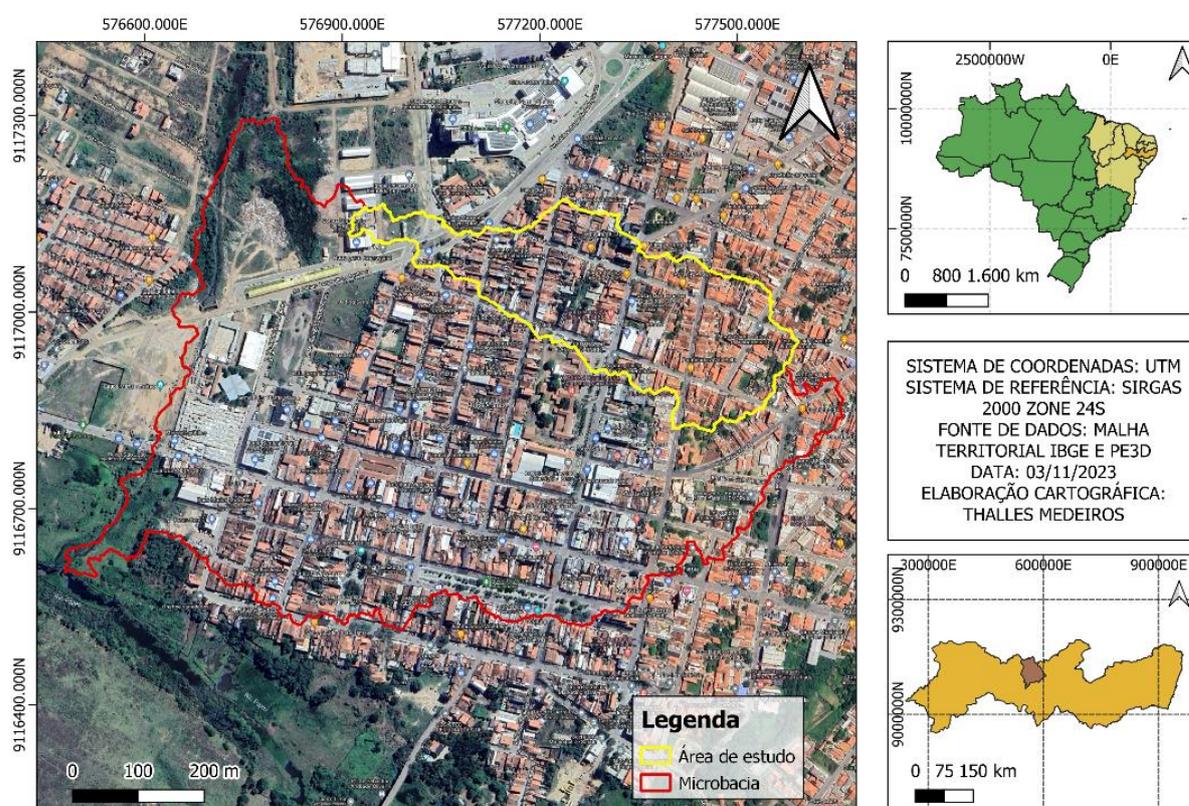
S – Declividade da tubulação (m/m).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Delimitação da Área de Estudo

Após as etapas realizadas para delimitação da área de estudo e da microbacia (item 4.1), utilizando o software QGis 3.28.11, realizou-se o seguinte mapa, conforme a Figura 08.

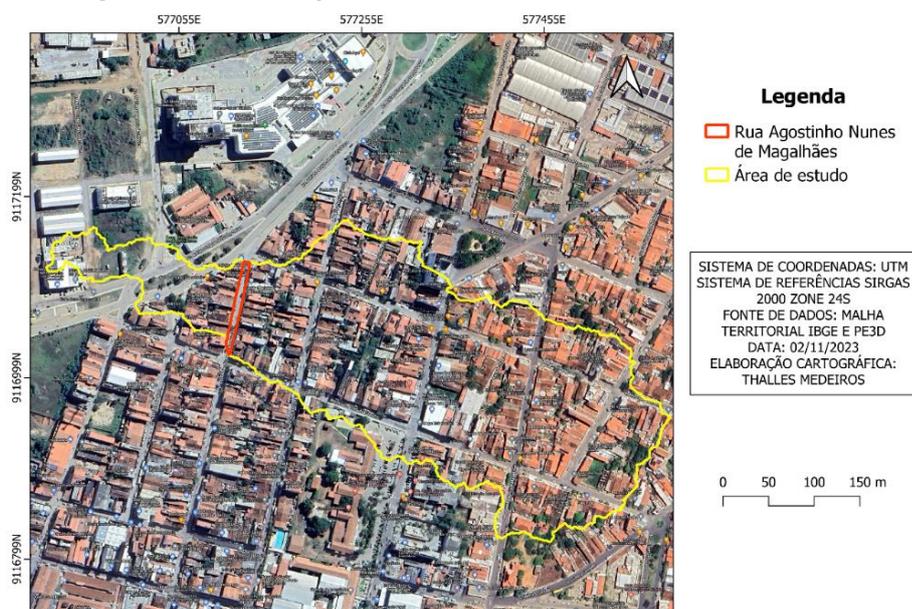
Figura 08 – Delimitação da área de estudo e da microbacia



Fonte: Autor (2023)

Além disso, para uma melhor visualização da rua em estudo, bem como da área contribuinte, um outro mapa foi realizado, como ilustra a Figura 09.

Figura 09 – Delimitação da rua em estudo e da área contribuinte

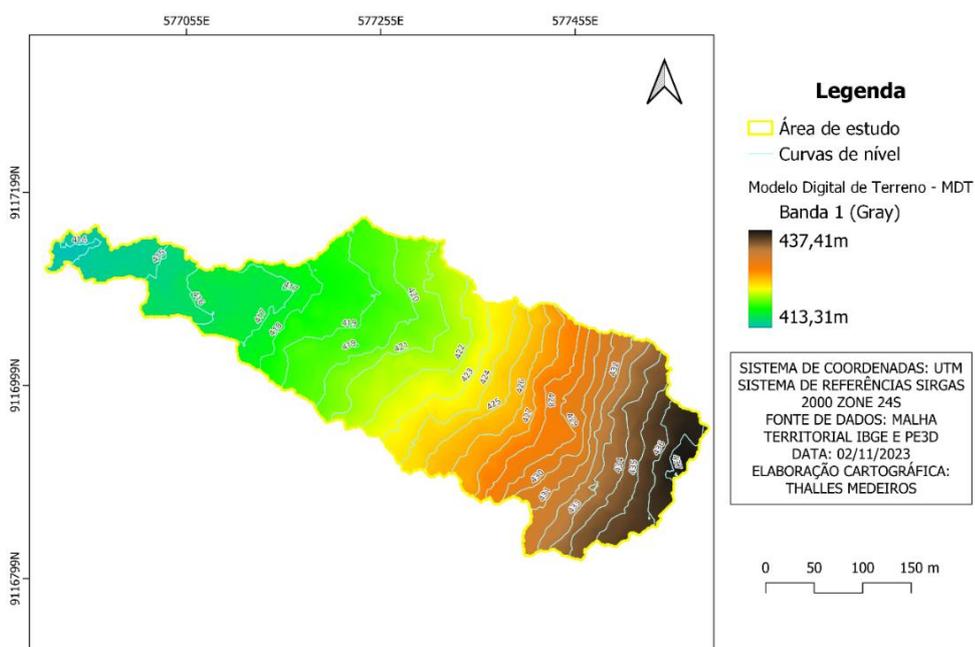


Fonte: Autor (2023)

## 5.2 Topografia da Área Contribuinte

Após os procedimentos realizados no item 4.2, obteve-se o mapa hipsométrico com simbologia para identificar a variação altimétrica, bem como para proporcionar uma visão panorâmica da elevação ao longo da área contribuinte, conforme evidenciado pela Figura 10.

Figura 10 – Mapa hipsométrico com curvas de nível da área de estudo

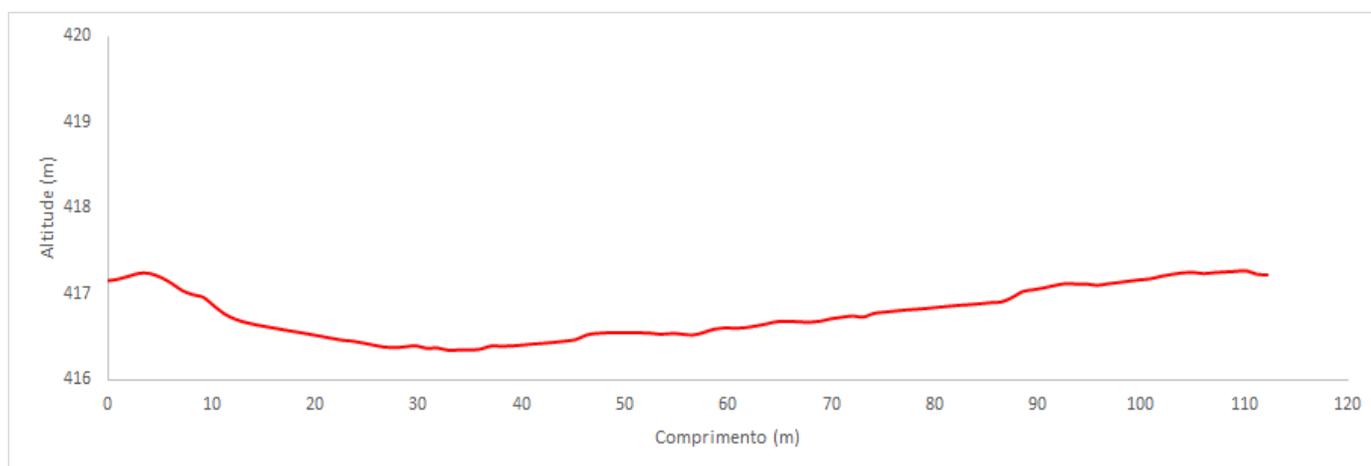


Fonte: Autor (2023)

Ao analisar o mapa e considerar a localização da rua em estudo dentro da bacia contribuinte, torna-se evidente a significativa influência das vias públicas em cotas mais altas no alagamento da referida rua. Isso se deve ao fato de que grande parte da água da chuva que atinge essas vias é direcionada para a Rua Agostinho Nunes de Magalhães. Além disso, a grande diferença de altitudes contribui para uma maior velocidade de escoamento, acelerando, assim, o processo de alagamento.

O Gráfico 01, gerado através do complemento "Profile Tool" do software QGis 3.28.11, apresenta o perfil longitudinal da Rua Agostinho Nunes de Magalhães.

Gráfico 01 – Perfil longitudinal da Rua Agostinho Nunes de Magalhães

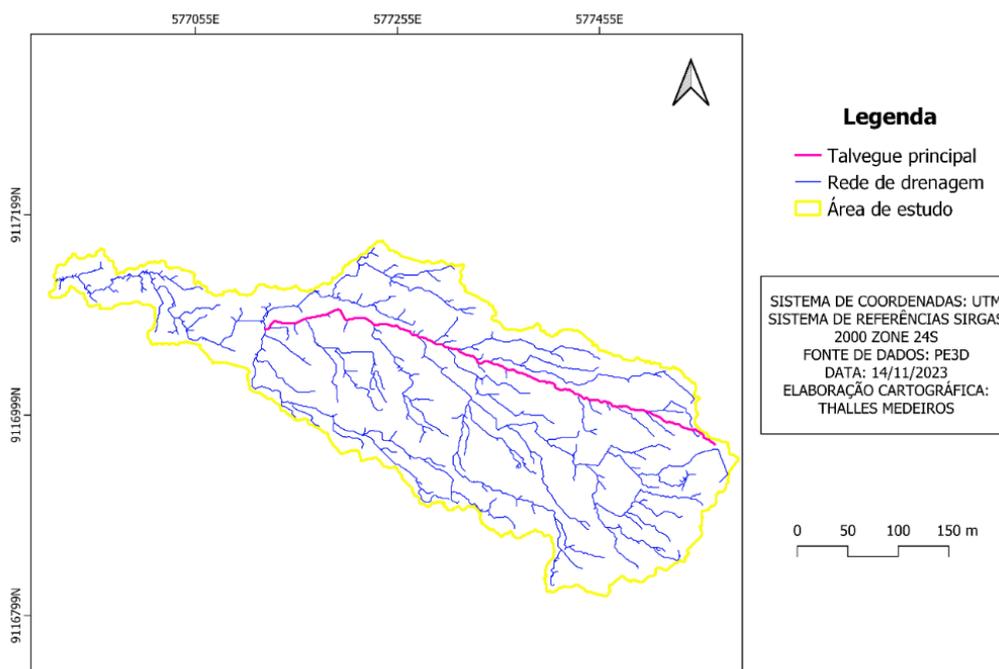


Fonte: Autor (2023)

### 5.3 Talvegue Principal e Tempo de Concentração

Por meio do software QGis 3.28.11, obteve-se a rede de drenagem da bacia contribuinte e identificou-se o talvegue principal (Figura 11), considerando-o como sendo o caminho mais longo que a água transcorre até o ponto mais baixo da área em estudo, obtendo, assim, que seu comprimento é de 0,536 km e que suas cotas de início e fim são, respectivamente, 436,693 m e 416,466 m. Aplicando esses valores na Equação 04, pode-se calcular o tempo de concentração referente ao escoamento da chuva na superfície, obtendo o resultado de 13,04 min.

Figura 11 – Rede de drenagem e talvegue principal

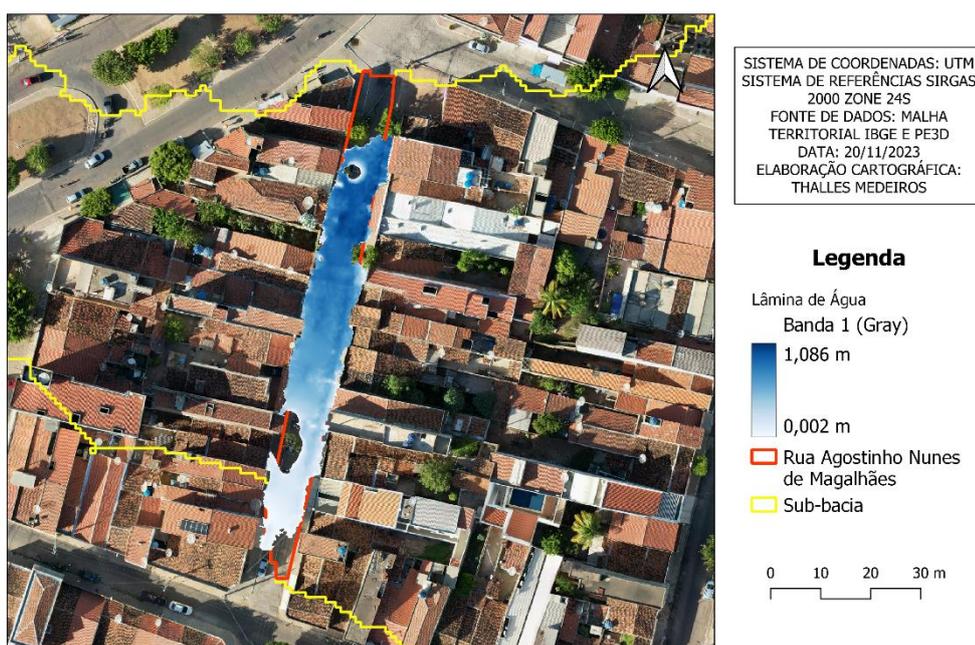


Fonte: Autor (2023)

#### 5.4 Simulação de Alagamento

A Figura 12, obtida através do complemento GRASS do software QGIS 3.28.11, demonstra a simulação de alagamento na Rua Agostinho Nunes de Magalhães.

Figura 12 – Simulação de alagamento na rua estudada



Fonte: Autor (2023)

### 5.5 Definição do Tempo de Retorno

A bibliografia técnica oferece diferentes tempos de retorno para cada tipo de ocupação da área da bacia contribuinte. Desse modo, optou-se por um período de retorno de 10 anos, considerando que esse intervalo é adequado para abranger de maneira satisfatória as máximas precipitações registradas na cidade de Serra Talhada - PE. Tal escolha se fundamenta na localização da bacia de contribuição, que está centralizada e engloba as vias principais da cidade. Vale indicar que quanto maior o tempo de retorno, maior será a proteção oferecida a população, evitando impactos advindos das inundações.

### 5.6 Intensidade Pluviométrica

Aplicando-se na Equação 03 o tempo de concentração adquirido e o período de retorno adotado, pode-se calcular a intensidade de chuva para a região em estudo, obtendo o valor de 118,925 mm/h.

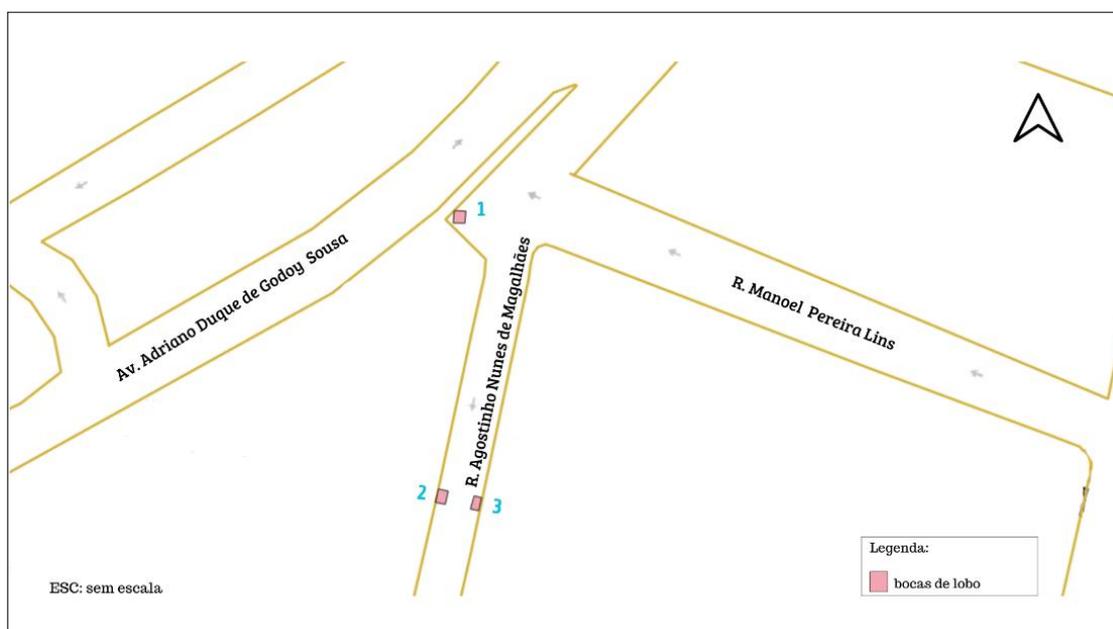
### 5.7 Vazão Máxima

Através do QGis 3.28.11, obteve-se que a área contribuinte para a região de estudo é de 0,092 km<sup>2</sup>. Com isso, considerando um coeficiente C de 0,83 conforme estipulado na Tabela 02 para edificação muito densa com partes centrais densamente construídas, de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas, obtém-se pela Equação 01 uma vazão de projeto de 2,54 m<sup>3</sup>/s.

### 5.8 Vazão das Bocas de Lobo

Durante a coleta de dados em campo, foram identificadas três bocas de lobo, classificadas como com grelha e sem depressão (2.a) conforme ilustrado na Figura 04. O mapa na Figura 13 exibe a localização dessas bocas de lobo.

Figura 13 – Posicionamento das bocas de lobo



Fonte: Autor (2023)

Vale ressaltar que as bocas de lobo encontradas possuíam, em sua maioria, resíduos sólidos sobre as grelhas e no interior das mesmas, obstruindo, assim, a abertura de coleta da água pluvial. Na Figura 14 é possível observar a situação em que estavam as bocas de lobo.

Figura 14 – Bocas de lobo com resíduos sólidos



Fonte: Autor (2023)

A Tabela 04 resume a quantidade de bocas de lobo identificadas, suas dimensões, assim como a capacidade de vazão e a capacidade de vazão reduzida de cada uma.

Tabela 04 – Número, dimensões e capacidade de captação das bocas de lobo identificadas

<b>BL</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão reduzida (m<sup>3</sup>/s)</b>
1	c = 1,6m; a = 1,6m; e = 0,03m; n = 15	1,358	0,679
2	c = 1,0m; a = 1,0m; e = 0,03m; n = 10	0,566	0,283
3	c = 0,8m; a = 0,5m; e = 0,03m; n = 08	0,362	0,181
<b>Total</b>		<b>2,29</b>	<b>1,14</b>

Obs.: “c” é o comprimento, “a” é a largura, “e” é o espaçamento entre às barras, e “n” é o número de espaçamentos.

Fonte: Autor (2023)

Ao inserir os valores listados na Tabela 04 na Equação 05, específica para o tipo de boca de lobo identificada e suas dimensões, e considerando a lâmina de água acumulada na rua devido as chuvas ponderadas como sendo de 42 cm, calcula-se que o somatório da vazão total de água pluvial que todas as bocas de lobo podem conduzir é de 2,29 m<sup>3</sup>/s, conforme apresentado na Tabela 04.

Posteriormente, ao levar em conta o fator de redução de 50% para o escoamento das bocas de lobo, conforme estipulado para o tipo específico identificado (conforme a Tabela 03), determina-se que a vazão reduzida que todas as bocas de lobo juntas são capazes de conduzir é de 1,14 m<sup>3</sup>/s, como indicado na Tabela 04.

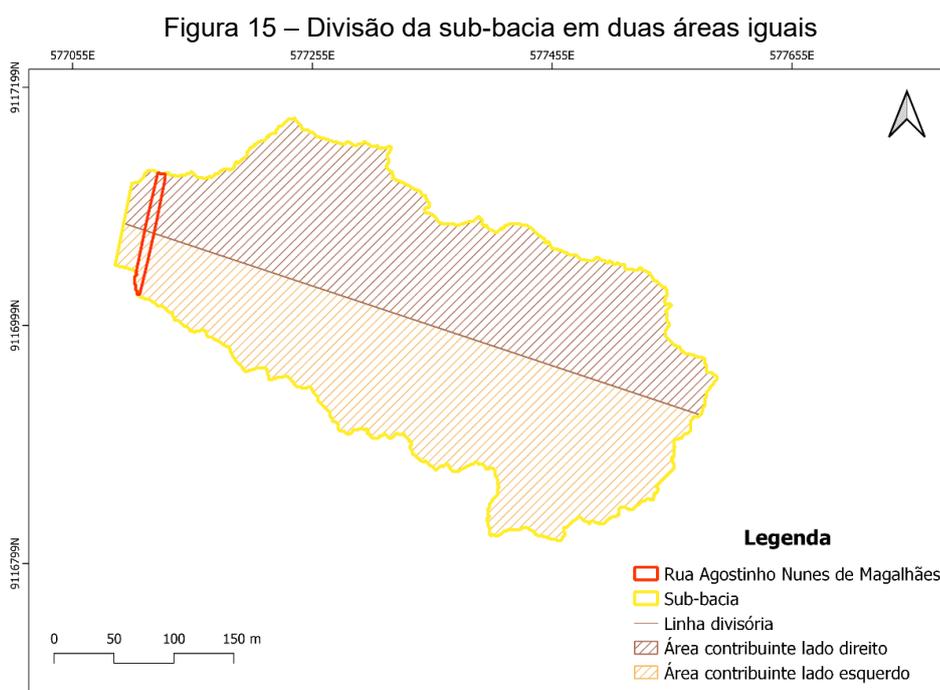
Desse modo, ao avaliar a vazão de escoamento completa e reduzida das bocas de lobo, nota-se que os valores obtidos são inferiores a vazão máxima esperada durante eventos de chuva intensa. Essa discrepância entre a vazão de projeto e a capacidade de escoamento da infraestrutura presente indica que as bocas de lobo atuais não são suficientes para drenar toda a água proveniente de uma precipitação intensa.

Essa constatação se torna ainda mais evidente ao analisar os valores percentuais. A vazão de escoamento da boca de lobo representa apenas aproximadamente 44,88% da vazão de projeto. Isso significa que mais da metade da água esperada durante eventos de chuva intensa não consegue ser adequadamente drenada pela infraestrutura existente, resultando em alagamentos, erosão e outros problemas associados ao acúmulo de água em áreas urbanas.

## 5.9 Diâmetro Mínimo das Galerias

Durante a coleta de dados, a fim de se obter materiais e informações que contribuíssem para uma melhor realização desse trabalho, buscou-se na prefeitura da cidade documentos e/ou projetos que, pelo menos, demonstrassem o caminhamento da rede, bem como a dimensão dos componentes de drenagem existentes na área de estudo. No entanto, foi informado que a mesma não possui tais documentações/projetos. Com isso, fez-se necessário verificar manualmente a dimensão, os tipos e a quantidade das tubulações das galerias presentes na saída de cada boca de lobo.

A partir da análise realizada, verificou-se que a boca de lobo 1 possui duas tubulações de saída, enquanto que as demais possuem apenas uma tubulação, sendo todas as quatro com o diâmetro de 400 mm e feitas de concreto. Logo, adotando 0,013 para o coeficiente de rugosidade, considerando a divisão da sub-bacia em duas partes iguais, a fim de analisar a vazão que chega em cada extremidade da rua (Figura 15), e utilizando a Equação 06, obtêm-se um diâmetro mínimo de 615 mm para as galerias. Adaptando para um diâmetro comercial imediatamente superior, tem-se que o ideal são tubulações de 800 mm.



Fonte: Autor (2023)

## 6 CONCLUSÃO

Diante da pesquisa conduzida e dos dados coletados, ainda que de maneira simplificada, foi possível constatar que as bocas de lobo, embora posicionadas estrategicamente nos pontos em que o perfil e a inclinação da sarjeta e da rua direcionam a água para elas, conforme as recomendações, apresentavam acúmulo de resíduos sólidos tanto dentro quanto sobre sua estrutura, comprometendo, dessa forma, a eficácia no escoamento da água pluvial. Ademais, analisando os resultados obtidos, verificou-se também que as bocas de lobo não apresentam capacidade de escoar toda água decorrente de uma precipitação intensa. Com isso, é evidente que, na atual fase de análise, o sistema de drenagem na região não atende adequadamente ao volume de água pluvial.

É importante ressaltar que, ao longo do desenvolvimento do trabalho, surgiram alguns desafios significativos que impactaram diretamente a condução da pesquisa. Uma das principais dificuldades enfrentadas foi a inexistência de documentação e projetos disponíveis na prefeitura da cidade, que pudessem fornecer informações fundamentais, como o dimensionamento das bocas coletoras na área de estudo, bem como o traçado e as dimensões das tubulações da galeria de drenagem. Essa lacuna documental exigiu a realização de estimativas para esses valores, introduzindo uma incerteza adicional ao estudo.

Portanto, como medidas para atenuar o problema identificado, é imprescindível a implementação de uma manutenção regular e periódica no sistema de drenagem local, a instalação de uma infraestrutura de drenagem mais eficiente ou o dimensionamento adequado da capacidade dos dispositivos de drenagem, bem como a verificação da possibilidade da tubulação a jusante está obstruída com o acúmulo de materiais sólidos, como areia e detritos, presentes na água pluvial.

Além disso, dada a limitação de dados precisos, sugere-se que para a elaboração de futuros projetos de drenagem na região, seja conduzido um estudo mais aprofundado. Isso envolveria não apenas a obtenção de dados mais precisos sobre a área de estudo, mas também uma análise detalhada das tubulações a jusante, reconhecendo a influência direta que esses elementos podem exercer sobre a eficiência do escoamento das águas pluviais na rua.

## REFERÊNCIAS

AIRES, T. R. B.; OLIVEIRA, J. M.; CORDEIRO, D. H. G.; PACHECO, L. L. L.; SILVA, M. H. A.; FREITAS, S. X.. **Degradação do asfalto causado por drenagem urbana ineficiente**. Ceres: Associação Educativa Evangélica, 2018.

ALMEIDA, Aleska Kaufmann *et al.* The time of concentration application in studies around the world: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, p. 1-47, 2022.

ALMEIDA, L. C. de. Análise espacial de dados com o quantum gis: exercícios realizados durante tópico especial ofertado pelo programa de pós-graduação em Geografia da UFSC. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, [S. l.], v. 3, n. 8, 2018.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711 - 728, jan. 2014.

ARAÚJO, B. A. M.; SILVEIRA, C. da S.; SOUZA, J. L.; MAIA JÚNIOR, J. V. F.; ALMEIDA, F. A. F.; STUDART, T. M. C. Análise do tempo de concentração em função das características fisiográficas em bacias urbanas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais** [...] Alagoas: ABRHidro, 2011. p. 1 – 18.

BACK, Á. J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J. L. R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2127 - 2134, 2011.

BARBOSA JÚNIOR, Antenor Rodrigues. **Elementos de hidrologia aplicada**. São Paulo: Blucher, 2022.

BOTELHO, Manoel. **Águas de chuva**: Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento básico**. 2. ed. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011. 152p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São Paulo: INPE, 2001.

CARVALHO, Daniel; MELLO, Jorge; SILVA, Leonardo. **Irrigação e Drenagem: Hidrologia**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. 86 p. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>. Acesso em: 21 set. 2023.

DAEE/CETESB. **Drenagem Urbana**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1980.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. 2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

FERNANDES, Carlos. **Esgotos Sanitários**. Ed. Univ./UFPB: João Pessoa, 1997.

FOCHESATTO, Amanda Caroline de Andrade. **Microdrenagem Urbana: Análise e solução para o problema na Avenida Sete de Setembro, na cidade de Três Corações – MG**. Orientadora: Esp. Luana Ferreira Mendes. 2017. 79 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG, Minas Gerais, 2017.

GRIBBIN, John E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HORNINK, Gabriel Gerber; HENRIQUE, André; HORNINK, Erica Nicacio. **H2O – O Ciclo da Vida**. Alfenas: [s.n.], 2016.

KAMURA, Douglas Toshinobu. **Microdrenagem nas grandes cidades: problemas e soluções**. Artigo - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2015.

LIMA, J. N. **Análise comparativa de métodos para o cálculo de precipitações intensas**. Orientador: Amanda Bezerra de Sousa. 2019. 41p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

MEDAU, Isaac. **Análise dos dispositivos de drenagem urbana na Avenida São Francisco, Anápolis/GO**. Orientador: Agnaldo Antônio Moreira Teodoro da Silva. 2018. 82 f. TCC (Graduação) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2018.

MELLO, C.R.; SILVA, A. **Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: Ed. UFLA, 455 p., 2013.

MENEZES FILHO, F. C. M. DE; TUCCI, C. E. M. Alteração na relação entre densidade habitacional e área impermeável, **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre – RS, v. 9, n. 1, p. 49 - 55, jan./jun. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Governo Federal. **Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/420-ciclo-hidrol%C3%B3gico.html#:~:text=O%20ciclo%20hidrol%C3%B3gico%2C%20ou%20ciclo,dos%20oceanos%20e%20dos%20continentes>. Acesso em: 25 set. 2023.

MIRANDA, Ricardo A. C.; OLIVEIRA, Marcus V. S.; SILVA, Danielle Ferreira. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo UERJ**, [S. l.], v. 1, n. 21, p. 109 – 119, jul. 2010. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/1461>. Acesso em: 28 set. 2023.

PASCHOAL, Renan da Silva. **Usos da água e necessidades de tratamento para consumo humano**. Orientador: Marconi Fonseca de Moraes. 2012. 56 f. TCC

(Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

PEIXOTO, N. G. M.; AZEVEDO FILHO, M. A. N. **Método de mapeamento de ruído de tráfego rodoviário em áreas urbanas utilizando o software QGIS**. In: CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 22; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 29. 2022, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: SOBRAC, 2022. p. 1 – 12.

PEJOVIĆ, M.; GOSPAVIĆ, Z.; MILOVANOVIĆ, B.; ARSIĆ, I. Solving a surveying problem by using R and QGIS - Setting out of a land expropriation zone. **Genouka**, Sérvia, v. 2, n. 2, p.12-18, nov. 2014.

PEREIRA, D. C; DUARTE, L. R; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri - Goiás. REEC - **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2017.

PEREIRA, P. P; ITO, A. H. Efeitos da urbanização e soluções sustentáveis para o sistema de drenagem. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 12, n. 1, p. 183-195, 2017.

**PE3D – Pernambuco Tridimensional**. Disponível em: <http://www.pe3d.pe.gov.br/>. Acesso em: 11 out. 2023.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [S.l.], v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>. Acesso em: 17 out. 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. v. 3. São Paulo: SMDU, 2012. 128 p.

QGIS – Quantum GIS. Versão QGIS 3.28.11. ‘Brighton’. Disponível em: [http://www2.qgis.org/pt\\_BR/site/about/index.html](http://www2.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html). Acesso em: 05 de outubro de 2023.

QIAO, X.-J.; KRISTOFFERSSON, A.; RANDRUP, T. B. Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 943 - 952, set. 2018.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos: EESC-USP, 1998.

RODRIGUES, Amanda Maciel Pontes *et al.* Interceptor de areia e resíduos urbanos em bocas de lobo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 3276 - 3289, out./dez. 2020.

RODRIGUES, Ana Luiza Melo, M.Sc., **Técnicas compensatórias no controle de drenagem em bacias hidrográficas urbanas: diagnóstico, viabilidade e modelagem**. Orientador: Demetrius David da Silva. 2020. 111 f. Dissertação – Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

SANTOS JÚNIOR, V. J; SANTOS, C. O. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica (UNIFAP)**, Macapá, v. 3, n. 1, p. 19 - 30, 2013.

SANTOS, Jéssica Maria Leandro da Cruz. **Proposta de sistema de microdrenagem urbana para o bairro da maternidade no município de Patos/PB**. 2023. 79 f. TCC (Graduação) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

SATIRO, R. S.; LIMA, R. G.; SOUSA, F. C. F.; DUARTE, F. K. D.; SOUSA, F. C. F.. Drenagem urbana de água pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Cajazeiras/PB. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDAD, 1; CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO

SEMIÁRIDO, 2. 2019, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora, 2019. p. 1 – 11.

SILVA, Bruno Marcionilo. **Chuvas intensas em localidades do Estado de Pernambuco**. Orientador: Suzana Maria Gico Lima Montenegro. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. D. Chuvas intensas no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 362-367, 2002.

SILVA, Jorge Xavier da. Uma Posição Crítica e Atuante para a Geografia. **Espaço Aberto**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 17–26, 2012.

SILVEIRA, Liliana Batista Parreira. **Tempo de concentração em pequena bacia hidrográfica parcialmente urbanizada em Uberlândia – MG**. Orientador: Dr. Hudson de Paula Carvalho. 2016. 86 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

SUETÔNIO, Mota. **Introdução à engenharia ambiental**. 5. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2012. p. 34.

TASCA, F. A. *et al.* O papel da drenagem urbana na prevenção de desastres hidrológicos na bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 69, p. 129–142, 2017.

TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Fagnoni Costa. **A dimensão socioambiental da ocupação dos fundos de vale urbanos no município de São Paulo**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1 ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1997.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.