



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIA CLARA DOS SANTOS CORREIA DE ANDRADE

**ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM EM
TRECHO DA RODOVIA PE-015 COM OCORRÊNCIA DE
ALAGAMENTOS**

RECIFE
2023

MARIA CLARA DOS SANTOS CORREIA DE ANDRADE

**ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM EM TRECHO DA
RODOVIA PE-015 COM OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Reuber Arrais Freire

Coorientador: Eng. Henrique da Rocha

RECIFE

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Andrade, Maria Clara dos Santos Correia de.

Análise dos dispositivos de microdrenagem em trecho da rodovia PE-015
com ocorrência de alagamentos / Maria Clara dos Santos Correia de Andrade. -
Recife, 2023.

86 p. : il., tab.

Orientador(a): Reuber Arrais Freire

Cooorientador(a): Henrique da Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil -
Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Microdrenagem. 2. Inundações. 3. Alagamentos. 4. Geoprocessamento. 5.
Drenagem Urbana. I. Freire, Reuber Arrais. (Orientação). II. Rocha, Henrique
da. (Coorientação). III. Título.

620 CDD (22.ed.)

MARIA CLARA DOS SANTOS CORREIA DE ANDRADE

**ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM EM TRECHO DA
RODOVIA PE-015 COM OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 15/05/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reuber Arrais Freire (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. Rafael Willian Prado (Examinador Externo)
TPF Engenharia

Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Abro esta seção agradecendo primeiramente a Deus, que me abençoou com todas as minhas habilidades e me guiou pela graduação em engenharia civil. Se eu não tivesse ouvido os sinais Dele, talvez não tivesse sequer iniciado esse curso. Dedico a Ele essa conquista.

Agradeço à toda a minha família, meus pais, tio, tias, irmãs, primas e primos, por sempre terem acreditado no meu potencial e por todo apoio que recebi. Principalmente à minha mãe, que me deu todo suporte possível e impossível ao seu alcance. Devo tudo a ela, a pessoa que me proporcionou todas as condições e ferramentas necessárias para realizar meus sonhos, a mulher que me inspirou a querer crescer como profissional, a buscar fazer o que eu amo e, acima de tudo, a fazer o bem sem olhar a quem. Sou grata também ao meu pai, que me acompanhou durante toda a graduação, sempre me apoiou emocionalmente e trouxe ensinamentos que a universidade não traz.

Agradeço aos meus amigos, que compartilharam essa fase comigo, lutando batalhas semelhantes às minhas. Muitas vezes, quando pensei em desistir, vê-los lutando ao meu lado me fortificou e me fez continuar. Amigos, como sempre ouvi falar, são a família que nós escolhemos, e eu tenho certeza de que fiz as melhores escolhas.

Agradeço, em especial, ao meu namorado, que esteve ao meu lado durante toda essa reta final, ouvindo minhas frustrações, minhas pequenas vitórias, meus problemas e minhas soluções. Obrigada por ter sido minha calma quando o estresse tomava conta e quando tudo estava complicado de lidar, por ter acreditado mais em mim do que eu mesma e por me lembrar de que eu sou capaz. Sem ele teria sido tudo mais difícil.

A UFPE nos forma para a vida. Lá aprendi a buscar meus próprios recursos, aprendi a não desistir até que esgotasse todas alternativas, aprendi que mesmo em meio ao caos profissional podemos nos divertir, e, por fim, aprendi que a vida não é fácil, mas que podemos sim aprender a viver, e viver bem.

Agradeço aos meus professores, que passaram conhecimentos e ensinamentos da vida. Em especial, ao meu orientador Reuber Freire, que me guiou por esse desafio e que, muitas vezes, me mostrou que as dificuldades que eu estava encontrando eram menores do que eu achava. Obrigada por melhorar meu trabalho em incontáveis níveis e por todo apoio.

Por fim, agradeço à TPF Engenharia, que me acolheu desde o sexto período, confiou no crescimento do meu trabalho, e me fez conhecer de perto a disciplina de drenagem. Sou grata

especialmente a Henrique da Rocha, que foi meu coorientador e tem sido meu amigo e mentor na TPF. Obrigada por toda dedicação, por compartilhar seu conhecimento e por deixar o dia a dia de trabalho mais leve.

RESUMO

Ao longo dos anos, com o crescimento populacional e a urbanização das cidades, diversos empreendimentos foram construídos com o objetivo de crescimento econômico e melhoria na qualidade de vida da população. Contudo, a ocupação do solo sem planejamento impermeabilizou boa parte do solo, trazendo problemas como inundações e alagamentos. A drenagem urbana, nesse contexto, é vista como solução para essa problemática, quando realizada de forma eficiente. Mesmo assim, ainda são encontradas rodovias com a presença de alagamentos, ou até de inundações. No presente trabalho foi elaborado um estudo de caso em um trecho da rodovia PE-015, na cidade de Olinda – PE, onde foram registrados frequentes alagamentos e inundações recentes. A pesquisa consistiu na análise dos dispositivos de microdrenagem quanto à sua suficiência hidráulica e ao seu estado de conservação, seguindo as recomendações do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT). Os resultados revelaram que a drenagem urbana é ineficiente e se torna a principal causa dos alagamentos constantes no trecho estudado, pois apresenta falhas e insuficiência hidráulica.

Palavras-chave: Microdrenagem; Inundações; Alagamentos; Geoprocessamento; Drenagem Urbana.

ABSTRACT

Over the years, with population growth and urbanization of cities, several projects were built with the objective of economic growth and improvement in the population's quality of life. However, land use without planning waterproofed a good part of the land, bringing problems such as floods. Urban drainage, in this context, can be used as a solution to this problem, when carried out efficiently. Even so, floods are still present in highways. This current work aimed at elaborate a case study on a road segment of the PE-015 located in Olinda - PE, where frequent floods were observed. The research consisted of analysing minor drainage devices in terms of their hydrological sufficiency and state of conservation, following the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT, in Portuguese) recommendations. The results revealed that urban drainage is inefficient and becomes the main cause of constant flooding in the studied stretch, as it presents defects and hydraulic insufficiency.

Keywords: Minor Drainage; Floods; Flooding; Geoprocessing; Urban Drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alagamento registrado no trecho, em 07 de junho de 2022	2
Figura 2 - Inundação no trecho, em 25 de maio de 2022.	2
Figura 3 - Projeto de Requalificação da PE-015	3
Figura 4 - Enchentes, inundações e alagamentos.	5
Figura 5 - Comparação entre os hidrogramas da área urbanizada e da área não urbanizada	6
Figura 6 - Meio-fio simples e acostamento	7
Figura 7 - Meio-fio-sarjeta conjugados	8
Figura 8 - Valeta do canteiro central	8
Figura 9 - Saída d'água em greide	9
Figura 10 - Saída d'água em ponto baixo	9
Figura 11 - Tipos de boca-de-lobo	10
Figura 12 - Bueiro de greide.....	10
Figura 13 - Ciclo Hidrológico	12
Figura 14 - Estrutura do plano de águas pluviais.	15
Figura 15 - Passo a passo da metodologia de pesquisa	16
Figura 16 - Mapa de localização do trecho estudado	17
Figura 17 - Mapa de Localização da PE-015	17
Figura 18 - Meio-fio-sarjeta conjugados	22
Figura 19 - Boca-de-lobo simples	24
Figura 20 - Seção na entrada de boca-de-lobo	25
Figura 21 - Alagamento causado por falha no sistema de drenagem	27
Figura 22 - Alagamento causado por falha na pavimentação.....	27
Figura 23 - Gráfico da quantidade de dispositivos levantados.....	28
Figura 24 - Mapa de localização dos dispositivos	29
Figura 25 - Estado de conservação da BL06 e S06	33
Figura 26 - Descontinuidade no MFS	34
Figura 27 - Água acumulada na entrada da Rua Piscina	34
Figura 28 - Água acumulada na entrada da Avenida Agamenon Magalhães.....	35
Figura 29 - Meio-fio-sarjeta obstruído por sedimentos no dia 24 de abril de 2023	35
Figura 30 - Valeta V01 com água acumulada da precipitação no dia 24 de abril de 2023	36
Figura 31 - Trinca no trecho da PE-015	37
Figura 32 - Trinca interligada, tipo jacaré	37

Figura 33 - Defeitos no pavimento do trecho	37
Figura 34 - Defeitos diversos no pavimento.....	37
Figura 35 - Buracos no trecho da PE-015.....	37
Figura 36 - Panela/buraco no pavimento.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação dos dispositivos no Cadastro da Drenagem Existente.....	18
Tabela 2 - Tempo de Retorno de acordo com o DNIT	19
Tabela 3 - Parâmetros para a Equação Geral IDF	20
Tabela 4 - K em função de Ø.....	24
Tabela 5 - Tabela resumo dos meio-fio-sarjetas.....	30
Tabela 6 - Tabela resumo das valetas de canteiro central	31
Tabela 7 - Tabela resumo das saídas d'água.....	32
Tabela 8 - Tabela resumo das bocas-de-lobo	32
Tabela 9 - Soluções sugeridas para os problemas encontrados	38
Tabela 10 - Cadastro dos Meio-fios	43
Tabela 11 - Cadastro das Valetas de Canteiro Central	61
Tabela 12 - Cadastro das Saídas d'água.....	62
Tabela 13 - Cadastro das Bocas-de-lobo	69
Tabela 14 - Verificação do dimensionamento dos Meio-fio-sarjetas.....	76
Tabela 15 - Verificação do dimensionamento das Valetas.....	83
Tabela 16 - Verificação do dimensionamento das Saídas d'água.....	83
Tabela 17 - Verificação do dimensionamento das Bocas-de-lobo	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
CIAR	Centro Integrado de Aprendizagem em Rede
DER/PE	Departamento de Estradas e Rodagem de Pernambuco
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
IDF	Intensidade, Duração e Frequência
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
MF	Meio-fio simples
MFS	Meio-fio-sarjetas
NBR	Norma Técnica Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
RMR	Região Metropolitana do Recife
SGP	Sistema de Gestão de Pavimentos
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SJCC	Sistema Jornal do Commercio de Comunicação
UFG	Universidade Federal de Goiás

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa e motivação	1
1.2	Objetivo geral	4
1.3	Objetivos específicos	4
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1	Definição de enchente, inundação e alagamento	5
2.2	Microdrenagem e Macrodrenagem	6
2.3	Drenagem urbana	6
2.4	Dispositivos da microdrenagem urbana	7
2.5	Estudo topográfico	11
2.6	Estudo Hidrológico	12
2.7	Patologias na drenagem	13
2.8	Plano Diretor de Drenagem Urbana	14
3	METODOLOGIA	16
3.1	Região de estudo	16
3.2	Estudos Preliminares	18
3.2.1	Levantamento topográfico	18
3.2.2	Levantamento dos dispositivos de microdrenagem existentes	18
3.2.3	Estudo hidrológico	19
3.3	Análise da drenagem superficial existente	20
3.3.1	Análise dos dispositivos	21
3.3.2	Dimensionamento dos dispositivos	21
3.3.2.1	Meio-fio-sarjeta	21
3.3.2.2	Valetas de canteiro central	23
3.3.2.3	Bocas-de-lobo	23
3.3.2.4	Saídas d'água	25

3.4	Estudo da causa dos alagamentos	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1	Dados da drenagem da região	28
4.2	Diagnóstico da drenagem existente	33
4.3	Outras possíveis causas dos alagamentos	36
4.4	Soluções propostas.....	38
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	APÊNDICE A - CADASTRO DA DRENAGEM EXISTENTE	43
	APÊNDICE B - PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS	76
	APÊNDICE C - PLANTA DA MICRODRENAGEM URBANA EXISTENTE	86

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, o desenvolvimento da infraestrutura urbana se fez necessário na busca de soluções para a questão da superlotação das grandes cidades. Com o êxodo rural, quando a população migrava para os centros urbanos buscando oportunidades de trabalho e melhores condições de vida, houve um desenvolvimento desses centros de forma que comportasse o crescente aumento populacional. Assim, ao alcançar essa superlotação, foi necessário que as pessoas passassem a habitar o entorno, criando as chamadas regiões metropolitanas.

Segundo Tucci (2012), do ano de 1900 até 2012 a porcentagem urbana da população mundial aumentou em 37%. A grande maioria dos municípios cresceu de forma rápida e sem planejamento. Edificações foram construídas às margens de rios, ruas foram pavimentadas, impermeabilizando o solo, entre outros fatores que ocasionaram na alteração do curso natural da água, o que gerou diversos problemas posteriormente, como as inundações e os alagamentos.

O Brasil tem apresentado frequentemente esse problema, e recentemente o estado de Pernambuco enfrentou sua maior tragédia natural do século 21, com as chuvas torrenciais que ocorreram no primeiro semestre de 2022, quando barreiras deslizaram, casas, hospitais e comércios foram inundados, e ruas foram alagadas, trazendo muitas perdas para a população.

Dessa forma, é possível constatar a importância do planejamento da drenagem urbana para criar caminhos alternativos para a água sem interferir nas infraestruturas ou degradar os recursos hídricos.

1.1 Justificativa e motivação

O trecho estudado está situado na rodovia PE-015, localizada no bairro da Tabajara, em Olinda – PE, município que faz parte da Região Metropolitana do Recife (RMR). No período chuvoso, que compreende os meses entre março e agosto (ARAÚJO *et al.*, 2006), a cidade de Olinda sofre com inundações e frequentes alagamentos.

Exemplos desse fenômeno ocorreram em maio de 2016, quando dois grandes eventos de chuvas intensas causaram sérios transtornos à população do município. No dia 09 do respectivo mês foi registrada uma chuva acumulada de 239 mm em 22 horas, e no dia 30, foi registrado um total precipitado de 241 mm em 16 horas (NETO *et al.*, 2020).

Os veículos de notícia mostram que o problema persiste e o trecho de estudo, tem se mostrado como uma região crítica. A Figura 1 apresenta um alagamento registrado por uma emissora de televisão na região no dia 07 de junho de 2022, onde os carros só conseguiam transitar pela faixa da esquerda, visto que havia muita água acumulada na outra faixa. No dia 25 de maio de 2022, outro veículo jornalístico registrou uma inundação, apresentado na Figura 2, decorrente das fortes chuvas que ocorreram no estado de Pernambuco, que apresentaram em 2 dias quase 80% das chuvas previstas para maio, de acordo com a Defesa Civil do Recife.

Figura 1 - Alagamento registrado no trecho, em 07 de junho de 2022



Fonte: Reprodução/TV Globo

Figura 2 - Inundação no trecho, em 25 de maio de 2022.



Fonte: Gleydson Xavier/SJCC, Jornal do comércio

A Organização das Nações Unidas (ONU) considerou a questão da infraestrutura segura na construção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para o mundo, a exemplo da ODS 6 que trata de “Água Potável e Saneamento”, da ODS 9 que trata de “Indústria, Inovação e Infraestrutura”, e da ODS 11 que trata de “Cidades e Comunidades Sustentáveis”.

De acordo com as ODS mencionadas, os países deverão buscar assegurar a gestão sustentável da água, construir infraestruturas resilientes, tornar as cidades inclusivas e seguras,

proporcionar habitação segura e acesso a transportes, reduzir o número de pessoas afetadas por catástrofes e reduzir as perdas, tanto econômicas quanto sociais. Portanto, o tema se expõe com uma importância não apenas nacional, como também, internacional.

Buscando alcançar essas metas, compreende-se que o controle de inundações urbanas se desenvolve na gestão em nível de bacia hidrográfica ou externo a cidade e, também, na gestão dentro da cidade ou região metropolitana por meio do Plano Diretor de Drenagem Urbana (TUCCI, 2012). Também, entende-se que os alagamentos são evitados através de obras de infraestrutura bem projetadas e executadas, bem como, pela sua manutenção.

Por essa ótica, se faz necessário a obtenção de informações acerca da situação atual da drenagem das pavimentações a fim de oferecer um diagnóstico mais preciso sobre a problemática enfrentada, identificando qual solução deverá ser empregada. Além de servir de base para construção e requalificação dos sistemas de drenagem e dos planos diretores de drenagem urbana das cidades brasileiras, com o desafio de mitigar os problemas de alagamento e inundações.

O tema também é visto com relevância pelo estado de Pernambuco. Atualmente, estão sendo executadas obras na pista central da rodovia, exclusiva para transporte público, que fazem parte de um projeto de requalificação executado pelo DER/PE e supervisionado pela Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos (Figura 3). Esse projeto vem sendo divulgado desde 2019, mas suas obras só iniciaram no segundo semestre de 2022 com prazo previsto para terminar em dois anos. Segundo o Governo de Pernambuco, serão realizados os projetos de pavimentação, drenagem e urbanização de um trecho de 24 km, que contempla a rodovia PE-015 e a via central da BR-101.

Figura 3 - Projeto de Requalificação da PE-015



Fonte: Jornal do Commercio (2022)

Além disso, o estado de Pernambuco iniciou em 2021 o desenvolvimento do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), que visa auxiliar o poder público nas decisões sobre quais intervenções priorizar na destinação dos recursos disponíveis (CRUZ, 2022). Logo, cabe na motivação para esta pesquisa, também, o fortalecimento desse sistema, como parte da busca pela capacidade de oferecer aos cidadãos condições dignas de transporte.

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar os dispositivos de microdrenagem de um trecho da rodovia PE-015, localizada no bairro da Tabajara, Olinda – PE, estudando-os como possível causa dos alagamentos na região, a fim de possibilitar planejamentos e ações de intervenção eficazes contra a problemática da região.

1.3 Objetivos específicos

Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivos específicos:

- i. Analisar os dispositivos da microdrenagem urbana da região;
- ii. Investigar causa dos alagamentos;
- iii. Sugerir soluções para os problemas;
- iv. Estruturar os dados para complementação da base de dados do SGP de Pernambuco e para a produção de um plano diretor de drenagem urbana eficiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse tópico se baseou em obras dos autores Carlos E. M. Tucci e Marcos Augusto Jabôr, além de manuais vigentes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e artigos de revistas de tecnologia e ciências.

2.1 Definição de enchente, inundação e alagamento

Enchente é o aumento temporário do nível d'água de um corpo hídrico, ou seja, quando ele atinge sua cota máxima. Normalmente, a água permanece no leito menor, e durante um período preenche o leito maior, em geral a cada 2 anos ou mais. A inundação seria o transbordamento desse corpo d'água, quando a água atinge as áreas marginais, conhecidas como planícies de inundação ou área de várzea. O alagamento, no entanto, é o acúmulo de água na superfície da área urbana por dificuldade de escoar.

Figura 4 - Enchentes, inundações e alagamentos.

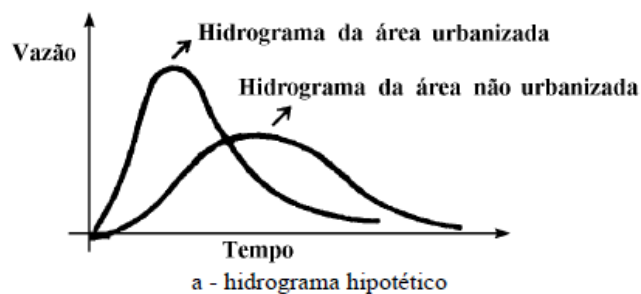


Fonte: Maykell Guimarães, CIAR/UFG

De acordo com Tucci (2007), no ciclo natural da água, a parte dela que escoar na superfície produz um hidrograma onde a vazão varia lentamente, com moderados picos de enchentes, pois esse escoamento ocorre gradualmente. Contudo, a urbanização aumentou o escoamento superficial pela impermeabilização do solo e fez com que a fração da água que era retida pela vegetação e infiltrava no solo passasse a escoar pelos condutos, chegando aos corpos d'água rapidamente, assim, “exigindo maior capacidade de escoamento das seções”.

A Figura 5 ilustra os hidrogramas típicos de uma bacia natural e após a urbanização.

Figura 5 - Comparação entre os hidrogramas da área urbanizada e da área não urbanizada



Fonte: Tucci (2007)

2.2 Microdrenagem e Macrodrenagem

Segundo Tucci e Bertoni (2003), a microdrenagem é um sistema de condutos pluviais ou de rede coletora urbana que tem o objetivo de realizar a drenagem de precipitações. Ou seja, é projetada para coletar as águas da superfície levando-as à macrodrenagem.

A macrodrenagem se refere ao conjunto de coletores que recebem a contribuição de diferentes sistemas de microdrenagem. Nesse caso, precisa ser projetada para atender a altas precipitações e às vazões da microdrenagem (TUCCI e BERTONI, 2003).

2.3 Drenagem urbana

De acordo com Jabôr (2022), o Sistema de Drenagem é composto por dispositivos de drenagem que tem o propósito de conservar o corpo estradal e o meio ambiente, certificando que não haverá riscos para a população em relação aos alagamentos e danos causados por inundações.

“A drenagem de uma rodovia deve eliminar a água que, sob qualquer forma atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais que menos afete a segurança e durabilidade da via” (DNIT, 2006). O DNIT classifica a drenagem em Transposição de Talwegues, Drenagem Superficial, Drenagem de Pavimento, Drenagem Profunda e Drenagem de Travessia Urbana.

Segundo o DNIT (2006), objetivo da Drenagem Superficial é captar e interceptar as águas que precipitam sobre a via e as águas das áreas ao redor, conduzindo-as para um deságue seguro, garantindo a estabilidade e segurança do tráfego. Ela é composta por valetas de proteção de corte, valetas de proteção de aterro, sarjetas de corte, sarjetas de aterro, valeta do canteiro

central, descidas d'água, saídas d'água, caixas coletoras, bueiros de greide, dissipadores de energia e corta-rios.

A Drenagem de Travessia Urbana, trata os trechos urbanos de forma mais específica e detalhada, pois está envolvida com a segurança dos veículos, dos usuários da via, e das pessoas que habitam suas margens. Sendo composta por guias, sarjetas, bocas-de-lobo, galerias, poços-de-visita e estruturas especiais (DNIT, 2006).

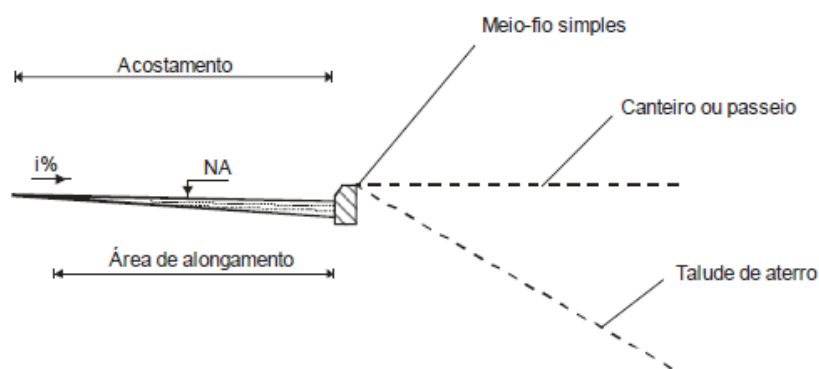
2.4 Dispositivos da microdrenagem urbana

As guias ou meios-fios são elementos longitudinais na borda da pista de rolamento, que servem como elemento delimitador da rodovia, de forma a proteger os pedestres que percorrem a calçada ou passeio. Elas também ajudam a conduzir as águas que precipitam na rodovia e escoam para a borda, sendo muito utilizadas nas vias urbanas, pois podem estar conjugadas às sarjetas (DNIT, 2010).

As sarjetas têm o objetivo de conduzir as águas pluviais ao longo da borda da pista, na faixa destinada à drenagem, em direção às saídas d'água ou a um ponto de captação, como uma caixa coletora. O Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (DNIT, 2006), destaca a importância das sarjetas como dispositivos que retiram o excesso de água na superfície da rodovia, que poderia causar aquaplanagem, degradar o pavimento e diminuir a estabilidade de taludes.

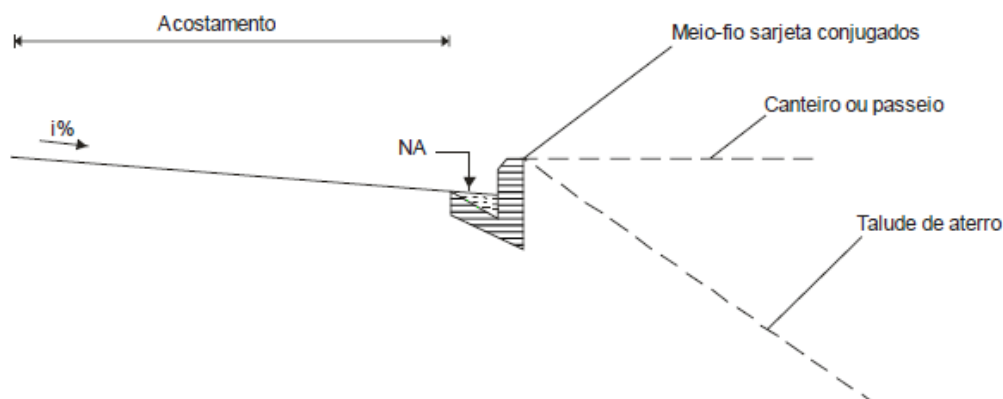
“Um tipo de sarjeta muito usado nas rodovias federais, estaduais, interseções e trechos urbanos é o meio-fio-sarjeta conjugados. Em situações eventuais, no caso de ser possível considerar um alagamento temporário do acostamento, o tipo meio-fio simples também poderá ser usado” (DNIT, 2006).

Figura 6 - Meio-fio simples e acostamento



Fonte: DNIT (2006)

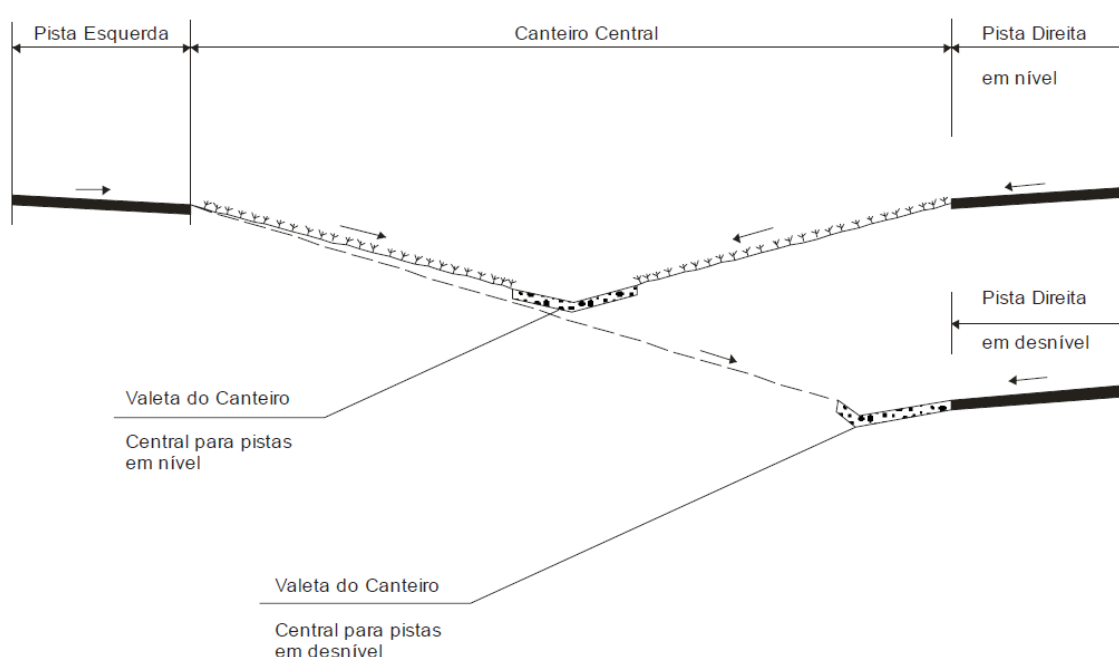
Figura 7 - Meio-fio-sarjeta conjugados



Fonte: DNIT (2006)

Para rodovias projetadas em pista dupla, onde elas são divididas por um canteiro central, se torna necessário, drená-lo superficialmente utilizando a valeta de canteiro central para captar e conduzir as águas pluviais advindas do canteiro central até as caixas coletoras. Elas podem ser de seção triangular, circular (tipo meia cana), trapezoidal ou retangular (DNIT, 2006).

Figura 8 - Valeta do canteiro central



Fonte: DNIT (2006)

De acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), as saídas d'água, nos meios rodoviários, localizam-se na borda da plataforma, junto aos acostamentos ou em alargamentos próprios para sua execução. Ela é posicionada nos pontos onde é atingido o comprimento crítico da sarjeta e nos pontos baixos, para conduzir a vazão captada nas sarjetas para descidas d'água.

Contudo, em trechos urbanos é comum encontrar ela conduzindo a contribuição diretamente para as bocas-de-lobo.

Figura 9 - Saída d'água em greide

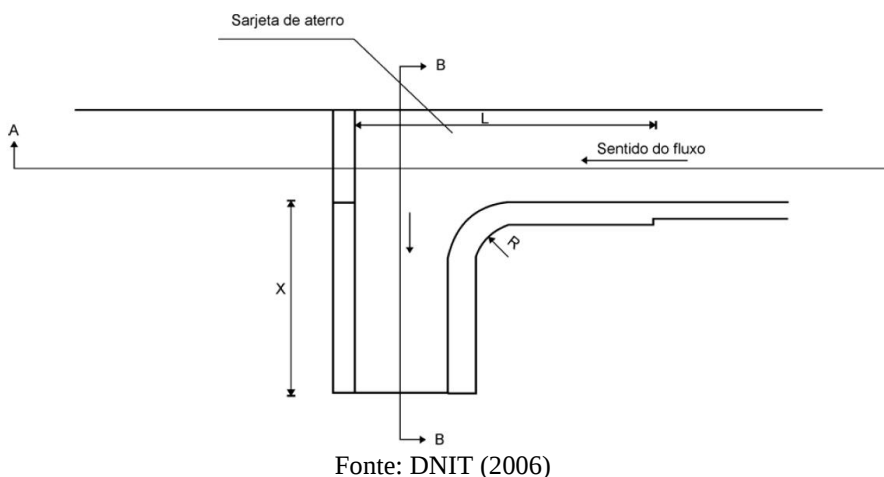
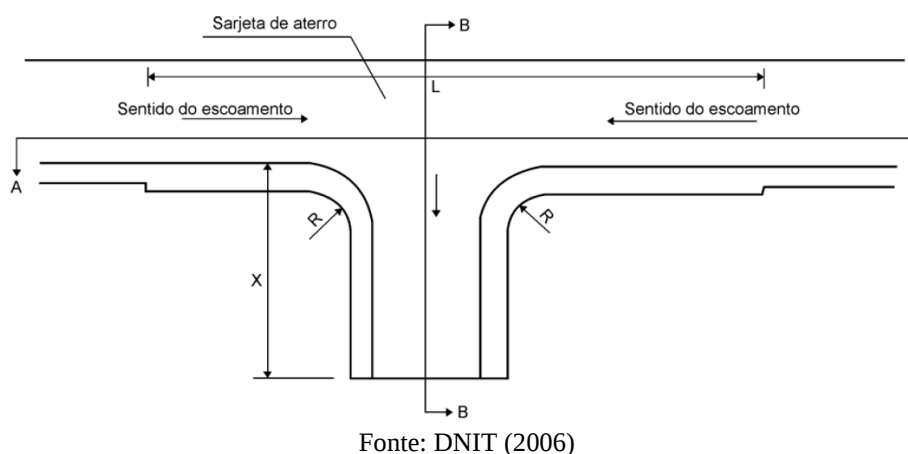


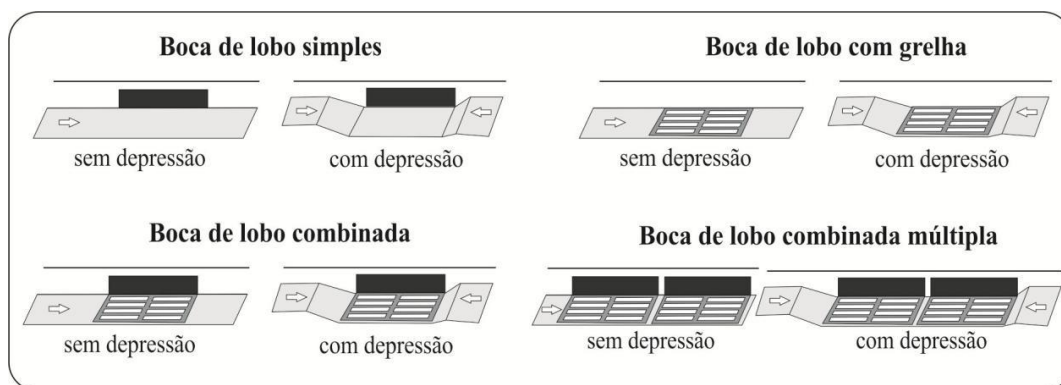
Figura 10 - Saída d'água em ponto baixo



As caixas coletoras são dispositivos muito importantes para a drenagem, pois têm como objetivo principal a coleta da água advinda das sarjetas, das valetas, das saídas d'água, das descidas d'água e dos talvegues. Além disso, também possibilitam a inspeção dos tubos que passam por elas, mudanças de dimensão, direção e declividade de bueiros. Elas são posicionadas nas extremidades dos comprimentos críticos dos dispositivos longitudinais (sarjetas e valetas) e nos pontos baixos da rodovia. Portanto, são essenciais para um bom projeto de drenagem (DNIT, 2006).

Bocas-de-lobo são dispositivos especiais que substituem as caixas coletoras nos trechos urbanos, pois são executadas junto ao meio-fio, compostas por uma abertura vertical por onde ocorre a entrada da água pluvial advinda das sarjetas (DNIT, 2006). Elas podem ser simples, com grelha, combinadas ou múltiplas, podendo ou não ter depressão (Figura 11).

Figura 11 - Tipos de boca-de-lobo

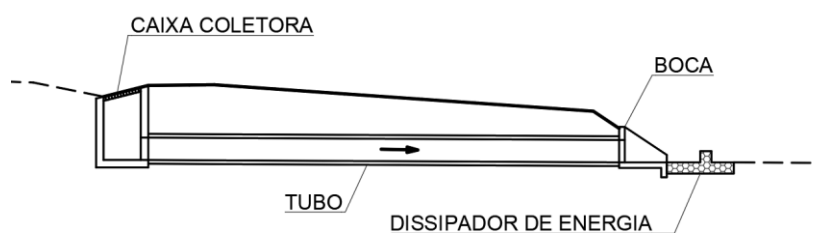


Fonte: Prefeitura Municipal de Água Clara – MG (2015)

Os bueiros de greide são compostos por caixa coletora, tubo e boca (Figura 12). Essa estrutura tem o objetivo de conduzir a água coletada pela caixa para locais de deságue seguro. Ela pode ser executada “transversal ou longitudinalmente ao eixo da rodovia, com alturas de recobrimento atendendo à resistência de compressão estabelecida para as diversas classes de tubo pela NBR-9794 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)”. A boca deverá ser construída à jusante, no talude de aterro ou ao nível do terreno, seguida de um dissipador de energia (DNIT, 2006).

Os dissipadores de energia localizados, ou bacias de amortecimento, segundo o DNIT (2006), são dispositivos que reduzem a velocidade da água no deságue em terreno natural, de forma a evitar a erosão do solo à jusante dos dispositivos de drenagem superficial.

Figura 12 - Bueiro de greide



Fonte: A autora (2023)

Segundo o Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), os poços-de-visita são dispositivos especiais que permitem conexão entre coletores, e possibilitam mudanças das dimensões das galerias ou de sua declividade e direção. Ainda, permite a limpeza nas galerias e a verificação de seu funcionamento e eficiência. A diferença desse dispositivo para as caixas coletoras é que o poço-de-visita não coleta água, apenas as caixas.

2.5 Estudo topográfico

O estudo topográfico consiste no levantamento de informações planialtimétricas de uma determinada área. Segundo a norma técnica para execução de levantamento topográfico, NBR 13133 (ABNT, 1994), o levantamento topográfico é a junção de atividades que identifica as coordenadas topográficas de determinados pontos no terreno estudado. Em uma escala predeterminada, essas coordenadas representam a localização planimétrica e altimétrica dos pontos. Os pontos que possuem a mesma cota, ou seja, altura em relação ao nível d'água, são conectados em uma linha que forma o que é conhecido como curva de nível. Um conjunto de curvas de nível, por sua vez, possibilita a visualização da superfície do terreno existente.

Atualmente, as curvas de nível também podem ser obtidas por processo informatizado, através de ferramentas de geoprocessamento e programas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O Geoprocessamento é o processamento matemático e computacional de informações geográficas que permite o conhecimento mais aprofundado para estudos das disciplinas de Cartografia, Transportes, Análise de Recursos Naturais, Energia, Comunicações e Planejamento Urbano e Regional. Conforme, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2001), “as ferramentas computacionais para Geoprocessamento fazem parte de um SIG ou GIS (*geographic information system*), e permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados”.

Dessa forma, é possível obter os dados no formato digital (*shapefile*, *raster*, etc.) por diversas fontes. O formato de dados *shapefile*, é utilizado pelas variadas bases de dados vetoriais e geoespaciais em SIGs por ser um formato aberto. Por isso pode ser entendido como um formato universal.

Um programa de geoprocessamento muito utilizado é o QGIS. Ele é um *software* colaborativo, ou seja, de código livre e aberto, o que torna bastante acessível a aprendizagem acerca da área para os estudantes. Ele é capaz de ler arquivos geoespaciais de diversos formatos, possibilitando a interoperabilidade entre eles. Além de permitir exportar informações que podem ser levadas para *softwares Building Information Modeling* (BIM), como o Autocad® Civil 3D.

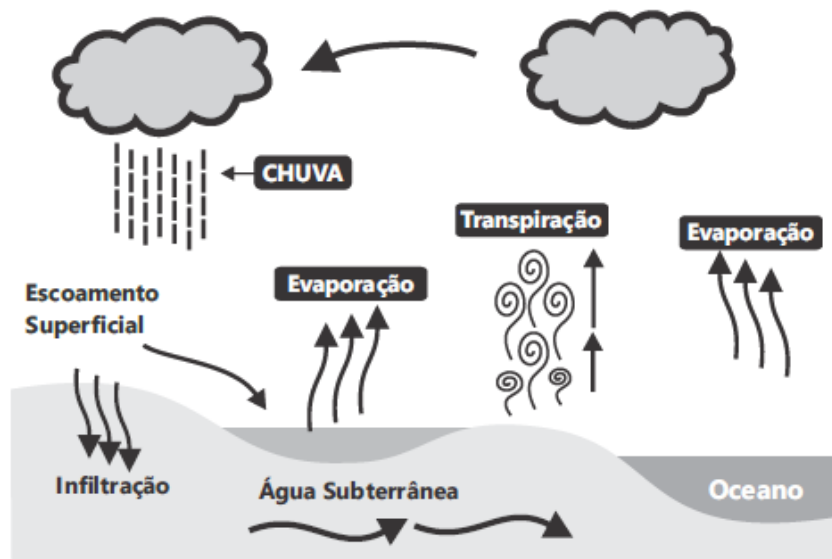
2.6 Estudo Hidrológico

Conforme o *United State Federal Council Science and Technology* (1962), “hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida”.

Resumidamente, a água se apresenta no nosso planeta dentro de um ciclo bem definido, chamado Ciclo Hidrológico (Figura 13). Quando a água precipita sobre a terra através da chuva, parte dela é absorvida pelas plantas, outra parte cai sobre o solo e outra evapora de volta para as nuvens para que ocorra a condensação. Da parte que chega ao solo, uma fração é infiltrada e segue pelas águas subterrâneas até o oceano, e outra parte é escoada superficialmente até os corpos d’água, como rios e lagos.

O escoamento é definido pelas bacias hidrográficas, áreas de captação natural da água da chuva delimitadas pelo relevo, onde as águas que precipitam ali seguem para um mesmo curso, o corpo d’água principal que dá o nome à bacia.

Figura 13 - Ciclo Hidrológico



Fonte: Marcos Augusto Jabôr (2022)

De acordo com Jabôr (2022), para que a urbanização possa ser feita de forma que não cause grandes riscos à população ou danos à natureza, se faz necessário conhecer o regime de chuvas e as bacias hidrográficas da região, afinal, as construções alteram o curso natural da água, podendo ocasionar inundações e pontos de alagamento. O papel da drenagem, portanto, se refere às fases de infiltração e escoamento superficial do ciclo hidrológico, implantando

dispositivos que redirecionem essas águas para os corpos d'água, mantendo a segurança da população.

Assim, para a definição e dimensionamento dos dispositivos que compõem um Sistema de Drenagem, faz-se necessário estudos hidrológicos, primordialmente. Esses estudos servem para a obtenção de elementos e o estabelecimento de critérios para o dimensionamento das obras de drenagem (JABÔR, 2022).

Segundo Jabôr (2022), o estudo envolve a coleta de dados pluviométricos para definição do modelo de chuvas representativo da região e informações cartográficas para caracterização das bacias hidrográficas. Contudo, já existem estudos que padronizaram o modelo de chuvas para diversas cidades do Brasil, sendo assim é possível utilizá-los observando a equivalência do microclima do posto pluviométrico utilizado para a produção da equação da chuva com o microclima da área de estudo.

2.7 Patologias na drenagem

Os problemas na drenagem são facilmente observados quando há falhas nos projetos, na execução ou na manutenção do sistema de drenagem, pois é possível identificar os dispositivos danificados ou obstruídos e pontos de alagamento (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Essas falhas se expõem através das manifestações patológicas, como desgaste devido ao tempo, erosões e entupimentos devido aos acúmulos de resíduos variados. Essas patologias sobrecarregam o sistema de rede de drenagem, causando problemas como inundação, alagamentos e enchentes (ALMEIDA *et al.*, 2020).

Segundo Almeida *et al.* (2020), o desgaste em decorrência do tempo e as erosões, trata-se de patologias comuns, que normalmente são causadas pelo constante recebimento de cargas transmitidas dos eixos dos automóveis e a inexistência de manutenções corretivas e periódicas. O conjunto desses fatores acelera a deterioração dos dispositivos. A má execução da construção dos dispositivos também pode ser a causa de algumas erosões. Já os entupimentos, são causados pelo descarte irregular do lixo e pela falta de limpeza regular da via.

2.8 Plano Diretor de Drenagem Urbana

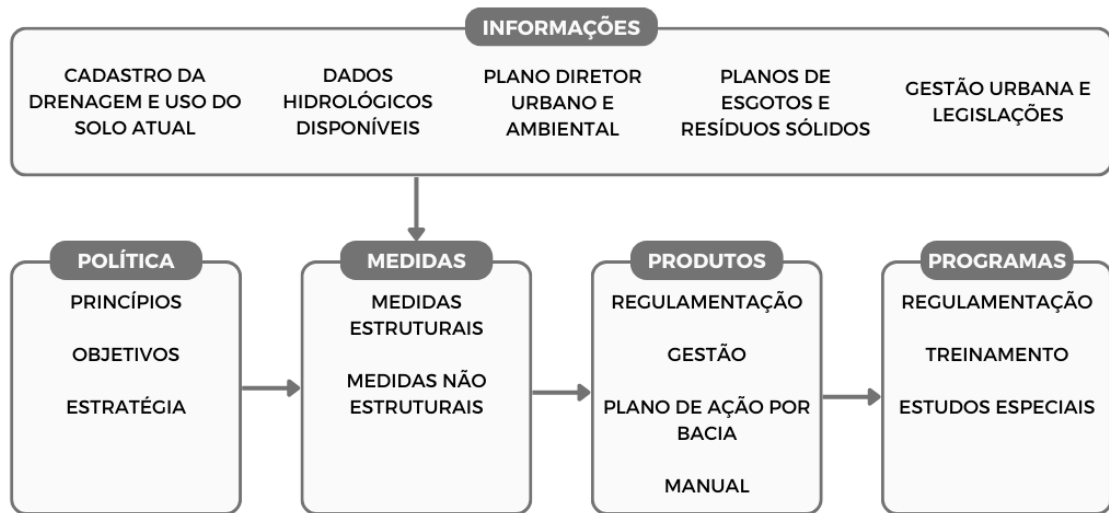
De acordo com Tucci (2012), o Plano Diretor de Drenagem Urbana é previsto pela Lei de Saneamento (Lei Federal nº445/2007) e é definido como o instrumento de gestão das águas pluviais na cidade. Ele serve, principalmente, para controlar os impactos dos empreendimentos na macrodrenagem. A macrodrenagem de uma região, em suma, é o conjunto de corpos d'água naturais e artificiais que fazem parte dela, como rios, lagos, reservatórios, canais e oceanos.

Quando um empreendimento é projetado, os municípios solicitam o projeto de esgotos pluviais e, em alguns casos, o projeto de drenagem. Contudo, raramente é solicitado pelo município que o projetista verifique se a bacia suportará a vazão máxima após a influência da drenagem (TUCCI, 2007). Dessa forma, se o poder público não controlar a urbanização ou ampliar a capacidade da macrodrenagem, o conjunto dos impactos de variados empreendimentos causará um aumento na frequência das enchentes podendo levar a inundações.

Tucci (2007) deixa explícito que essa falta de planejamento e regulamentação impacta todas as cidades urbanizadas, pois após a elevada ocupação, as soluções possíveis para as inundações têm um custo mais elevado, como, por exemplo, canalizações, reversões, diques de bombeamento.

A estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana, representada na Figura 14 é composta por cinco grupos. O primeiro seria o grupo de informações, que seria a base de conhecimento que possibilita o desenvolvimento dos outros grupos, e é composta por dados hidrológicos, cadastro da drenagem existente, legislação e planos diretores vigentes no município. O segundo grupo é representado pela política de águas pluviais, por meio dela sabe-se quais os princípios, objetivos e estratégias serão tomados em relação aos corpos hídricos no desenvolvimento da cidade. Somando as informações dos dois grupos, tem-se as medidas que são não estruturais e estruturais. Como resultados dessas medidas obtém-se os produtos, voltados à sustentabilidade das águas pluviais na cidade, que normalmente são: a regulamentação, os planos de bacias e o manual de drenagem urbana, que servem para orientar o planejamento da cidade. Por fim, esses produtos fornecem insumos para a definição dos programas que têm o objetivo de dar permanência e complementar as medidas definidas anteriormente (TUCCI, 2012).

Figura 14 - Estrutura do plano de águas pluviais.

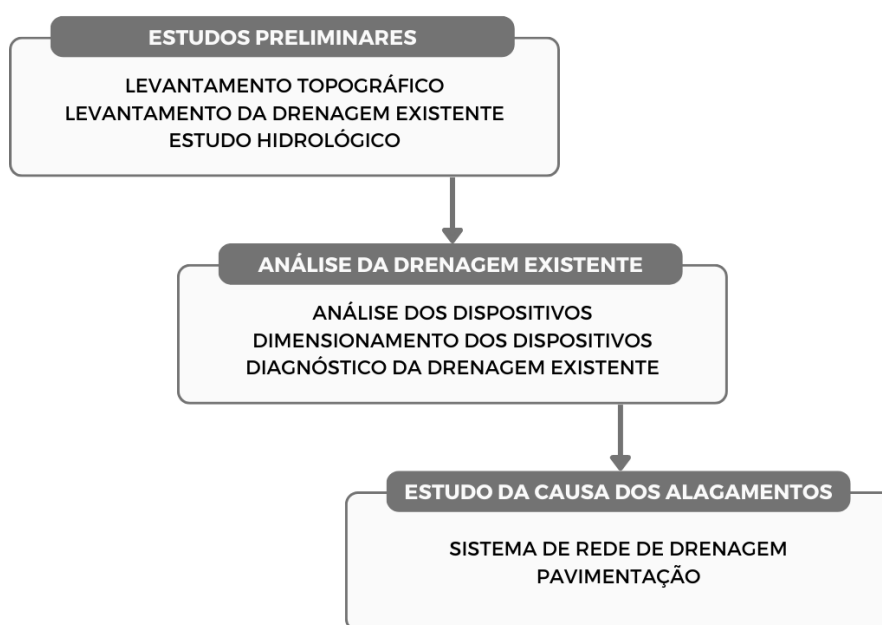


Fonte: Adaptado de Tucci (2012)

3 METODOLOGIA

Esse tópico apresenta a metodologia realizada no presente trabalho. Um estudo de caso foi realizado sobre os dispositivos da microdrenagem de um trecho da rodovia PE-015, em Olinda-PE. A análise dos dispositivos foi direcionada para a investigação do seu estado de conservação e suficiência hidráulica com o problema dos alagamentos, comparando com outras possíveis causas. Para este fim, foram obtidas informações através de sites governamentais, e utilizou-se os programas *Google Earth Pro*, *QGIS*, *Microsoft Excel* e *AutoCAD® Civil 3D*, que permitiram a caracterização da área através dos estudos topográficos e hidrológicos, além de análise bibliográfica de normas vigentes do DNIT e trabalhos da literatura. O passo a passo seguido está ilustrado na figura a abaixo.

Figura 15 - Passo a passo da metodologia de pesquisa



Fonte: A autora (2023)

3.1 Região de estudo

A rodovia PE-015 é composta por três pistas, sendo uma para o sentido norte, outra para o sentido sul e uma exclusiva para ônibus de transporte público. O estudo foi realizado em um trecho de 723 metros na pista que segue para o norte, localizado no bairro da Tabajara. Ele se inicia na coordenada $X = 294.391,068$ m e $Y = 9.118.330,548$ m, e termina na coordenada $X = 294.117,695$ m e $Y = 9.118.995,679$ m. A Figura 16 ilustra a localização do trecho estudado, destacado em vermelho, e a densa urbanização da região.

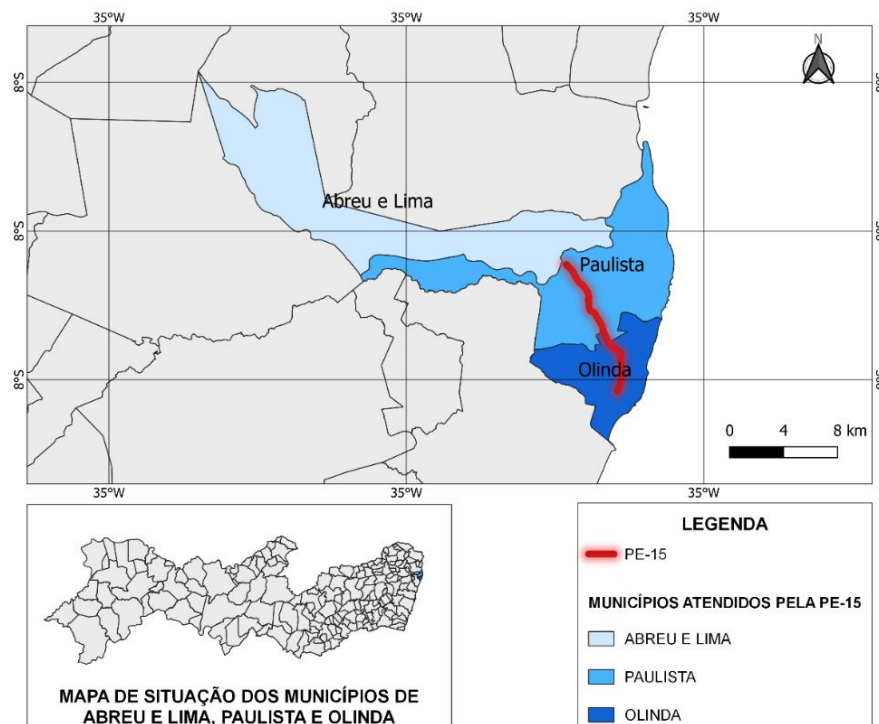
Figura 16 - Mapa de localização do trecho estudado



Fonte: Google Earth (2022)

A rodovia é a principal rota para o litoral norte para os veículos que partem do centro do Recife ou da cidade de Olinda. Além disso, faz parte do percurso de muitas linhas de transporte público da região metropolitana, inclusive contendo o Terminal Integrado da PE-015, um dos terminais de transporte público mais antigos da Região Metropolitana do Recife (RMR) em funcionamento e opera com 17 linhas de ônibus, sendo algumas do tipo BRT (ônibus de trânsito rápido). A via, portanto, recebe diariamente um grande fluxo de caminhões, ônibus e veículos particulares, interligando cidades da região metropolitana.

Figura 17 - Mapa de Localização da PE-015



Fonte: A autora (2023)

3.2 Estudos Preliminares

3.2.1 Levantamento topográfico

O levantamento dos dados topográficos foi feito digitalmente. As informações planimétricas do relevo foram obtidas pelo *Google Earth Pro* e as altimétricas foram adquiridas por meio do site *GPS Visualizer*. Em seguida, essas informações foram levadas para o *software* QGIS, pelo qual foi possível obter as curvas de nível do local de estudo. Por fim, elas puderam ser importadas para o AutoCAD® Civil 3D, o programa da Autodesk, onde as informações foram reunidas. Nele, foi gerada a superfície do terreno, utilizando as curvas de nível, que serviu para o estudo hidrológico e para análise das soluções de drenagem.

3.2.2 Levantamento dos dispositivos de microdrenagem existentes

O levantamento dos dispositivos que formam o sistema de drenagem superficial da região estudada foi feito para que a análise fosse realizada com as informações atualizadas sobre os dispositivos. Assim, o trecho foi estudado por meio da ferramenta *Street View* do *Google Earth Pro*, que forneceu imagens de maio de 2022, combinadas com visitas ao trecho para fazer medições.

Primeiramente, o *Street View* foi utilizado para identificação dos dispositivos, o tipo, obtenção coordenadas geográficas e fotos do seu estado de conservação. Para identificação, eles foram nomeados com siglas seguida do número de identificação delas, sendo as seguintes: MF para meio-fio, VLC para valetas de canteiro central, S para saídas d'água e BL para bocas-de-lobo. Os tipos foram definidos de forma diferente para cada dispositivo, seguindo a tabela abaixo. No caso dos meios-fios e das valetas o tipo foi definido pela geometria, assim, a terminação numérica define uma geometria específica que foi levantada.

Tabela 1 - Identificação dos dispositivos no Cadastro da Drenagem Existente

METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS		
Dispositivo	Tipo	Identificação
Meio-fio simples	MF-1	MF
	MF-2	
Meio-fio-sarjeta	MFS-1	
	MFS-2	
Saída d'água em greide	SGD	S
Saída d'água em ponto baixo	SPB	
Valeta de canteiro central	VL-1	VLC
	VL-2	

METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS		
Dispositivo	Tipo	Identificação
	VL-3	
Boca-de-lobo simples	BLS	BL
Boca-de-lobo simples com depressão	BLSD	
Boca-de-lobo com grelha	BLG	
Boca-de-lobo com grelha e depressão	BLGD	
Boca-de-lobo combinada	BLC	
Boca-de-lobo combinada com depressão	BLCD	
Boca-de-lobo combinada múltipla	BLM	
Boca-de-lobo combinada múltipla com depressão	BLMD	
Caixa coletora		CX

Fonte: A autora (2023)

Em seguida foi levada a campo uma ficha técnica com esses dados, para preenchimento das informações geométricas que não puderam ser obtidas através da ferramenta tecnológica. Dessa forma, foi possível elaborar um modelo da drenagem superficial existente no AutoCAD® Civil 3D e o cadastro dos dispositivos.

3.2.3 Estudo hidrológico

Segundo Jabôr (2022), o dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem tem como base a intensidade máxima de precipitação (I) para uma área ou bacia hidrográfica. Essa Intensidade está relacionada com o tempo de recorrência ou retorno (Tr) adotado e o tempo de concentração das bacias (t), e é frequentemente definida através da curva IDF (intensidade, duração e frequência) que gera uma equação pela qual podemos calcular a Intensidade.

O Tempo de Retorno foi definido pela recomendação do DNIT (2006). A norma sugere que considere o Tr de acordo com a Tabela 2. Sendo assim, visando maior segurança e durabilidade do sistema de drenagem, foi considerado um Tr de 10 anos para a Drenagem Superficial.

Tabela 2 - Tempo de Retorno de acordo com o DNIT

TEMPO DE RETORNO EM ANOS					
Drenagem Superficial	Drenagem Profunda	Bueiros Tubulares		Bueiros Celulares	
		Como canal	Como orifício	Como canal	Como orifício
5 a 10	1	10	25	25	50

Fonte: Adaptado de DNIT (2006)

Para a determinação da Equação IDF foi considerado dois métodos. Um deles foi o de Otto Pfafstetter (1982), devido ao fato de um dos postos estudados por ele estar localizado em Olinda, contudo, por ser um método muito antigo, preferiu-se utilizar a equação geral da

intensidade pluviométrica (Equação 1), que é mais usual atualmente, e foi utilizada por Medau (2018) e Maia (2021). Além disso, um dos tempos de concentração utilizado nos dimensionamentos foi o de 10 minutos, assim não seria possível calcular a intensidade por Pfafstetter, visto que ele fornece os parâmetros apenas para 5 e 15 minutos.

$$I = \frac{k \cdot Tr^a}{(t + b)^c} \text{ mm/h} \quad (1)$$

Para o cálculo da Equação Geral, foram obtidos os parâmetros da tabela abaixo pelo programa Plúvio 2.1, que fornece esses dados para diversas localidades do Brasil.

Tabela 3 - Parâmetros para a Equação Geral IDF

Equação Geral IDF pelo Plúvio 2.1				
Estação Pluviométrica	k	a	b	c
Olinda	666,64	0,20	10,00	0,66

Fonte: A autora (2023)

Por fim, a Equação IDF do trecho foi a exposta a seguir, sendo Tr o tempo de retorno em anos e t o tempo de concentração em minutos.

$$I = \frac{666,64 \cdot Tr^{0,2}}{(t + 10)^{0,66}} \text{ mm/h} \quad (2)$$

3.3 Análise da drenagem superficial existente

No Brasil, devido à grande abrangência de soluções, não há uma norma técnica definida para padronizar os projetos de drenagem urbana. No entanto, existe um padrão desenvolvido da prática de engenharia ao longo do tempo, além dos planos diretores que cada cidade desenvolve separadamente para si (MEDAU, 2018). Sendo assim, este trabalho baseou-se em referenciais teóricos, trabalhos acadêmicos e manuais do DNIT.

A análise feita foi apenas da drenagem superficial atual, pois não foi possível obter informações completas sobre os bueiros existentes. Sendo assim, ela foi orientada em três pontos: avaliação da necessidade de um determinado dispositivo, dimensionamento e diagnóstico deles. Desse modo, com o levantamento da drenagem existente, primeiramente foi avaliado se há sarjetas, valetas e bocas de lobo nos locais onde são necessários. Logo após, os dispositivos existentes foram dimensionados a fim de analisar sua suficiência hidráulica. Por fim, foi feito um diagnóstico com base nos pontos anteriores e no cadastro da drenagem existente.

3.3.1 Análise dos dispositivos

Para análise dos dispositivos foi feito um modelo da drenagem superficial, também, no AutoCAD® Civil 3D, com base no cadastro dos dispositivos de microdrenagem. Isto, somado à superfície modelada, tornou possível identificar para qual sentido a água escoar e o funcionamento da drenagem existente. Esse escoamento também depende da declividade do eixo do greide da rodovia, que forma seus pontos altos e baixos, e da superelevação do seu revestimento.

No âmbito da macrodrenagem, foi identificado apenas a presença do riacho Mirueira, porém, nesse estudo, os corpos d'água não foram analisados, então apenas a microdrenagem foi considerada. Sabendo da funcionalidade de cada dispositivo, analisou-se a existência dos dispositivos requeridos no trecho para o escoamento da água superficial e seu redirecionamento para os coletores que levarão aos corpos d'água.

3.3.2 Dimensionamento dos dispositivos

Foi elaborada uma planilha de dimensionamento no *software* Microsoft Excel na qual foram inseridos os dados de cada dispositivo: o tipo, as medidas, o material e a contribuição recebida. Essas informações, somadas ao estudo hidrológico, permitiram calcular a vazão, o comprimento crítico, a velocidade e a lâmina d'água. Além disso, foi obtido o valor máximo dos parâmetros de cada dispositivo, que não pode ser ultrapassado para segurança hidráulica e bom funcionamento do sistema de drenagem.

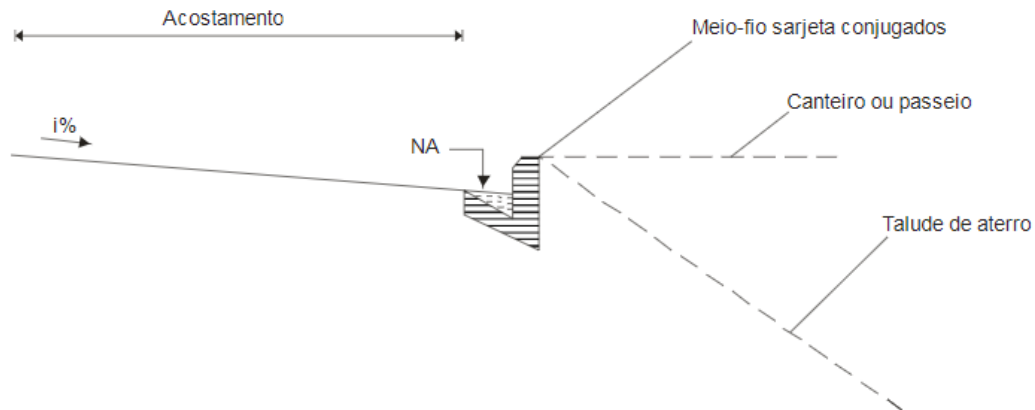
Em suma, a drenagem superficial do trecho é composta por meio-fio-sarjeta, valetas de canteiro central, saídas d'água e redes coletoras. No caso das redes coletoras, foi feita a verificação apenas das bocas-de-lobo, visto que não foi possível obter informações sobre os bueiros existentes junto ao DER/PE, nem informações sobre as cotas das caixas coletoras devido ao alto tráfego da rodovia e ao fato das caixas estarem lacradas.

Sendo assim, foi feita a verificação do dimensionamento para Meio-fio-sarjeta, Saídas d'água, Valetas de Canteiro Central e Bocas-de-lobo, analisando se seus parâmetros estão dentro do requerido.

3.3.2.1 Meio-fio-sarjeta

Nesse trecho da rodovia, a sarjeta de aterro utilizada é a do tipo meio-fio-sarjeta com revestimento de concreto, direcionando a água escoada da rodovia e separando o passeio da faixa rolante (Figura 18).

Figura 18 - Meio-fio-sarjeta conjugados



Fonte: DNIT (2006)

Seu dimensionamento é dado pelo comprimento crítico, ou seja, o comprimento máximo do meio-fio para suportar a contribuição de água no trecho, acima da qual sua vazão admissível é inferior à descarga de projeto (DNIT, 2006).

De acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), calcula-se o comprimento crítico (d) comparando a descarga de projeto com a capacidade de vazão da valeta. A vazão de projeto foi calculada pelo Método Racional (Equação 3), que considera a contribuição das superfícies que deságuam na sarjeta. Já a vazão máxima, é obtida através da combinação da fórmula de Manning com a equação da continuidade (Equação 4). A relação iguala a vazão das duas fórmulas, resultando na Equação 5, que dá o comprimento crítico do meio-fio-sarjeta.

$$Q_o = \frac{C \cdot i \cdot A}{36 \cdot 10^4} \quad (3)$$

Onde: Q_o = vazão de contribuição em m^3/s ; i = intensidade de precipitação em cm/h ; A = área de contribuição em m^2 ; C = coeficiente de escoamento superficial.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{1/2} \quad (4)$$

Onde: Q = vazão máxima admitida na sarjeta em m^3/s ; n = coeficiente de rugosidade; A = área molhada da sarjeta, em m^2 ; R = raio hidráulico, em m ; I = declividade longitudinal da sarjeta, em m/m .

$$d = \frac{36 \times 10^4 \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{1/2}}{C \cdot i \cdot L \cdot n} \quad m \quad (5)$$

Onde: A = área molhada da sarjeta, em m^2 ; R = raio hidráulico, em m ; I = declividade longitudinal da sarjeta, em m/m ; C = coeficiente de escoamento superficial; i = intensidade da

precipitação, em cm/h; L = largura do implúvio, em m; n = coeficiente de rugosidade do revestimento da sarjeta.

A área molhada da sarjeta é a área da água quando a sarjeta está preenchida ao máximo, ou seja, se refere à lâmina d'água máxima antes que a água transborde para a pista. O raio hidráulico é dado pela área dividida pelo perímetro. O coeficiente de rugosidade foi definido como 0,016, com base na tabela 34 do Apêndice B do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006). O coeficiente de escoamento superficial foi considerado igual a 0,90 devido ao fato de a água escoada vir da pista, do passeio e das ruas em taludes de corte, que são solos revestidos de concreto. E a largura do implúvio foi a soma da largura da faixa de rolamento com a largura do passeio e a contribuição externa.

Outro fator importante para o dimensionamento é a velocidade limite de erosão do material utilizado no revestimento da sarjeta, cujo valor é 4,50 m/s para o trecho em estudo, segundo a tabela 31 do Apêndice B do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006). A velocidade de escoamento (Equação 6), portanto, não deverá ultrapassar a máxima permissível, ou seja, 4,50 m/s.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \text{ m/s} \quad (6)$$

Onde: R = raio hidráulico, em m; I = declividade longitudinal, em m/m; n = coeficiente de rugosidade do revestimento da sarjeta.

3.3.2.2 Valetas de canteiro central

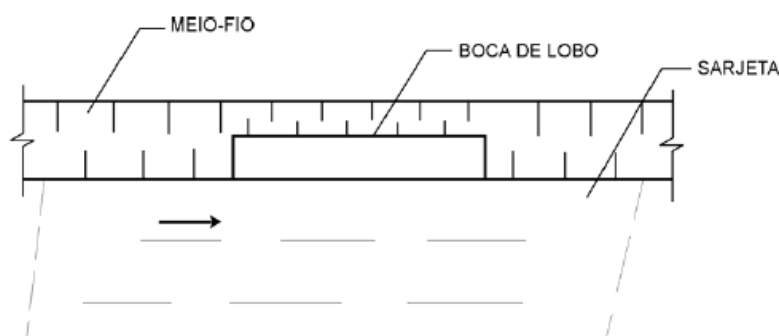
As três pistas da rodovia PE-015 são divididas por canteiro centrais sem revestimento, assim, tem-se valetas de canteiro central no sistema de drenagem existente. O dimensionamento das valetas também pode ser dado pelo comprimento crítico, porém, para uma melhor avaliação, a verificação foi feita através da capacidade de vazão. Dessa maneira, calculou-se a vazão máxima pela Equação 4, para compará-la com a descarga de projeto, ou seja, a vazão recebida dos meio-fio-sarjetas, dada pela Equação 3.

A velocidade da passagem de água pela valeta também deverá ser calculada pela Equação 6, para verificar se está abaixo da velocidade limite de erosão do material, que é 4,50 m/s.

3.3.2.3 Bocas-de-lobo

O trecho conta com bocas de lobo simples localizadas sob passeio, coletando a água do meio-fio-sarjeta, como mostra a Figura 19.

Figura 19 - Boca-de-lobo simples



Fonte: DNIT (2006)

Segundo o DNIT (2006), “a capacidade de esgotamento de uma boca-de-lobo simples é função da rapidez com que se processa a mudança de direção do fluxo na sarjeta”. A relação entre a vazão máxima esgotada pela boca de lobo (Q) e o comprimento da abertura da boca de lobo (L), depende também da altura da abertura no meio-fio (h) e da altura de água na entrada ou lâmina d’água (y).

Para boca-de-lobo simples em ponto baixo de sarjeta:

$$\frac{Q}{L} = 1,703y^{\frac{3}{2}}, \quad \text{para } \frac{y}{h} \leq 1 \quad (7)$$

$$\frac{Q}{L} = 3,101h^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{y'}{h}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad y' = y - \frac{h}{2}, \quad \text{para } \frac{y}{h} \geq 2, \quad (8)$$

Para boca-de-lobo simples em ponto intermediário da sarjeta:

$$\frac{Q}{L} = (K + C) \cdot y \cdot \sqrt{g \cdot y} \quad (9)$$

Onde: Q = vazão máxima suportada, em m^3/s ; L = largura da abertura da boca de lobo, em m; g = aceleração da gravidade, em m/s^2 ; C = constante; igual a zero para boca-de-lobo sem depressão; y = altura do fluxo na sarjeta imediatamente antes da boca-de-lobo, igual a y_0 para a boca-de-lobo sem depressão; y_0 = profundidade da lâmina d’água na sarjeta, em m; K = função do ângulo $\emptyset$ (Figura 20), de acordo com a Tabela 4.

A vazão máxima suportada pela boca-de-lobo foi calculada, portanto, com a lâmina d’água máxima correspondendo a 80% da altura da abertura da boca-de-lobo, e deverá ser maior do que a vazão recebida do meio-fio-sarjeta, que pode ser obtida pela Equação 3.

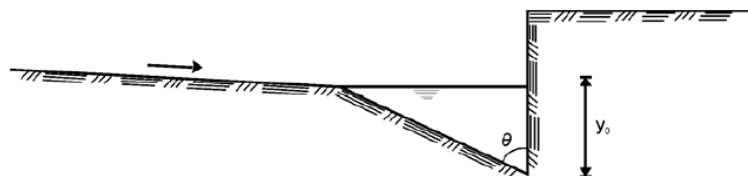
Tabela 4 - K em função de $\emptyset$

CONTANTE K	
tg $\emptyset$	K

12	0,23
24	0,20
48	0,20

Fonte: DNIT (2006)

Figura 20 - Seção na entrada de boca-de-lobo



Fonte: DNIT (2006)

3.3.2.4 Saídas d'água

No sistema de drenagem atual foram utilizadas saídas d'água, com revestimento de concreto com superfície lisa, para conectar o meio-fio-sarjeta com a boca-de-lobo. De acordo com o DNIT (2006), a seção da saída d'água deverá suportar a vazão da água captada pelas sarjetas. Sendo assim o dimensionamento se dá pela largura de entrada da saída que depende da vazão que vem do meio-fio-sarjeta (DNIT, 2006). Pela Equação 10, calculou-se a largura mínima da saída para, com isto, poder comparar com a largura das saídas d'água existentes.

$$L = \frac{Q}{K \cdot y \cdot \sqrt{g \cdot y}} m \quad (10)$$

Onde: Q = vazão recebida da sarjeta, em m^3/s ; y = lâmina d'água vinda da sarjeta, em m; g = aceleração da gravidade, em m/s^2 ; K = coeficiente, função da declividade, igual a 0,20 para sarjetas com declividades entre 2% e 5%.

Segundo o DNIT (2006), a lâmina d'água pode ser calculada através da equação abaixo, que é a fórmula de Izzard derivada da equação de Manning.

$$y = \frac{1,445}{Z^{\frac{3}{8}}} \cdot \left(\frac{Qo}{\frac{1}{I^{\frac{2}{3}}/n}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (11)$$

Onde: Qo = vazão da sarjeta, em m^3/s ; y = altura d'água na sarjeta, em m; Z = recíproca da declividade transversal, $Z = tg\theta$; I = declividade longitudinal da sarjeta, em m/m; n = coeficiente de rugosidade de Manning.

3.4 Estudo da causa dos alagamentos

A inundação representa a invasão de águas e a constante inundação gera o alagamento, que é definida como a água parada em um local com dificuldades de escoar (OLIVEIRA *et al.*, 2021). As possíveis causas que explicam este problema foram consideradas neste trabalho.

De acordo com Tucci (2012), existem dois tipos de inundações, a ribeirinha e a inundação devido à urbanização. A inundação ribeirinha ocorre devido à topografia das áreas próximas aos rios, pois, com o excesso de chuva, a água se acumula nesses locais até que o nível do rio baixe novamente. Este é um processo natural, entretanto, quando a frequência das inundações é baixa, a população de menor poder aquisitivo vê nesses lugares uma oportunidade de moradia. Essa situação, ainda, é agravada pelo serviço de esgotamento sanitário limitado e o descarte irregular de resíduos sólidos que acabam degradando os rios. As enchentes, portanto, atingem essa população por falta de planejamento do uso do solo.

A inundação devido à urbanização é quando a impermeabilização do solo e a drenagem urbana aceleram o escoamento da água, fazendo com que a quantidade de água que chega em determinado momento seja maior do que o natural. Dessa forma, a drenagem deverá contar com o escoamento da água sobre um solo impermeabilizado, realizando adaptações no curso d'água, considerando que haverá um aumento na vazão que chegará nos corpos d'água e na velocidade de escoamento, que poderá degradar o material por onde a água escoar e gerar resíduos sólidos (Tucci, 2012).

Ainda, segundo Tucci (2007), as inundações localizadas podem ser provocadas pelo estrangulamento da seção do rio, pelo remanso devido à macrodrenagem ou por falhas na execução ou no projeto de drenagem, que podem ocorrer isoladamente ou combinados.

Os alagamentos, por outro lado, normalmente são causados por patologias no pavimento ou no sistema de drenagem, que interrompem ou limitam o escoamento da água. Quando não há manutenção nos dispositivos de microdrenagem é comum aparecerem manifestações patológicas que podem sobrecarregar o sistema da rede de drenagem, como desgaste com o tempo, erosões e entupimentos por resíduos (ALMEIDA; CHAVES; DANTAS, 2020).

No diagnóstico da drenagem urbana no bairro Canavieiras em Florianópolis, feito por Ziemann e Pickler (2017), foi encontrado alagamento na esquina da Rua Antônio Heil com a Rua Madre Maria Vilac, por causa do assoreamento das caixas (Figura 21).

Figura 21 - Alagamento causado por falha no sistema de drenagem



Fonte: Ziemann e Pickler (2017)

Além da drenagem, a pavimentação inadequada pode ser a causa de alguns alagamentos, seja por má execução da superelevação ou por defeitos no pavimento, como desgastes, buracos e desníveis. A drenagem superficial é responsável por conduzir a água pluvial que chega ao bordo da pista de forma que não haja alagamentos, contudo, quando a água não escoar para o bordo significa que há um problema na execução da pavimentação. A Figura 22 exemplifica esse problema que foi encontrado na Rua das Flores por Ziemann e Pickler (2017).

Figura 22 - Alagamento causado por falha na pavimentação



Fonte: Ziemann e Pickler (2017)

Alves e Francelino (2022) também atestaram em sua pesquisa, realizada na Rua Senador Thomaz Lobo, em Recife – PE, que a drenagem e a pavimentação ineficientes causavam alagamentos na região por conta dos defeitos que apresentavam, fazendo-se necessária a manutenção e restauração em toda sua extensão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

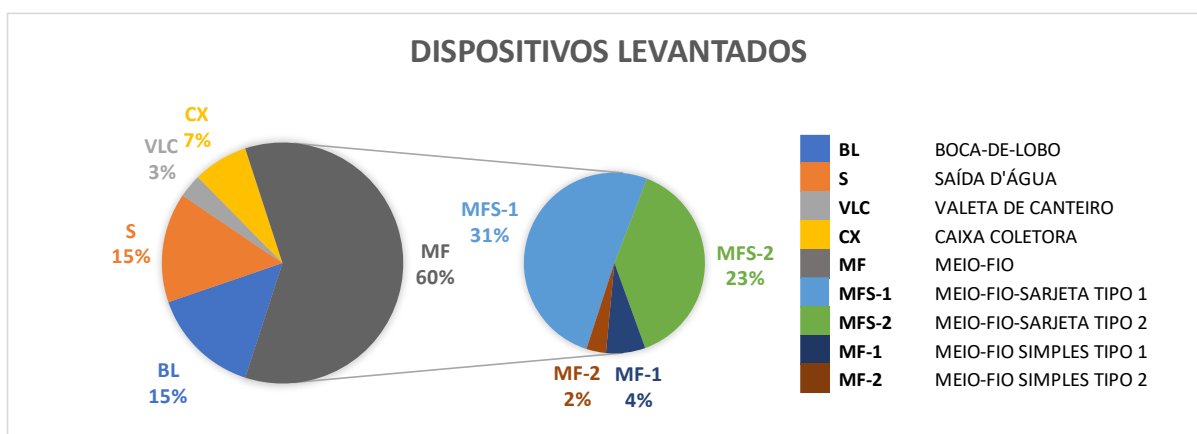
Este tópico trata dos resultados obtidos na pesquisa e das análises realizadas pela autora, bem como discussões acerca da causa da problemática encontrada no trecho da rodovia PE-015.

4.1 Dados da drenagem da região

O levantamento dos dispositivos de microdrenagem gerou dados que foram sintetizados numa planilha de cadastro dos dispositivos, disponível no Apêndice A para livre visualização, e na planta baixa da microdrenagem existente, apresentada no Apêndice C. Esses produtos permitiram o conhecimento sobre o trecho estudado, que foi ilustrado neste subtópico em tabelas, gráficos e uma mapa de localização (Figura 24).

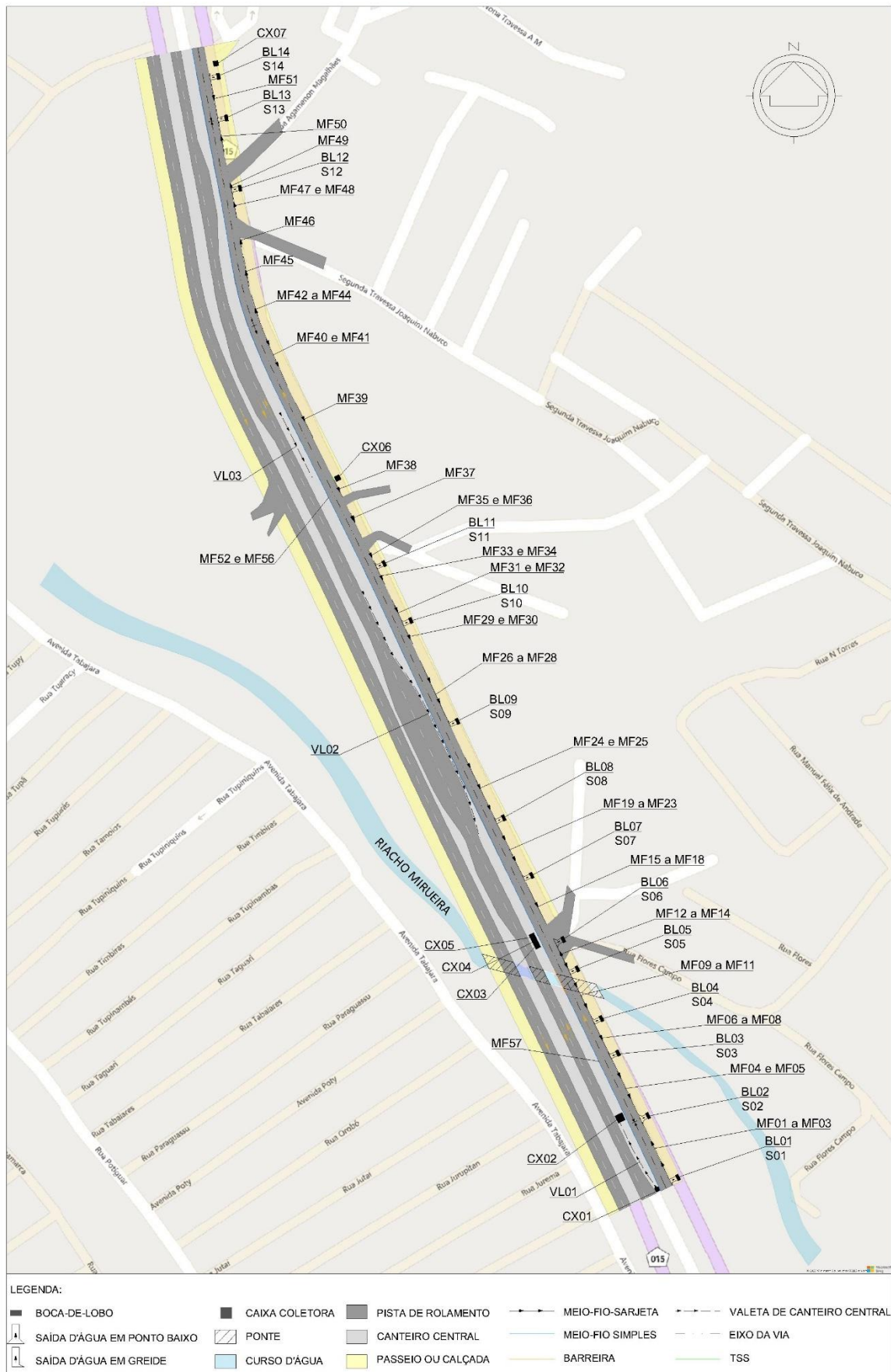
No total, foram levantados 78 dispositivos, sendo 51 meio-fio-sarjetas, 6 meios-fios simples, 14 saídas d'água, 14 bocas-de-lobo, 3 valetas e 7 caixas. O lado direito da pista é compreendido por bocas-de-lobo de um tamanho padrão com abertura de 60x20 cm, saídas d'água também com medida padrão para saída em greide e em ponto baixo, e meio-fio-sarjetas (MFS) com altura variável devido a deterioração do material. Identificou-se, portanto, que onde o MFS está conservado seria considerado como tipo MFS-1, que apresenta altura igual a 18 cm e sarjeta conjugada de seção triangular com base de 36 cm e altura de 9 cm. Onde está deteriorado, foi chamado de tipo MFS-2, com altura do meio-fio igual a altura da sarjeta, que tem base de 36 cm e altura de 7 cm. Já o lado esquerdo da rodovia dispõe de um canteiro central onde há três valetas de tipos diferentes, e meio-fio simples (MF), também com partes deterioradas, sendo MF-1 o meio-fio conservado, com 15 cm de altura, e MF-2 o deteriorado, com 10 cm.

Figura 23 - Gráfico da quantidade de dispositivos levantados



Fonte: A autora (2023)

Figura 24 - Mapa de localização dos dispositivos



Fonte: A autora (2023)

Com a projeção da drenagem existente no AutoCAD® Civil 3D, foram preenchidos os dados faltantes nas planilhas de dimensionamento, apresentadas no Apêndice B. Elas revelaram que todas os meio-fio-sarjetas estão com a velocidade dentro da máxima permissível, contudo, 13 dos 51 MFS foram verificados com capacidade de vazão insuficiente, sendo 8 do tipo que está danificado (MFS-2). O dimensionamento também mostrou que as valetas de canteiro central estão com capacidade de vazão suficiente, porém a valeta VL-2 está apresentando velocidade maior que o dobro da permissível (4,5 m/s). Quanto às saídas d'água e bocas-de-lobo, todas passaram na verificação da vazão. As BL01, BL14, S01 e S14 não foram verificadas pois marcam o início e o final do trecho, portanto, não havia informações acerca da contribuição recebida por elas.

A partir do cadastro da drenagem existente e do dimensionamento, foram feitas as tabelas-resumo a seguir para os dispositivos de microdrenagem dos 723 metros analisados. Elas mostram a suficiência hidráulica, através da verificação da vazão e da velocidade, e o estado de conservação do dispositivo, que é dito como “Ruim” quando apresenta obstrução ou alguma patologia que foi identificada pelas fotos no cadastro.

Tabela 5 - Tabela resumo dos meio-fio-sarjetas

TABELA RESUMO DOS MEIO-FIO-SARJETAS									
ID	Tipo	Extensão L (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)	Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.	Estado de Conservação
MF01	MFS-1	2,24	11,90	0,44	0,001	0,07	OK	OK	Bom
MF02	MFS-2	34,44	8,12	0,38	0,021	0,20	Insuficiente	OK	Ruim
MF03	MFS-1	1,33	11,90	0,44	0,001	0,06	OK	OK	Bom
MF04	MFS-2	35,38	8,28	0,39	0,021	0,20	Insuficiente	OK	Ruim
MF05	MFS-1	3,14	12,14	0,45	0,002	0,08	OK	OK	Bom
MF06	MFS-1	2,05	3,64	0,13	0,001	0,11	OK	OK	Bom
MF07	MFS-2	8,94	2,48	0,12	0,005	0,19	Insuficiente	OK	Ruim
MF08	MFS-1	9,84	3,64	0,13	0,006	0,19	Insuficiente	OK	Bom
MF09	MFS-1	2,54	8,67	0,32	0,002	0,08	OK	OK	Bom
MF10	MFS-2	5,81	5,91	0,28	0,003	0,11	OK	OK	Ruim
MF11	MFS-1	22,36	8,67	0,32	0,013	0,19	Insuficiente	OK	Bom
MF12	MFS-1	6,51	24,22	0,89	0,004	0,08	OK	OK	Bom
MF13	MFS-2	8,5	5,72	0,70	0,013	0,13	Insuficiente	OK	Ruim
MF14	MFS-1	1,34	8,38	0,80	0,002	0,07	OK	OK	Bom
MF15	MFS-2	5,81	23,66	1,25	0,004	0,07	OK	OK	Ruim
MF16	MFS-1	7,61	34,69	1,42	0,005	0,08	OK	OK	Bom
MF17	MFS-2	11,18	23,66	1,25	0,007	0,09	OK	OK	Ruim
MF18	MFS-1	3,13	34,69	1,42	0,002	0,05	OK	OK	Bom
MF19	MFS-1	5,81	28,32	1,16	0,004	0,07	OK	OK	Bom
MF20	MFS-2	8,05	19,31	1,02	0,005	0,08	OK	OK	Ruim

TABELA RESUMO DOS MEIO-FIO-SARJETAS									
ID	Tipo	Extensão L (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)	Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.	Estado de Conservação
MF21	MFS-1	4,47	28,32	1,16	0,003	0,07	OK	OK	Bom
MF22	MFS-2	8,51	19,31	1,02	0,006	0,08	OK	OK	Ruim
MF23	MFS-1	8,95	28,32	1,16	0,006	0,09	OK	OK	Bom
MF24	MFS-1	2,05	24,02	0,98	0,001	0,05	OK	OK	Bom
MF25	MFS-2	38,5	16,38	0,86	0,026	0,16	Insuficiente	OK	Ruim
MF26	MFS-1	9,37	20,72	0,76	0,006	0,10	OK	OK	Bom
MF27	MFS-2	4,96	14,13	0,67	0,003	0,08	OK	OK	Ruim
MF28	MFS-1	25,92	20,72	0,76	0,015	0,14	Insuficiente	OK	Bom
MF29	MFS-2	4,89	14,13	0,67	0,003	0,08	OK	OK	Ruim
MF30	MFS-1	4,47	20,72	0,76	0,003	0,08	OK	OK	Bom
MF31	MFS-2	8,52	20,36	0,96	0,005	0,08	OK	OK	Ruim
MF32	MFS-1	5,8	29,85	1,10	0,003	0,07	OK	OK	Bom
MF33	MFS-2	5,28	20,36	0,96	0,003	0,07	OK	OK	Ruim
MF34	MFS-1	5,28	29,85	1,10	0,003	0,07	OK	OK	Bom
MF35	MFS-1	3,14	24,72	0,91	0,002	0,06	OK	OK	Bom
MF36	MFS-2	3,44	16,86	0,80	0,002	0,06	OK	OK	Ruim
MF37	MFS-2	1,34	0,96	0,05	0,001	0,13	Insuficiente	OK	Ruim
MF38	MFS-2	11,06	13,26	0,63	0,007	0,11	OK	OK	Ruim
MF39	MFS-2	22,37	13,28	0,63	0,013	0,14	Insuficiente	OK	Ruim
MF40	MFS-1	29,62	10,70	0,39	0,018	0,20	Insuficiente	OK	Bom
MF41	MFS-2	9,87	7,30	0,35	0,006	0,13	Insuficiente	OK	Ruim
MF42	MFS-1	2,23	19,72	0,73	0,001	0,06	OK	OK	Bom
MF43	MFS-2	4,12	13,45	0,64	0,002	0,07	OK	OK	Ruim
MF44	MFS-1	11,46	19,72	0,73	0,007	0,11	OK	OK	Bom
MF45	MFS-1	17,37	19,72	0,73	0,010	0,13	OK	OK	Bom
MF46	MFS-1	2,96	19,72	0,73	0,002	0,07	OK	OK	Bom
MF47	MFS-2	12,33	14,73	0,70	0,007	0,11	OK	OK	Ruim
MF48	MFS-1	2,94	21,60	0,80	0,002	0,06	OK	OK	Bom
MF49	MFS-2	3,57	14,73	0,70	0,002	0,07	OK	OK	Ruim
MF50	MFS-1	18,25	20,23	0,88	0,013	0,13	OK	OK	Bom
MF51	MFS-1	23,79	20,19	0,88	0,017	0,14	Insuficiente	OK	Bom

Fonte: A autora (2023)

Tabela 6 - Tabela resumo das valetas de canteiro central

TABELA RESUMO DAS VALETAS								
ID	Tipo	Extensão L (m)	Dimensionamento		Vazão Recebida Qo (m³/s)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.	Estado de Conservação
			Vazão Máxima Q (m³/s)	Velocidade V (m/s)				
VLC01	VL-1	44,27	0,251	1,20	0,013	OK	OK	Ruim
VLC02	VL-2	157,92	2,343	9,32	0,054	OK	Ruim	Bom
VLC03	VL-3	40,71	0,190	1,58	0,014	OK	OK	Ruim

Fonte: A autora (2023)

Tabela 7 - Tabela resumo das saídas d'água

TABELA RESUMO DAS SAÍDAS D'ÁGUA							
ID	Tipo	Largura da Saída (m)	Vazão Recebida Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Vazão Máxima Q (m³/s)	Verificação de Vazão	Estado de Conservação
S01	SGD	0,60					Ruim
S02	SPB	0,60	0,046	0,61	0,029	Insuficiente	Bom
S03	SGD	0,60	0,012	0,49	0,029	OK	Ruim
S04	SGD	0,60	0,018	0,39	0,029	OK	Ruim
S05	SGD	0,60	0,004	0,08	0,029	OK	Ruim
S06	SPB	0,60	0,015	0,20	0,029	OK	Ruim
S07	SGD	0,60	0,024	0,39	0,029	OK	Ruim
S08	SGD	0,60	0,027	0,21	0,029	OK	Ruim
S09	SGD	0,60	0,030	0,47	0,029	Insuficiente	Ruim
S10	SGD	0,60	0,015	0,29	0,029	OK	Ruim
S11	SGD	0,60	0,004	0,13	0,029	OK	Ruim
S12	SGD	0,60	0,009	0,17	0,029	OK	Ruim
S13	SGD	0,60	0,030	0,27	0,029	Insuficiente	Ruim
S14	SGD	0,60					Bom

Fonte: A autora (2023)

Tabela 8 - Tabela resumo das bocas-de-lobo

TABELA RESUMO DAS BOCAS-DE-LOBO						
ID	Tipo	Lâmina Máxima y (m)	Vazão Máxima Q (m³/s)	Vazão Recebida Qo (m³/s)	Verificação de Vazão	Estado de Conservação
BL01	BLS	0,16	0,120			Ruim
BL02	BLS	0,16	0,065	0,046	OK	Bom
BL03	BLS	0,16	0,120	0,012	OK	Ruim
BL04	BLS	0,16	0,120	0,018	OK	Ruim
BL05	BLS	0,16	0,120	0,004	OK	Ruim
BL06	BLS	0,16	0,065	0,015	OK	Ruim
BL07	BLS	0,16	0,120	0,024	OK	Ruim
BL08	BLS	0,16	0,120	0,027	OK	Ruim
BL09	BLS	0,16	0,120	0,030	OK	Ruim
BL10	BLS	0,16	0,120	0,015	OK	Ruim
BL11	BLS	0,16	0,120	0,004	OK	Ruim
BL12	BLS	0,16	0,120	0,009	OK	Ruim
BL13	BLS	0,16	0,120	0,030	OK	Ruim
BL14	BLS	0,16	0,120			Bom

Fonte: A autora (2023)

4.2 Diagnóstico da drenagem existente

De acordo com as tabelas resumo, foi notado que aproximadamente 86% das bocas-de-lobo apresentava sua abertura e a saída d'água ligada a ela obstruídas pelo acúmulo de resíduos sólidos como lixo e sedimentos (Figura 25). Sendo assim, mesmo com o dimensionamento atestando a sua suficiência, os resíduos diminuem o tamanho da abertura das bocas-de-lobo e interrompem o escoamento pelas saídas d'água, o que diminui a capacidade de vazão dos dispositivos. Isto mostra que no caso de altas precipitações, a água irá encontrar dificuldades de escoar pela saída d'água até boca-de-lobo, fazendo com que a mesma se acumule na margem da rodovia, formando alagamentos.

Figura 25 - Estado de conservação da BL06 e S06



Fonte: Google Earth (2022)

Quanto aos meio-fio-sarjetas, foi encontrada muita irregularidade na sua extensão, muito por conta do tráfego de veículos que normalmente passam por cima do meio-fio com o objetivo de estacionar próximo ao comércio. Isto faz com que partes da extensão do meio-fio fiquem deterioradas (Figura 26), como foi identificado para os meio-fio-sarjetas MF29, MF30, MF36, MF39, MF40, MF44 e MF45 que não têm continuidade no meio-fio, interrompendo a passagem da água.

Os resultados mostraram que, no lado direito da via, 36% da extensão do meio-fio-sarjeta está deteriorada e 27% não apresenta nenhum tipo de meio-fio. Já no lado esquerdo, 16% da extensão do meio-fio simples está deteriorada e em 1% não consta meio-fio. Além disso, 39% da extensão dos MFS se mostra com insuficiência hidráulica, porém, todos eles passaram na verificação da velocidade.

Figura 26 - Descontinuidade no MFS



Fonte: Google Earth (2022)

Também foi identificado que alguns MFS não estão compreendidos por nenhum dispositivo de saída, são eles: MF15, MF37, MF38, MF46 e MF49. A água coletada por essas sarjetas, portanto, está sendo conduzida às entradas das ruas e formando alagamentos, devido à topografia da região (Figura 27 e Figura 28). Um caso particular encontrado foi o da sarjeta da MF51, que deveria destinar sua contribuição à saída S13, que está localizada em ponto baixo, entretanto, a S13 está implantada como uma saída em greide, fato que dificulta o escoamento do MFS para a boca-de-lobo.

Figura 27 - Água acumulada na entrada da Rua Piscina



Fonte: Google Earth (2022)

Figura 28 - Água acumulada na entrada da Avenida Agamenon Magalhães



Fonte: Google Earth (2022)

Além dessas manifestações patológicas, observou-se que grande parte das sarjetas conjugadas estavam preenchidas por sedimentos em quase toda a sua totalidade (Figura 29), o que também impossibilita o escoamento longitudinal da água. Tudo isso, somando ao fato de que algumas sarjetas estão subdimensionadas, atesta a ineficiência da drenagem longitudinalmente.

Figura 29 - Meio-fio-sarjeta obstruído por sedimentos no dia 24 de abril de 2023



Fonte: A autora (2023)

As valetas no canteiro central mostraram-se suficientes através do dimensionamento, entretanto, as valetas de grama encontravam-se em estado de conservação ruim, pois mostravam que não havia uma limpeza há muito tempo, visto que as plantas preenchiam sua seção de tal forma que se tornou dificultosa a identificação da sua existência. Além disso, durante a visita ao local feita no dia 24 de abril de 2023, atestou-se que a valeta VL01 apresentava dificuldades

para escoar a água captada, pois, dentre as três, apenas ela ainda estava com água acumulada da precipitação (Figura 30).

Figura 30 - Valeta V01 com água acumulada da precipitação no dia 24 de abril de 2023



Fonte: A autora (2023)

Durante a avaliação do trecho através do *Street View* e pela visita ao local, não foi encontrada nenhuma caixa ou dispositivo de saída para as valetas VL02 e VL03. Porém, pelo dimensionamento ter mostrado que a vazão máxima delas é muito maior do que a vazão efetivamente coletada, a inexistência de uma saída para essa contribuição não se torna muito preocupante para a VL03, devido ao fato dela ser feita de grama. Já a VL02 pode exigir uma atenção para o espaço do tempo entre as chuvas intensas, pois, como ela é feita de concreto, a água não irá infiltrar facilmente e para deixá-la vazia novamente.

4.3 Outras possíveis causas dos alagamentos

Assim como foi apresentado no trabalho de Medau (2018), feito na Avenida São Francisco em Anápolis – GO, e o estudo de Oliveira *et al.* (2021), feito no trecho urbano da BR-104 no estado de Alagoas, que constatarem constantes alagamentos na região e drenagem ineficiente, esta análise mostrou manifestações patológicas nos dispositivos e até insuficiência hidráulica. Dessa forma, apresentando-se como uma das causas das frequentes ocorrências de alagamentos no trecho.

Além disso, é possível identificar que o trecho também apresenta patologias no pavimento. Estas podem fazer com que a água precipitada na superfície da rodovia não escoe para a borda, formando alagamentos mais para o centro da rodovia. A seguir são apresentadas fotos de

patologias encontradas no pavimento do trecho, comparando-as com as imagens representativas dos defeitos no pavimento consideradas na Norma 005/2003 – TER (DNIT, 2003).

Figura 31 - Trinca no trecho da PE-015



Fonte: Google Earth (2022)

Figura 32 - Trinca interligada, tipo jacaré



Fonte: DNIT (2003)

Figura 33 - Defeitos no pavimento do trecho



Fonte: Google Earth (2022)

Figura 34 - Defeitos diversos no pavimento



Fonte: DNIT (2003)

Figura 35 - Buracos no trecho da PE-015



Fonte: Google Earth (2022)

Figura 36 - Painela/buraco no pavimento



Fonte: DNIT (2003)

4.4 Soluções propostas

Para mitigar esse problema, foram consideradas algumas soluções para os defeitos encontrados na tabela abaixo.

Tabela 9 - Soluções sugeridas para os problemas encontrados

MEDIDAS PROPOSTAS	
Problema	Solução
Altura variável do meio-fio-sarjeta (MFS)	Refazer MFS com altura padrão e contínua que contemple a vazão recebida pela sarjeta
Insuficiência hidráulica dos MFS	Utilizar um outro tipo de MFS que comporte a vazão coletada
Falha no MFS (partes faltantes)	Implantar meios-fios em toda a extensão do bordo, exceto em passagem de veículos
Sistema de drenagem obstruído por resíduos e sedimentos	Manutenção e limpeza no sistema de microdrenagem completo, periodicamente
Passagem de carro nos MFS	Elevar calçada em alguns trechos e implantar estacionamentos projetados para suprir a demanda da população
Falta de dispositivo de saída para alguns MFS	Implantar dispositivos de saída para todas as sarjetas
Saída S13 do tipo SGD	Substituir saída pelo tipo SPB
Falta de dispositivo de saída para as valetas VL02 e VL03	Verificar dados históricos que mostrem se já houve transbordamento dessas valetas. Nessas condições implantar uma caixa coletora na sua extremidade ou prolongar a valeta até uma caixa existente
Defeitos no pavimento	Realizar obras de recuperação do pavimento

Fonte: A autora (2023)

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa conclui que:

- i. A análise dos dispositivos de microdrenagem expõe a ineficiência da drenagem urbana no trecho estudado;
- ii. As falhas encontradas no sistema de microdrenagem, juntamente às patologias no pavimento da rodovia, são a causa dos frequentes alagamentos;
- iii. As soluções propostas podem ser atendidas através da execução de um projeto de requalificação da drenagem urbana e do pavimento da rodovia;
- iv. Os dados da microdrenagem do trecho foram estruturados em planilhas que servem para complementação do banco de dados do SGP de Pernambuco;
- v. Para levantar dados suficientes para um Plano Diretor de Drenagem Urbana seria necessário obter informações também acerca das redes coletoras e galerias, bem como o histórico das mesmas, indo além da microdrenagem e estudando também os corpos d'água que fazem parte da macrodrenagem.

É importante frisar que o trecho enfrenta um grande problema na macrodrenagem. Desse modo, mesmo corrigindo os defeitos da microdrenagem, a região ainda continuaria sofrendo inundações. Afinal, o canal para onde a água coletada pela drenagem superficial escoar tem ficado cheio quando ocorrem altas precipitações, ou seja, falta capacidade hidráulica para receber as águas advindas dos bueiros. Assim, recomenda-se que seja feito um estudo aprofundado na macrodrenagem da PE-015 para verificar se seria possível solucionar esse problema.

Esse estudo apontou que a análise da drenagem existente em rodovias que apresentam alagamentos e inundações possibilitam o planejamento das medidas mitigadoras e, quando mais aprofundada, a construção de um plano diretor para estruturar ações preventivas, provendo qualidade de vida e segurança à população impactada.

Em vista disso, sugere-se que este tipo de caso possa ser objeto de estudo em diversas rodovias da Região Metropolitana do Recife, com o objetivo de melhorar a qualidade urbanística das cidades através da execução de projetos de requalificação e planejamento do uso do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994.
- ALMEIDA, C. P. M. F.; CHAVES, J. W. R.; DANTAS, M. J. F. D. Estudo do sistema de drenagem urbana localizado na avenida José Caetano de Almeida, Quixadá-CE. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 1–17, dez. 2020.
- ALVES, S. F.; FRANCELINO, M. J. M. **Implantação/Requalificação nos Sistemas de Drenagem e Pavimentação**: Estudo de Caso na Rua Senador Thomaz Lobo – Recife/PE. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.
- ARAÚJO, T. C. M.; SILVA, V. B.; CARVALHO, J. A. R. Classificação da tipologia da orla da cidade de Olinda-PE: delimitação e caracterização. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 1, p. 27–32., 2006.
- CRUZ, N. L. D. S. **Análise do banco de dados atual do Sistema de Gerência de Pavimentos do estado de Pernambuco**. 2022. 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 005/2003 - TER**. Rio de Janeiro: IPR, 2003.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro: IPR, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, 2001.
- JABÔR, M. A. **Drenagem de Rodovias**: Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem. 2022. Minas Gerais, 2022.
- MAIA, K. S. F. **Análise do Sistema de Drenagem de Águas Pluviais no Campus da UFMT em Barra do Garças-MT**. 2021. 122 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, 2021.

MEDAU, I. **Análise dos Dispositivos de Drenagem Urbana na Avenida São Francisco – Anápolis - GO**. 2018. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Unievangélica, Anápolis, 2018.

NETO, G. C. F. *et al.* Modelagem Bidimensional para a Verificação Hidráulica da Canalização de um Trecho do Rio Frágoso em Olinda (Pernambuco, Brasil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 6, p. 2963–2977, 2020.

OLIVEIRA, E. J. P. O. *et al.* Problemas dos Dispositivos de Drenagem da BR 104/AL, Suas Repercussões Sociais e no Pavimento. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Alagoas, v. 6, n. 3, p. 96–109, mai. 2021.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**: Relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. 2. ed. Rio de Janeiro: DNOS, 1982.

SOARES, Roberta. PE-15: requalificação da rodovia, uma das mais destruídas do Grande Recife, vai começar. **Jornal do Commercio**, 15 nov. 2022. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/colunas/mobilidade/2022/09/15080880-pe-15-requalificacao-da-rodovia-uma-das-mais-destruidas-do-grande-recife-vai-comecar.html>. Acesso em: 01 mai. 2023.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M. Gestão da Drenagem Urbana. **Textos para Discussão CEPAL-IPEA**. Brasília, n. 48, p. 1-54, Brasília, 2012.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas - Capítulo 1. Disponível em: https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outras_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF. Acesso em: 18 abr. 2023.

UNITED STATE FEDERAL COUNCIL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Committee for Scientific Hydrology, 1962.

ZIEMANN, F. M.; PICKLER, R. T. **Diagnóstico da drenagem urbana no bairro Canasvieiras: estudo de bacias hidrográficas e medidas de controle**. 2017. 115 f. Trabalho

de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

APÊNDICE A - CADASTRO DA DRENAGEM EXISTENTE

Tabela 10 - Cadastro dos Meio-fios

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF01	INÍCIO	-34,865271	-7,971984	LD	-	MFS-1	2,24	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,865271	-7,971984									
MF02	INÍCIO	-34,865271	-7,971984	LD	-	MFS-2	34,44	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,865365	-7,971579									
MF03	INÍCIO	-34,865365	-7,971579	LD	S02	MFS-1	1,33	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,865449	-7,971662									
MF04	INÍCIO	-34,865365	-7,971579	LD	S02	MFS-2	35,38	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,865438	-7,971308									

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS														
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO		
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF			
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)			
MF05	INÍCIO	-34,865438	-7,971308	LD	-	MFS-1	3,14	T	0,36	0,09	0,18			
	FIM	-34,865416	-7,971239											
MF06	INÍCIO	-34,865404	-7,971196	LD	S03	MFS-1	2,05	T	0,36	0,09	0,18			
	FIM	-34,865627	-7,971273											
MF07	INÍCIO	-34,865627	-7,971273	LD	-	MFS-2	8,94	T	0,36	0,07	0,07			
	FIM	-34,865532	-7,971102											
MF08	INÍCIO	-34,865532	-7,971102	LD	-	MFS-1	9,84	T	0,36	0,09	0,18			
	FIM	-34,865522	-7,971068											

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS													
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO	
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF		
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)		
MF09	INÍCIO	-34,865537	-7,970925	LD	S04	MFS-1	2,54	T	0,36	0,09	0,18		
	FIM	-34,865490	-7,970976										
MF10	INÍCIO	-34,865490	-7,970976	LD	-	MFS-2	5,81	T	0,36	0,07	0,07		
	FIM	-34,865506	-7,970872										
MF11	INÍCIO	-34,865506	-7,970872	LD	-	MFS-1	22,36	T	0,36	0,09	0,18		
	FIM	-34,865608	-7,970773										

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS														
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO		
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF			
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)			
MF17	INÍCIO	-34,865844	-7,970423	LD	-	MFS-2	11,18	T	0,36	0,07	0,07			
	FIM	-34,865945	-7,970247											
MF18	INÍCIO	-34,865945	-7,970247	LD	-	MFS-1	3,13	T	0,36	0,09	0,18			
	FIM	-34,865945	-7,970247											
MF19	INÍCIO	-34,865934	-7,970250	LD	S07	MFS-1	5,81	T	0,36	0,09	0,18			
	FIM	-34,865964	-7,970106											
MF20	INÍCIO	-34,865964	-7,970106	LD	-	MFS-2	8,05	T	0,36	0,07	0,07			
	FIM	-34,865972	-7,970053											

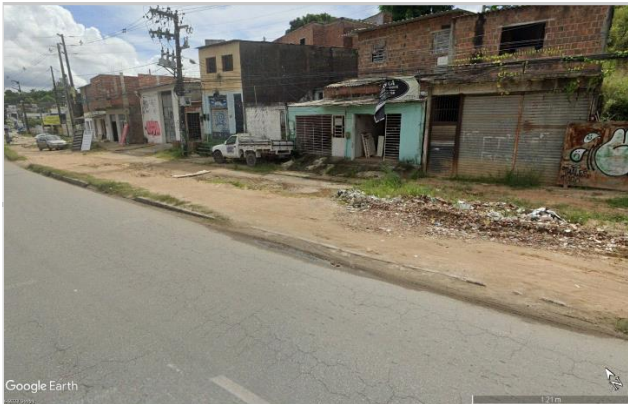
CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF25	INÍCIO	-34,866082	-7,969938	LD	-	MFS-2	38,50	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,866118	-7,969775									
MF26	INÍCIO	-34,866237	-7,969533	LD	S09	MFS-1	9,37	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,866068	-7,969559									

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS														
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO		
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF			
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)			
MF27	INÍCIO	-34,866068	-7,969559	LD	-	MFS-2	4,96	T	0,36	0,07	0,07			
	FIM	-34,866172	-7,969624											
MF28	INÍCIO	-34,866172	-7,969624	LD	-	MFS-1	25,92	T	0,36	0,09	0,18			
	FIM	-34,866274	-7,969253											
MF29	INÍCIO	-34,866305	-7,969204	LD	-	MFS-2	4,89	T	0,36	0,07	0,07			
	FIM	-34,866417	-7,969037											
MF30	INÍCIO	-34,866417	-7,969037	LD	-	MFS-1	4,47	T	0,36	0,09	0,18			
	FIM	-34,866417	-7,969037											

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF31	INÍCIO	-34,866450	-7,969035	LD	S10	MFS-2	8,52	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,866552	-7,968856									
MF32	INÍCIO	-34,866552	-7,968856	LD	-	MFS-1	5,80	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,866501	-7,968888									
MF33	INÍCIO	-34,866550	-7,968957	LD	-	MFS-2	5,28	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,866646	-7,968657									
MF34	INÍCIO	-34,866646	-7,968657	LD	-	MFS-1	5,28	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,866568	-7,968731									

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS													
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO	
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF		
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)		
MF35	INÍCIO	-34,866568	-7,968731	LD	S11	MFS-1	3,14	T	0,36	0,09	0,18		
	FIM	-34,866568	-7,968731										
MF36	INÍCIO	-34,866662	-7,968377	LD	-	MFS-2	3,44	T	0,36	0,07	0,07		
	FIM	-34,866666	-7,968491										
MF37	INÍCIO	-34,866754	-7,968492	LD	-	MFS-2	1,34	T	0,36	0,07	0,07		
	FIM	-34,866754	-7,968492										

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF38	INÍCIO	-34,866923	-7,968156	LD	-	MFS-2	11,06	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,866923	-7,968156									
MF39	INÍCIO	-34,866884	-7,967893	LD	-	MFS-2	22,37	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,867046	-7,967949									

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF40	INÍCIO	-34,867071	-7,967631	LD	-	MFS-1	29,62	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,867133	-7,967383									
MF41	INÍCIO	-34,867133	-7,967383	LD	-	MFS-2	9,87	T	0,36	0,07	0,07	
	FIM	-34,867129	-7,967366									
MF42	INÍCIO	-34,867129	-7,967366	LD	-	MFS-1	2,23	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,867129	-7,967366									

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS													
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO	
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF		
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)		
MF43	INÍCIO	-34,867129	-7,967366	LD	-	MFS-2	4,12	T	0,36	0,07	0,07		
	FIM	-34,867259	-7,967114										
MF44	INÍCIO	-34,867259	-7,967114	LD	-	MFS-1	11,46	T	0,36	0,09	0,18		
	FIM	-34,867257	-7,967396										
MF45	INÍCIO	-34,867335	-7,966941	LD	-	MFS-1	17,37	T	0,36	0,09	0,18		
	FIM	-34,867283	-7,966960										

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF50	INÍCIO	-34,867450	-7,966396	LD	S13	MFS-1	18,25	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,867463	-7,966402									
MF51	INÍCIO	-34,867463	-7,966402	LD	-	MFS-1	23,79	T	0,36	0,09	0,18	
	FIM	-34,867558	-7,966053									

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO			LADO	SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS						SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF54	INÍCIO	-34,866928	-7,968880	LE	-	MF-1	204,90	T	-	-	0,15	
	FIM	-34,866154	-7,970353									
MF55	INÍCIO	-34,866154	-7,970353	LE	-	MF-2	26,83	T	-	-	0,1	
	FIM	-34,866053	-7,970705									

CADASTRO DOS MEIO-FIO-SARJETAS												
ID	LOCALIZAÇÃO				SAÍDA	TIPO	L (m)	DIMENSÃO				FOTO
	REF.	COORDENADAS		LADO				SARJETA			MF	
		LONG.	LATIT.					SEÇÃO	B (m)	H (m)	H (m)	
MF56	INÍCIO	-34,866053	-7,970705	LE	-	MF-1	17,88	T	-	-	0,15	
	FIM	-34,866034	-7,970887									
MF57	INÍCIO	-34,865899	-7,971032	LE	-	MF-1	127,43	T	-	-	0,15	
	FIM	-34,865355	-7,972153									

Fonte: A autora (2023)

Tabela 11 - Cadastro das Valetas de Canteiro Central

CADASTRO DAS VALETAS											
ID	COORDENADAS				LADO	MATERIAL	L (m)	DIMENSÕES			FOTO
	INÍCIO		FINAL					SEÇÃO	B (m)	H (m)	
	LONG.	LATIT.	LONG.	LATIT.							
VLC01	-34,865333	-7,972086	-34,865653	-7,971629	LE	GRAMA	44,27	R	0,60	0,35	
VLC02	-34,866449	-7,970100	-34,866918	-7,968876	LE	CONCRETO	157,92	MEIA-CANA	0,80	0,40	
VLC03	-34,867283	-7,968389	-34,867443	-7,968186	LE	GRAMA	40,71	R	0,50	0,24	

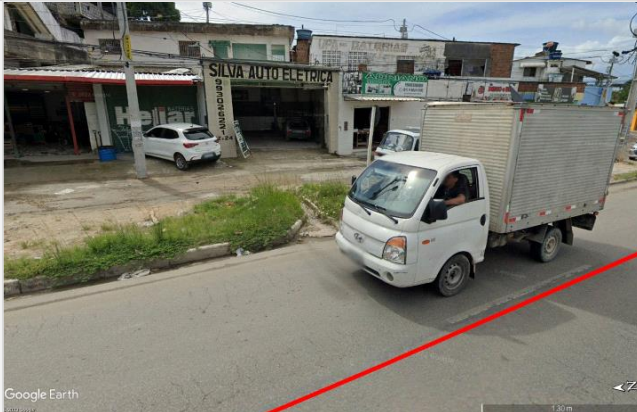
Fonte: A autora (2023)

Tabela 12 - Cadastro das Saídas d'água

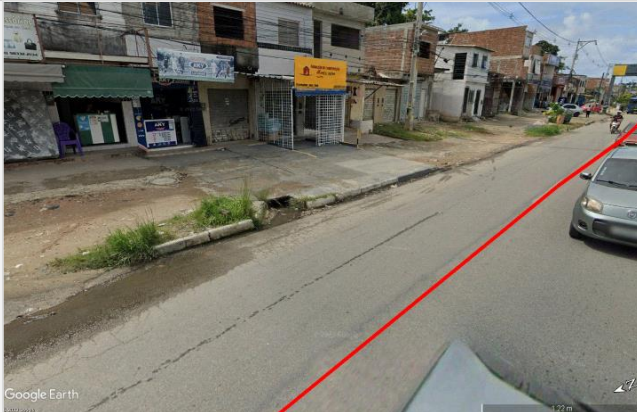
CADASTRO DAS SAÍDAS D'ÁGUA								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			Base maior (m)	Base menor (m)	H (m)	
S01	-34,865260	-7,971915	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	
S02	-34,865448	-7,971667	LD	SPB	3,00	0,60	0,18	

CADASTRO DAS SAÍDAS D'ÁGUA								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			Base maior (m)	Base menor (m)	H (m)	
S03	-34,865587	-7,971329	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	
S04	-34,865592	-7,971059	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	

CADASTRO DAS SAÍDAS D'ÁGUA								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			Base maior (m)	Base menor (m)	H (m)	
S05	-34,865713	-7,970752	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	
S06	-34,865763	-7,970635	LD	SPB	2,70	0,60	0,18	

CADASTRO DAS SAÍDAS D'ÁGUA								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			Base maior (m)	Base menor (m)	H (m)	
S07	-34,865935	-7,970350	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	
S08	-34,866090	-7,969967	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	

CADASTRO DAS SAÍDAS D'ÁGUA								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			Base maior (m)	Base menor (m)	H (m)	
S09	-34,866300	-7,969535	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	
S10	-34,866623	-7,968868	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	

CADASTRO DAS SAÍDAS D'ÁGUA								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			Base maior (m)	Base menor (m)	H (m)	
S11	-34,866621	-7,968777	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	
S12	-34,867449	-7,966616	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	

CADASTRO DAS SAÍDAS D'ÁGUA								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			Base maior (m)	Base menor (m)	H (m)	
S13	-34,867243	-7,966446	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	
S14	-34,867561	-7,966032	LD	SGD	1,50	0,60	0,18	

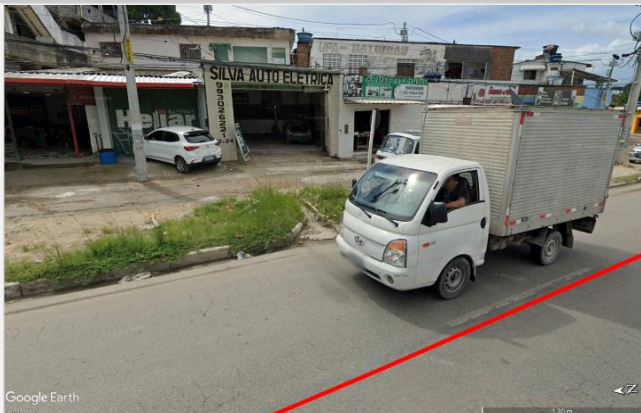
Fonte: A autora (2023)

Tabela 13 - Cadastro das Bocas-de-lobo

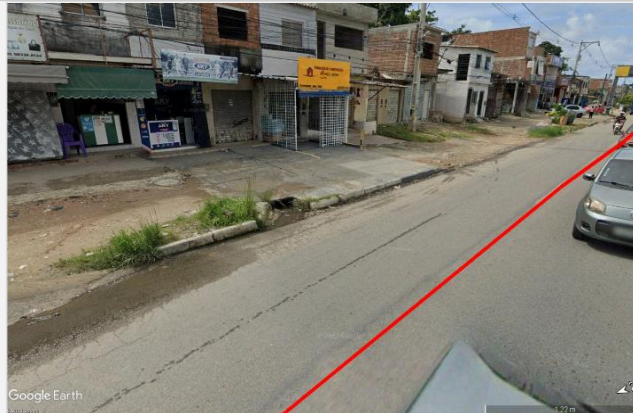
CADASTRO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			LARGURA (m)	H abertura (m)	H meio-fio (m)	
BL01	-34,865260	-7,971915	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	
BL02	-34,865448	-7,971667	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	

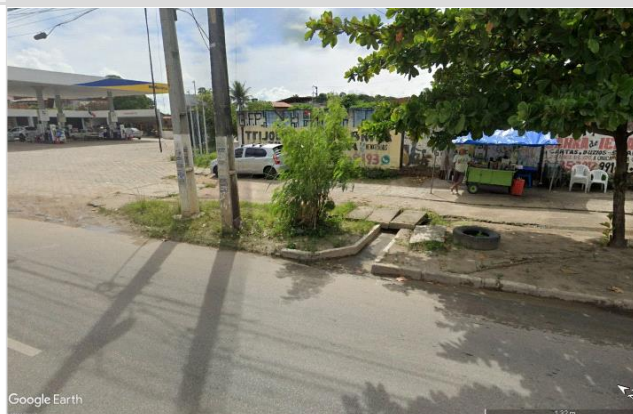
CADASTRO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			LARGURA (m)	H abertura (m)	H meio-fio (m)	
BL03	-34,865587	-7,971329	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	
BL04	-34,865592	-7,971059	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	

CADASTRO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			LARGURA (m)	H abertura (m)	H meio-fio (m)	
BL05	-34,865713	-7,970752	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	
BL06	-34,865763	-7,970635	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	

CADASTRO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			LARGURA (m)	H abertura (m)	H meio-fio (m)	
BL07	-34,865935	-7,970350	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	
BL08	-34,866090	-7,969967	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	

CADASTRO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			LARGURA (m)	H abertura (m)	H meio-fio (m)	
BL09	-34,866300	-7,969535	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	
BL10	-34,866623	-7,968868	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	

CADASTRO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			LARGURA (m)	H abertura (m)	H meio-fio (m)	
BL11	-34,866621	-7,968777	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	
BL12	-34,867449	-7,966616	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	

CADASTRO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	COORDENADAS		LADO	TIPO	DIMENSÕES			FOTO
	LONG.	LATIT.			LARGURA (m)	H abertura (m)	H meio-fio (m)	
BL13	-34,867243	-7,966446	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	
BL14	-34,867561	-7,966032	LD	BLS	0,60	0,20	0,18	

Fonte: A autora (2023)

APÊNDICE B - PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS

Tabela 14 - Verificação do dimensionamento dos Meio-fio-sarjetas

DIMENSIONAMENTO DOS MEIO-FIO-SARJETAS																
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)				
MF01	-	MFS-1	2,24	0,02	0,04	0,0043	17,6877	0,016	0,90	13,50	11,90	0,44	0,001	0,07	OK	OK
MF02	-	MFS-2	34,44	0,01	0,03	0,0043	17,6877	0,016	0,90	13,50	8,12	0,38	0,021	0,20	Insuficiente	OK
MF03	S02	MFS-1	1,33	0,02	0,04	0,0043	17,6877	0,016	0,90	13,50	11,90	0,44	0,001	0,06	OK	OK
MF04	S02	MFS-2	35,38	0,01	0,03	0,0045	17,6877	0,016	0,90	13,50	8,28	0,39	0,021	0,20	Insuficiente	OK
MF05	-	MFS-1	3,14	0,02	0,04	0,0045	17,6877	0,016	0,90	13,50	12,14	0,45	0,002	0,08	OK	OK
MF06	S03	MFS-1	2,05	0,02	0,04	0,0004	17,6877	0,016	0,90	13,50	3,64	0,13	0,001	0,11	OK	OK
MF07	-	MFS-2	8,94	0,01	0,03	0,0004	17,6877	0,016	0,90	13,50	2,48	0,12	0,005	0,19	Insuficiente	OK

DIMENSIONAMENTO DOS MEIO-FIO-SARJETAS																
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)				
MF08	-	MFS-1	9,84	0,02	0,04	0,0004	17,6877	0,016	0,90	13,50	3,64	0,13	0,006	0,19	Insuficiente	OK
MF09	S04	MFS-1	2,54	0,02	0,04	0,0023	17,6877	0,016	0,90	13,50	8,67	0,32	0,002	0,08	OK	OK
MF10	-	MFS-2	5,81	0,01	0,03	0,0023	17,6877	0,016	0,90	13,50	5,91	0,28	0,003	0,11	OK	OK
MF11	-	MFS-1	22,36	0,02	0,04	0,0023	17,6877	0,016	0,90	13,50	8,67	0,32	0,013	0,19	Insuficiente	OK
MF12	S05	MFS-1	6,51	0,02	0,04	0,0177	17,6877	0,016	0,90	13,50	24,22	0,89	0,004	0,08	OK	OK
MF13	-	MFS-2	8,5	0,01	0,03	0,0143	17,6877	0,016	0,90	35,00	5,72	0,70	0,013	0,13	Insuficiente	OK
MF14	S06	MFS-1	1,34	0,02	0,04	0,0143	17,6877	0,016	0,90	35,00	8,38	0,80	0,002	0,07	OK	OK

DIMENSIONAMENTO DOS MEIO-FIO-SARJETAS																
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)				
MF15	-	MFS-2	5,81	0,01	0,03	0,0449	17,6877	0,016	0,90	15,00	23,66	1,25	0,004	0,07	OK	OK
MF16	-	MFS-1	7,61	0,02	0,04	0,0449	17,6877	0,016	0,90	15,00	34,69	1,42	0,005	0,08	OK	OK
MF17	-	MFS-2	11,18	0,01	0,03	0,0449	17,6877	0,016	0,90	15,00	23,66	1,25	0,007	0,09	OK	OK
MF18	-	MFS-1	3,13	0,02	0,04	0,0449	17,6877	0,016	0,90	15,00	34,69	1,42	0,002	0,05	OK	OK
MF19	S07	MFS-1	5,81	0,02	0,04	0,0299	17,6877	0,016	0,90	15,00	28,32	1,16	0,004	0,07	OK	OK
MF20	-	MFS-2	8,05	0,01	0,03	0,0299	17,6877	0,016	0,90	15,00	19,31	1,02	0,005	0,08	OK	OK
MF21	-	MFS-1	4,47	0,02	0,04	0,0299	17,6877	0,016	0,90	15,00	28,32	1,16	0,003	0,07	OK	OK
MF22	-	MFS-2	8,51	0,01	0,03	0,0299	17,6877	0,016	0,90	15,00	19,31	1,02	0,006	0,08	OK	OK

DIMENSIONAMENTO DOS MEIO-FIO-SARJETAS																
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)				
MF23	-	MFS-1	8,95	0,02	0,04	0,0299	17,6877	0,016	0,90	15,00	28,32	1,16	0,006	0,09	OK	OK
MF24	S08	MFS-1	2,05	0,02	0,04	0,0215	17,6877	0,016	0,90	15,00	24,02	0,98	0,001	0,05	OK	OK
MF25	-	MFS-2	38,5	0,01	0,03	0,0215	17,6877	0,016	0,90	15,00	16,38	0,86	0,026	0,16	Insuficiente	OK
MF26	S09	MFS-1	9,37	0,02	0,04	0,0130	17,6877	0,016	0,90	13,50	20,72	0,76	0,006	0,10	OK	OK
MF27	-	MFS-2	4,96	0,01	0,03	0,0130	17,6877	0,016	0,90	13,50	14,13	0,67	0,003	0,08	OK	OK
MF28	-	MFS-1	25,92	0,02	0,04	0,0130	17,6877	0,016	0,90	13,50	20,72	0,76	0,015	0,14	Insuficiente	OK
MF29	-	MFS-2	4,89	0,01	0,03	0,0130	17,6877	0,016	0,90	13,50	14,13	0,67	0,003	0,08	OK	OK

DIMENSIONAMENTO DOS MEIO-FIO-SARJETAS																
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)				
MF30	-	MFS-1	4,47	0,02	0,04	0,0130	17,6877	0,016	0,90	13,50	20,72	0,76	0,003	0,08	OK	OK
MF31	S10	MFS-2	8,52	0,01	0,03	0,0269	17,6877	0,016	0,90	13,50	20,36	0,96	0,005	0,08	OK	OK
MF32	-	MFS-1	5,8	0,02	0,04	0,0269	17,6877	0,016	0,90	13,50	29,85	1,10	0,003	0,07	OK	OK
MF33	-	MFS-2	5,28	0,01	0,03	0,0269	17,6877	0,016	0,90	13,50	20,36	0,96	0,003	0,07	OK	OK
MF34	-	MFS-1	5,28	0,02	0,04	0,0269	17,6877	0,016	0,90	13,50	29,85	1,10	0,003	0,07	OK	OK
MF35	S11	MFS-1	3,14	0,02	0,04	0,0185	17,6877	0,016	0,90	13,50	24,72	0,91	0,002	0,06	OK	OK
MF36	-	MFS-2	3,44	0,01	0,03	0,0185	17,6877	0,016	0,90	13,50	16,86	0,80	0,002	0,06	OK	OK
MF37	-	MFS-2	1,34	0,01	0,03	0,0001	17,6877	0,016	0,90	13,50	0,96	0,05	0,001	0,13	Insuficiente	OK

DIMENSIONAMENTO DOS MEIO-FIO-SARJETAS																
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)				
MF38	-	MFS-2	11,06	0,01	0,03	0,0114	17,6877	0,016	0,90	13,50	13,26	0,63	0,007	0,11	OK	OK
MF39	-	MFS-2	22,37	0,01	0,03	0,0115	17,6877	0,016	0,90	13,50	13,28	0,63	0,013	0,14	Insuficiente	OK
MF40	-	MFS-1	29,62	0,02	0,04	0,0035	17,6877	0,016	0,90	13,50	10,70	0,39	0,018	0,20	Insuficiente	OK
MF41	-	MFS-2	9,87	0,01	0,03	0,0035	17,6877	0,016	0,90	13,50	7,30	0,35	0,006	0,13	Insuficiente	OK
MF42	-	MFS-1	2,23	0,02	0,04	0,0118	17,6877	0,016	0,90	13,50	19,72	0,73	0,001	0,06	OK	OK
MF43	-	MFS-2	4,12	0,01	0,03	0,0118	17,6877	0,016	0,90	13,50	13,45	0,64	0,002	0,07	OK	OK
MF44	-	MFS-1	11,46	0,02	0,04	0,0118	17,6877	0,016	0,90	13,50	19,72	0,73	0,007	0,11	OK	OK

DIMENSIONAMENTO DOS MEIO-FIO-SARJETAS																
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Comp. Crítico d (m)	Veloc. V (m/s)				
MF45	-	MFS-1	17,37	0,02	0,04	0,0118	17,6877	0,016	0,90	13,50	19,72	0,73	0,010	0,13	OK	OK
MF46	-	MFS-1	2,96	0,02	0,04	0,0118	17,6877	0,016	0,90	13,50	19,72	0,73	0,002	0,07	OK	OK
MF47	-	MFS-2	12,33	0,01	0,03	0,0141	17,6877	0,016	0,90	13,50	14,73	0,70	0,007	0,11	OK	OK
MF48	S12	MFS-1	2,94	0,02	0,04	0,0141	17,6877	0,016	0,90	13,50	21,60	0,80	0,002	0,06	OK	OK
MF49	-	MFS-2	3,57	0,01	0,03	0,0141	17,6877	0,016	0,90	13,50	14,73	0,70	0,002	0,07	OK	OK
MF50	S13	MFS-1	18,25	0,02	0,04	0,0174	17,6877	0,016	0,90	16,00	20,23	0,88	0,013	0,13	OK	OK
MF51	-	MFS-1	23,79	0,02	0,04	0,0173	17,6877	0,016	0,90	16,00	20,19	0,88	0,017	0,14	Insuficiente	OK

Fonte: A autora (2023)

Tabela 15 - Verificação do dimensionamento das Valetas

DIMENSIONAMENTOS DAS VALETAS															
ID	Disp. de Saída	Tipo	Extensão L (m)	Dados da Sarjeta			Intens. Pluviom. i (cm/h)	Cálculo de Dimensionamento					Vazão Recebida Qo (m³/s)	Verificação da Vazão	Verificação da Veloc.
				Área A (m²)	Raio Hidrául. Rh (m)	Decliv. Logitud. I (m/m)		Rugosidade n	Coef. Escoam. C	Larg. de Implúvio (m)	Vazão Máxima Q (m³/s)	Veloc. V (m/s)			
VLC01	CX02	VL-1	44,27	0,21	1,30	0,0043	17,6877	0,065	0,35	6,00	0,251	1,20	0,013	OK	OK
VLC02	-	VL-2	157,92	0,25	1,26	0,0164	17,6877	0,016	0,35	7,00	2,343	9,32	0,054	OK	Ruim
VLC03	-	VL-3	40,71	0,12	0,98	0,0109	17,6877	0,065	0,35	7,00	0,190	1,58	0,014	OK	OK

Fonte: A autora (2023)

Tabela 16 - Verificação do dimensionamento das Saídas d'água

DIMENSIONAMENTO DAS SAÍDAS D'ÁGUA							
ID	Tipo	Largura da Saída (m)	Vazão Recebida Qo (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Vazão Máxima Q (m³/s)	Verificação de Vazão	Observações
S01	SGD	0,60					Não calculada
S02	SPB	0,60	0,046	0,61	0,029	Insuficiente	
S03	SGD	0,60	0,012	0,49	0,029	OK	
S04	SGD	0,60	0,018	0,39	0,029	OK	
S05	SGD	0,60	0,004	0,08	0,029	OK	
S06	SPB	0,60	0,015	0,20	0,029	OK	
S07	SGD	0,60	0,024	0,39	0,029	OK	

DIMENSIONAMENTO DAS SAÍDAS D'ÁGUA							
ID	Tipo	Largura da Saída (m)	Vazão Recebida Q _o (m³/s)	Lâmina d'água y (m)	Vazão Máxima Q (m³/s)	Verificação de Vazão	Observações
S08	SGD	0,60	0,027	0,21	0,029	OK	
S09	SGD	0,60	0,030	0,47	0,029	Insuficiente	
S10	SGD	0,60	0,015	0,29	0,029	OK	
S11	SGD	0,60	0,004	0,13	0,029	OK	
S12	SGD	0,60	0,009	0,17	0,029	OK	
S13	SGD	0,60	0,030	0,27	0,029	Insuficiente	
S14	SGD	0,60					Não calculada

Fonte: A autora (2023)

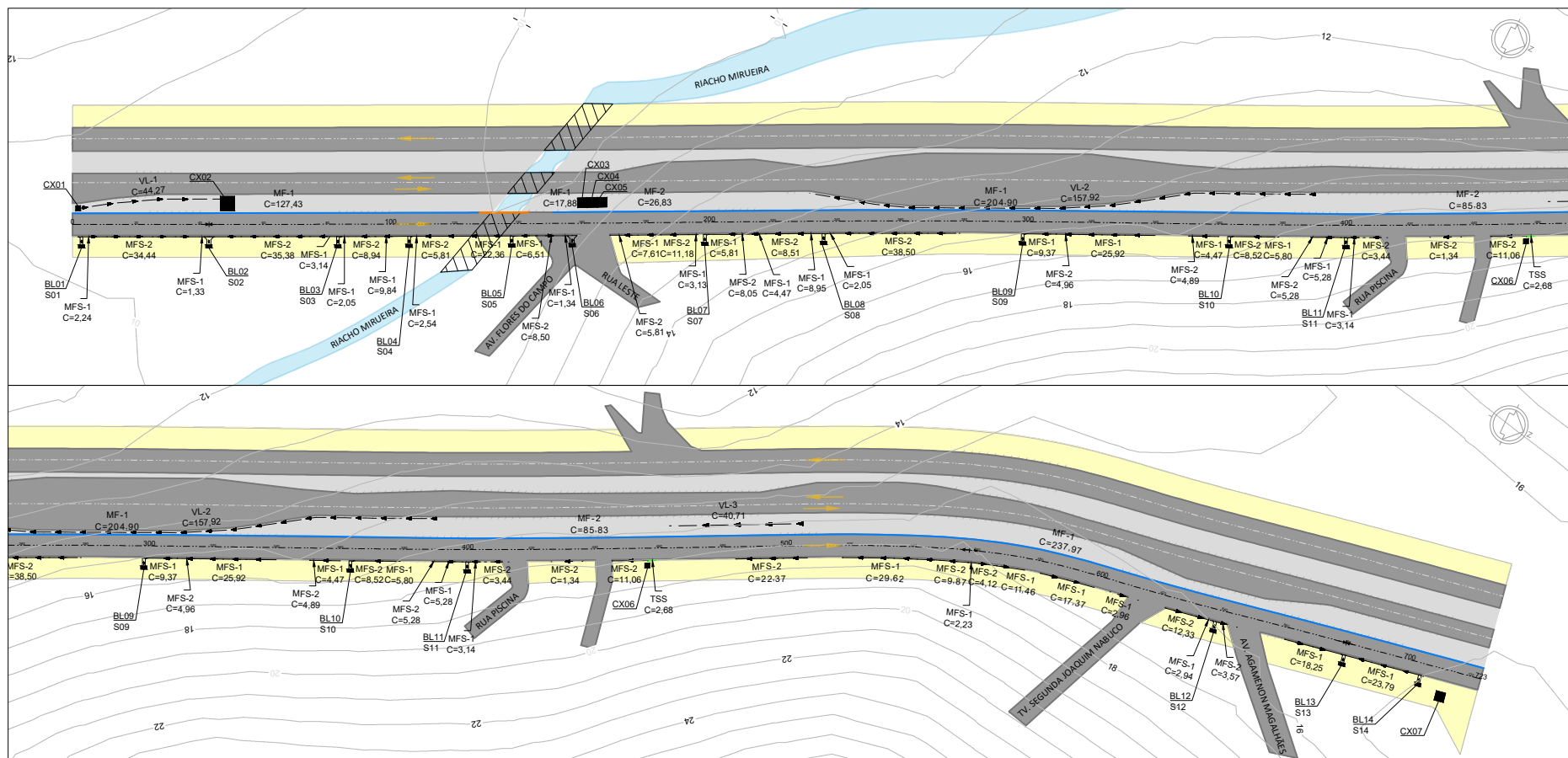
Tabela 17 - Verificação do dimensionamento das Bocas-de-lobo

DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	Tipo	Dimensões		Lâmina Máxima y (m)	Vazão Máxima Q (m³/s)	Vazão Recebida Q _o (m³/s)	Verificação de Vazão	Observações
		Largura L (m)	Abertura h (m)					
BL01	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120			Não calculada
BL02	BLS	0,60	0,20	0,16	0,065	0,046	OK	
BL03	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,012	OK	
BL04	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,018	OK	
BL05	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,004	OK	
BL06	BLS	0,60	0,20	0,16	0,065	0,015	OK	
BL07	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,024	OK	
BL08	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,027	OK	

DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS-DE-LOBO								
ID	Tipo	Dimensões		Lâmina Máxima y (m)	Vazão Máxima Q (m³/s)	Vazão Recebida Qo (m³/s)	Verificação de Vazão	Observações
		Largura L (m)	Abertura h (m)					
BL09	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,030	OK	
BL10	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,015	OK	
BL11	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,004	OK	
BL12	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,009	OK	
BL13	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120	0,030	OK	
BL14	BLS	0,60	0,20	0,16	0,120			Não calculada

Fonte: A autora (2023)

APÊNDICE C - PLANTA DA MICRODRENAGEM URBANA EXISTENTE



LEGENDA:

BOCA-DE-LOBO	CAIXA COLETORA	PISTA DE ROLAMENTO	MEIO-FIO-SARJETA	VALETA DE CANTEIRO CENTRAL
SAÍDA D'ÁGUA EM PONTO BAIXO	PONTE	CANTEIRO CENTRAL	MEIO-FIO SIMPLES	EIXO DA VIA
SAÍDA D'ÁGUA EM GREIDE	CURSO D'ÁGUA	PASSEIO OU CALÇADA	BARREIRA	TSS