

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**LARISSA SANTOS TEIXEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ALTURA DE ÁGUA PLUVIAL  
ADMITIDA PARA AS SARJETAS SOBRE O PROJETO DE  
DRENAGEM**

**CURITIBA**

**2021**

**LARISSA SANTOS TEIXEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ALTURA DE ÁGUA PLUVIAL  
ADMITIDA PARA AS SARJETAS SOBRE O PROJETO DE  
DRENAGEM**

**Assessment of the influence of the height of pluvial water admitted to the  
gutters on the drainage project**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Flavio Bentes Freire.

**CURITIBA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**LARISSA SANTOS TEIXEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ALTURA DE ÁGUA PLUVIAL ADMITIDA  
PARA AS SARJETAS SOBRE O PROJETO DE DRENAGEM**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 06/dezembro/2021

---

Flavio Bentes Freire  
Doutor  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Karina Querne de Carvalho Passig  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Roberto Levi Sprenger  
Mestre  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CURITIBA**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades neste momento de pandemia.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Curitiba que proporcionou um excelente grupo de professores que mesmo não tendo colaborado diretamente para este trabalho, colaboraram para o meu crescimento.

A minha família que sempre me deu apoio e acreditou em mim, mesmo estando tão longe.

Aos meus amigos que fiz na universidade que estiveram presentes nesses anos.

E ao meu orientador, Professor Flavio Bentes Freire, pelas sugestões fornecidas, pela paciência e dedicação.

## RESUMO

A drenagem urbana vem sendo estudada pelo homem há séculos, devido a necessidade de lidar com as águas pluviais que são capazes de provocar desastres como alagamentos e desmoronamentos. Com a urbanização acelerada das cidades e o crescimento da população nos últimos anos, os desastres passaram a ocorrer com mais frequência, já que a população nem sempre se estabelece em lugares adequados. Por isso é necessário melhorar o planejamento urbano e buscar alternativas para o gerenciamento e a manutenção dos sistemas de gestão de águas urbanas nas cidades brasileiras. As alternativas podem ser desde grandes obras de drenagem até a conscientização da população. A sarjeta é responsável pela condução da água da chuva antes dela entrar na tubulação, por isso o seu dimensionamento tem impacto direto no dimensionamento dos outros componentes do sistema de drenagem. Um critério de projeto é considerar a altura de lâmina d'água de 15 cm, propondo que a rua também seja usada para transportar a água, ou seja, seria alagada, mas sem extravasar para os passeios. O outro critério é a hipótese de que a altura de água seja de 10 cm, onde somente as sarjetas deverão transportar a água e a rua não será alagada. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar as duas hipóteses para a altura da lâmina d'água nas sarjetas que são sugeridas por diversos autores. Para isto foi utilizada uma área da cidade de Curitiba para projetar dois sistemas de drenagem, um com altura de lâmina d'água de 15 cm e outro com altura de 10 cm. A partir dos dois projetos dimensionados fez-se a comparação entre a quantidade de elementos de cada projeto e os orçamentos simplificados. Levando em consideração a literatura, supunha-se que a altura de 15 cm proporcionaria um sistema com menos elementos e, conseqüentemente custos menores. De acordo com os resultados obtidos, esta suposição foi confirmada, sendo a diferença de 157% entre os custos de cada projeto. Analisando os resultados pode-se concluir que a opção de altura de lâmina d'água de 15 cm é mais vantajosa, porém é preciso levar em consideração a localidade. Para uma área com alto volume de circulação a opção onde a água escoaria somente pela sarjeta parece proporcionar mais segurança aos usuários.

**Palavras-chave:** Drenagem Urbana. Sarjeta. Altura de Água. Águas Pluviais.

## ABSTRACT

Urban drainage has been studied by man for centuries, due to the need to deal with pluvial water that is capable of causing disasters such as flooding and landslides. With the accelerated urbanization of cities and population growth in recent years, disasters have started to occur more frequently, since the population does not always settle in suitable places. Therefore, it is necessary to improve urban planning and seek alternatives for the management and maintenance of urban water management systems in Brazilian cities. The alternatives can range from major drainage works to raising awareness among the population. The gutter is responsible for conducting pluvial water before it enters the pipe, so its dimensioning has a direct impact on the dimensioning of the other components of the drainage system. One design criterion is to consider a water depth of 15 cm, proposing that the street should also be used to transport water, in other words, it would be flooded, but without spilling over onto the sidewalks. The other criterion is the hypothesis that the water height is 10 cm, where only the gutters must transport the water and the street will not be flooded. In this context, the objective of this work was to compare the two hypotheses for the height of the water depth in gutters that are suggested by several authors. For this, an area of the city of Curitiba was used to design two drainage systems, one with a water depth of 15 cm and the other with a height of 10 cm. From the two dimensioned projects, a comparison was made between the number of elements of each project and the simplified budgets. Taking into account the literature, it was assumed that a height of 15 cm would provide a system with fewer elements and, consequently, lower costs. According to the results obtained, this assumption was confirmed, with a difference of 157% between the costs of each project. Analyzing the results, it can be concluded that the water depth option of 15 cm is more advantageous, but it is necessary to take into account the location. For an area with a high volume of circulation, the option where the water would only drain through the gutter seems to provide more safety for users.

**Keywords:** Urban Drainage. Gutter. Height of Water. Pluvial water.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Características dos leitos do rio .....	14
Figura 2 – Declividade Transversal e Longitudinal de Vias .....	19
Figura 3 - Esquema usual de uma sarjeta.....	20
Figura 4 - Esquema Completo de uma Boca de Lobo.....	20
Figura 5 - Tipos de Bocas de Lobo .....	21
Figura 6 – Esquema Estrutural de uma Guia de Chapéu .....	21
Figura 7 - Esquema de Boca de Lobo com Grelha .....	22
Figura 8 - Boca de Lobo Combinada e Múltipla .....	22
Figura 9 - Esquema de um Poço de Visita .....	23
Figura 10 - Tubos de Ligação.....	24
Figura 11 - Conexão de Galerias com Diâmetros Diferentes pelo Poço de Visitas...	24
Figura 12 - Integração entre os Componentes do Sistema de Drenagem .....	25
Figura 13 – Caso A .....	26
Figura 14 – Caso B .....	26
Figura 15 – Curvas de Nível da Área de Estudo .....	27
Figura 16 - Seção Transversal da Sarjeta .....	31
Figura 17- Capacidade de engolimento .....	33
Figura 18 - Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo com depressão de 5 cm em pontos.....	33
Figura 19 - Sentido do escoamento .....	37
Figura 20 – Divisão dos trechos .....	38
Figura 21 - Tipos de superfícies .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de Retorno para Microdrenagem .....	28
Tabela 2 - Coeficientes de Escoamento Superficial para a Área de Estudo .....	30
Tabela 3 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas .....	32
Tabela 4 - Fator de redução do escoamento para bocas de lobo .....	35
Tabela 5 - Coeficiente de escoamento equivalente.....	39
Tabela 6 - Capacidade hidráulica das ruas .....	40
Tabela 7 - Áreas de contribuição suportadas .....	40
Tabela 8 - Áreas de contribuição do local .....	41
Tabela 9 - Capacidade de engolimento.....	41
Tabela 10 - Dimensionamento das galerias para o Caso A .....	43
Tabela 11 -Dimensionamento das galerias para o Caso B .....	43
Tabela 12 - Orçamento para o Caso A.....	44
Tabela 13 - Orçamento para o Caso B.....	46
Tabela 14 - Quantitativo .....	48
Tabela 15 - Orçamento .....	48



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
1.1 Objetivos .....	11
1.1.1 Geral.....	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
1.2 Justificativa .....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	13
2.1 As chuvas e as inundações .....	13
2.1.1 Chuvas .....	13
2.1.2 Inundações.....	13
2.2 Impactos vinculados às chuvas intensas .....	14
2.2.1 Doenças de veiculação hídrica .....	14
2.2.2 Impacto ambiental.....	15
2.3 Medidas de controle .....	16
2.3.1 Medidas estruturais .....	16
2.3.2 Medidas não estruturais.....	17
2.4 Componentes de um sistema de microdrenagem .....	18
2.4.1 Perfis longitudinal e transversal de ruas.....	18
2.4.2 Sarjetas .....	19
2.4.3 Bocas de lobo .....	20
2.4.4 Poços de visitas .....	23
2.4.5 Tubos de ligação.....	23
2.4.6 Galerias.....	24
2.5 A influência da altura da lâmina líquida escoando na sarjeta .....	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1 Considerações iniciais .....	27
3.2 Definição da área de estudo .....	27
3.3 Estimativa de chuva de projeto .....	28
3.3.1 Determinação do tempo de retorno.....	28
3.3.2 Determinação da duração da precipitação.....	28
3.3.3 Equação de chuvas intensas .....	29
3.4 Estimativa das vazões de projeto .....	30
3.4.1 Transformação de chuva em vazão .....	30
3.4.2 Coeficientes de escoamento superficial.....	30
3.5 Projeto da rede .....	31

3.5.1 Dimensionamento hidráulico dos elementos.....	31
3.6 Orçamento simplificado .....	36
3.7 Comparação entre as alternativas .....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Área de estudo .....	37
4.1.1 Características topográficas.....	37
4.1.2 Intensidade das chuvas.....	38
4.1.3 Coeficientes de escoamento superficial .....	38
4.2 Projeto das redes.....	39
4.2.1 Capacidade hidráulica das sarjetas.....	39
4.2.2 Áreas de contribuição.....	40
4.2.3 Bocas de lobo .....	41
4.2.4 Galerias.....	42
4.3 Orçamento simplificado .....	44
4.4 Comparação entre os projetos.....	48
5 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE A – Memorial de Cálculo .....	54
APÊNDICE B – Detalhamentos.....	56
APÊNDICE C – Projeto de Drenagem Caso A.....	58
APÊNDICE D – Projeto de Drenagem Caso B.....	61

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2005, p. 243), “Os sistemas de drenagem são definidos na fonte, na microdrenagem e na macrodrenagem.”

A drenagem na fonte é definida pelo escoamento que ocorre em uma área, podendo ser um lote, condomínio, parques e estacionamentos. A microdrenagem é o sistema de condutos pluviais ou canais que estão no nível de loteamento e é projetada para atender à drenagem de precipitações com risco moderado. A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem, com áreas de pelo menos 2 km<sup>2</sup>, podendo variar de acordo com a configuração da malha urbana, e deve ser projetada para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos, de acordo com prejuízos humanos e materiais potenciais (TUCCI, 2005).

Nas últimas décadas houve aumento populacional significativo, boa parte da população se concentrou em áreas de risco, carentes de planejamento adequado e infraestrutura em saneamento, sofrendo então com a falta dos serviços básicos, além da poluição, inundações e desmoronamentos.

Segundo Tucci (2005), as inundações, representam cerca de 50% dos desastres naturais relacionados à água, e dos quais 20% ocorrem na América Latina. Porém devido ao pouco investimento, a infraestrutura de alguns locais não é capaz de suportar as chuvas intensas e com isso ocorrem grandes estragos, tanto para o ambiente, causando assoreamento e transporte de substâncias poluentes, quanto para as pessoas, que além de terem prejuízos materiais, financeiros, ainda podem adquirir doenças e também perder a vida.

As ações para que desastres não aconteçam estão estabelecidas em planos diretores de drenagem urbana. De acordo com Tucci (1997), um plano diretor deve planejar a distribuição da água no tempo e no espaço e controlar a ocupação de áreas de risco de inundação.

Os Planos Diretores possuem a regulamentação dos novos empreendimentos, planos de controle estrutural e não-estrutural para os impactos existentes nas bacias urbanas da cidade e manual de drenagem urbana (MANUAL DE DRENAGEM URBANA DE PORTO ALEGRE, 2005).

É importante destacar que, embora o enfoque deste trabalho seja em um projeto de microdrenagem, as ações tomadas pela gestão das águas pluviais não se

resumem somente a obras. De alguns anos para cá, a parte de planejamento, regulamentação e ações estratégicas se desenvolveu bastante.

Um Manual de Drenagem tem como objetivo orientar projetistas no dimensionamento do sistema e mostrar as restrições de acordo com a região. Um ponto de partida usual nos projetos associados ao sistema de microdrenagem, é estabelecer a lâmina máxima de água que poderá ser escoada pelas sarjetas.

As duas hipóteses mais recorrentes são de lâminas de 10 e 15 cm (TUCCI *et al.*, 2001). A primeira hipótese pode ser considerada mais “conservadora”, sem permitir alagamento total da rua durante a chuva de projeto, e a segunda, mais “ousada”, permitindo que se explore a maior capacidade hidráulica da sarjeta.

Diante dessa premissa, este trabalho tem como foco principal avaliar as consequências da escolha inicial da lâmina de água nas sarjetas em um projeto de microdrenagem.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

Avaliar a influência que cada altura de projeto da lâmina de águas pluviais exerce sobre o dimensionamento de sistemas de drenagem.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Escolher área para realização do estudo;
- Dimensionar o sistema de drenagem para cada hipótese de altura de projeto de lâmina d'água, utilizando o software Excel;
- Avaliar e comparar os dois projetos do ponto de vista quantitativo, em termos de bocas de lobo, galerias e poços de visita e;
- Avaliar os custos de acordo com a Tabela de Preços Unitários Compostos da Sanepar e comparar os projetos do ponto de vista econômico-financeiro.

## 1.2 Justificativa

Alagamentos, desmoronamentos, proliferação de doenças e outros problemas, são consequências da urbanização acelerada das cidades. Nota-se que não há muito investimento em melhorias ou desenvolvimento de novas tecnologias para os sistemas de drenagem das cidades brasileiras, já que muitas cidades enfrentam problemas em épocas de chuva.

A proposta de comparar dois projetos, com alturas de lâmina d'água diferentes, tem como intuito mostrar como essa escolha inicial vai se refletir no restante de um projeto de microdrenagem. O levantamento das diferenças entre os projetos, é importante na tomada de decisões. A partir da comparação será possível levantar tecnicamente a quantidade de componentes (bocas-de-lobo, galerias, tubos de ligação e poços de visita) e ainda onde cada escolha será aplicada de forma eficiente.

O estudo poderá ser usado para melhorar o planejamento, gerenciamento e manutenção de sistemas de gestão de águas urbanas por parte de órgãos públicos municipais.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 As chuvas e as inundações

#### 2.1.1 Chuvas

Por definição chuva é um fenômeno climático em que ocorre a precipitação da água das nuvens em forma de gotas.

As chuvas frontais ou ciclônicas se formam a partir do contato entre massas de ar quente e fria. Essas chuvas apresentam baixa intensidade e grande duração, mas são causam inundações em grandes bacias hidrográficas, pois atingem grandes áreas (TUCCI *et al.*, 1995).

As chuvas convectivas ou de verão são formadas por um processo de convecção da massa de ar úmido, que se forma em uma região pouco extensa, em função de uma variação da temperatura vertical. No período da manhã, a radiação solar aquece a massa de ar e o solo. À tarde, a radiação solar diminui, mas ainda há calor armazenado na massa de ar, que em contato com o solo cria uma situação de instabilidade, provocando chuvas de grande intensidade e curta duração. Por atingirem áreas restritas, causam inundações em pequenas bacias urbanas (TUCCI *et al.*, 1995).

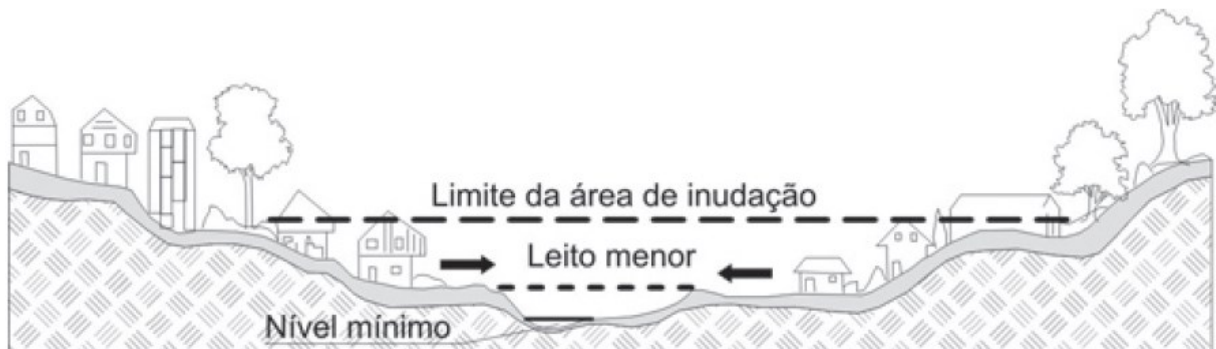
A alteração no regime pluvial pode ser causada pela urbanização. As ilhas de calor é um fenômeno que ocorre devido ao crescimento da área urbanizada, uma vez que o calor fica armazenado em ruas e edificações e faz com que as temperaturas máximas e mínimas anuais aumentem, provocando chuvas intensas (CAMPOS, 2009).

Chuvas orográficas são conseqüências de ventos úmidos que se deslocam verticalmente devido a barreiras montanhosas. São chuvas que ocorrem com muita frequência podendo ter de pequena a grande intensidade, pois sua origem está associada aos outros tipos de chuva (ABREU, 2013).

#### 2.1.2 Inundações

As inundações são fenômenos provenientes do transbordo de água de um rio ou córrego, quando a sua capacidade máxima de volume de água é ultrapassada, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1 - Características dos leitos do rio**



Fonte: Tucci (2008)

Para Tucci *et al.* (1995), as inundações que ocorrem em áreas urbanas são resultado de dois processos, que pode ocorrer de forma isolada ou integrada, as inundações em áreas ribeirinhas e a urbanização.

A inundação em áreas ribeirinhas ocorre porque a população ocupa os leitos de rios por falta de planejamento, e quando as chuvas ocorrem o rio realiza o seu processo natural de ocupar o seu leito maior.

A inundação por urbanização acontece devido às transformações no ambiente realizadas pelo homem como a impermeabilização do solo que diminui a infiltração da água, fazendo com que uma parcela maior de escoe pela superfície.

## 2.2 Impactos vinculados às chuvas intensas

Se tratando de chuvas intensas o ponto mais importante em relação ao impacto causado são as inundações, que acontecem massivamente devido ao crescimento expressivo da população nas últimas décadas. Para alguns autores a urbanização é em geral um aspecto demográfico positivo por gerar crescimento econômico e investimentos em políticas públicas, melhorando as condições de vida das pessoas, porém, segundo Souza (2008), esse crescimento sem planejamento de infraestrutura para suprir as necessidades gera escassez de água e aumento de áreas invadidas.

### 2.2.1 Doenças de veiculação hídrica

Para Tucci e Silveira (2001), as doenças de veiculação hídrica podem ocorrer devido ao gerenciamento inadequado de água no ambiente urbano, tais como:

- Falta de abastecimento de água segura para a população, sendo a diarreia a doença mais frequente;
- Fatores relacionados com a higiene e educação das pessoas;
- Relação entre ambiente e disposição da água, possibilitando condições para propagação de doenças como malária, dengue, esquistossomose e outras;
- Inundações, que propaga a leptospirose, doença em que a urina do rato contamina a água.

A intensa utilização dos cursos d'água para a diluição de efluentes domésticos e industriais, e também a poluição difusa de origem pluvial e o acúmulo de resíduos sólidos lançados pela população, causam a degradação ambiental, isso diminui a capacidade de suporte do meio e aumenta a proliferação de doenças de veiculação hídrica (SOUZA, 2008).

### 2.2.2 Impacto ambiental

Segundo Tucci *et al.* (1995), em relação ao impacto ambiental é importante citar o aumento da produção de sedimentos e a degradação da qualidade da água drenada pelos esgotos pluviais e contaminação dos aquíferos. Construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, são as principais causas do aumento de sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica.

Ainda de acordo com Tucci *et al.* (1995), a produção de sedimentos tem consequências ambientais importantes para as áreas urbanas. Como:

- Assoreamento da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos;
- Transporte de substância poluente agregada ao sedimento. Durante as enchentes, as substâncias existentes na água da lavagem das ruas podem agregar-se aos sedimentos.

Silveira (2002) afirma que nas cidades brasileiras não há sistema de coleta sistemática de sedimentos e as dragagens são feitas eventualmente.

Uma das principais consequências do desenvolvimento urbano, no meio ambiente dos pequenos rios urbanos, é a redução da vazão no período de estiagem.



Isso acontece porque o aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização, impede que os aquíferos sejam abastecidos, assim a capacidade do rio é reduzida (TUCCI *et al.*, 1995).

É importante mencionar que geralmente os sistemas de saneamento, inclusive a drenagem urbana, são apresentados à sociedade na forma de planos. Nesses planos de drenagem, geralmente ficam evidentes e claras as ações de controle para minimização dos impactos relatados neste tópico.

## **2.3 Medidas de controle**

### **2.3.1 Medidas estruturais**

De acordo com Tucci (1997), medidas estruturais são “obras de engenharia implementadas para reduzir o risco das enchentes. Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas”.

As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, elas procuram modificar as relações entre precipitação e vazão. Uma dessas medidas é a alteração da cobertura vegetal do solo, para reduzir e retardar os picos de enchentes e controlar a erosão da bacia (TUCCI, 1997).

As medidas intensivas agem no rio e têm as seguintes funções (TUCCI, 1997):

- Acelerar o escoamento: construção de diques, aumento da capacidade de descarga dos rios, redução do pico das cheias no local da obra e corte de meandros;
- Retardar o escoamento: construção de reservatórios, bacias de amortecimento;
- Desviar o escoamento: obras como canais e desvios.

Para Righetto, Moreira e Sales (2009), as medidas estruturais estão relacionadas a obras de captação, armazenamento e transporte das águas pluviais. Essas medidas promovem a retenção temporária do escoamento permitindo o controle da vazão gerada na bacia.

### 2.3.2 Medidas não estruturais

As medidas não estruturais são medidas que exigem esforços de conscientização popular, legislação apropriada, fiscalização do uso e de ocupação dos espaços urbanos, manutenção regular dos elementos estruturais, entre outras. Essas medidas são ações que integram a gestão das águas pluviais nas sub-bacias que compõem o território urbano de uma cidade, focando principalmente no uso racional do espaço urbano, para melhorar a qualidade de vida e o bem-estar, a estética e a utilização do meio ambiente urbano (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

Righetto, Moreira e Sales (2009), propõem as seguintes medidas:

- Educação pública: educação pública e disseminação do conhecimento;
- Uso de materiais e produtos químicos: uso de produtos alternativos não poluentes com as devidas práticas de manuseio e de armazenamento;
- Planejamento e manejo da água: equipe técnica capacitada, superfícies com vegetação, telhados verdes e urbanização de pequeno impacto;
- Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias: varrição de ruas, coleta de resíduos sólidos, limpeza dos sistemas de filtração, manutenção das vias e dos dispositivos, manutenção dos canais e cursos d'água;
- Reuso de água pluvial: jardinagem, lavagem de veículos, sistema predial, fontes e lagos;
- Controle de conexão ilegal do esgoto: medidas de prevenção contra a conexão ilegal, fiscalização (detecção, retirada e multa), controle do sistema de coleta de esgoto e tanques sépticos.

As medidas não-estruturais, segundo Canholi (2005), podem ser eficazes a custos mais baixos e com horizontes de atuação mais longos. Ele sugere as seguintes medidas:

- Zoneamento de áreas inundáveis: Trata-se da delimitação das áreas sujeitas a inundações em função do risco, com a respectiva regulamentação para construção, podendo-se ainda desapropriar

algumas áreas, as quais seriam destinadas para praças, parques, estacionamentos e outros.

- Ações de regulamentação do uso e ocupação do solo: Visam prevenir contra os fatores de ampliação dos deflúvios (impermeabilização intensiva da bacia de drenagem e ocupação de áreas inundáveis), os quais sobrecarregam a capacidade natural de armazenamento e o escoamento das calhas dos rios.
- Seguro-enchente: podem ser calculados a partir da determinação dos riscos associados às cheias.
- Sistemas de alerta e previsão de inundações: Visam evitar o fator surpresa, além de facilitar as ações preventivas de isolamento ou retirada de pessoas e bens das áreas de risco, bem como a adoção de desvios de tráfego.

Tucci (1997) também afirma que as medidas não-estruturais, em conjunto com as estruturais ou não, podem minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor.

## **2.4 Componentes de um sistema de microdrenagem**

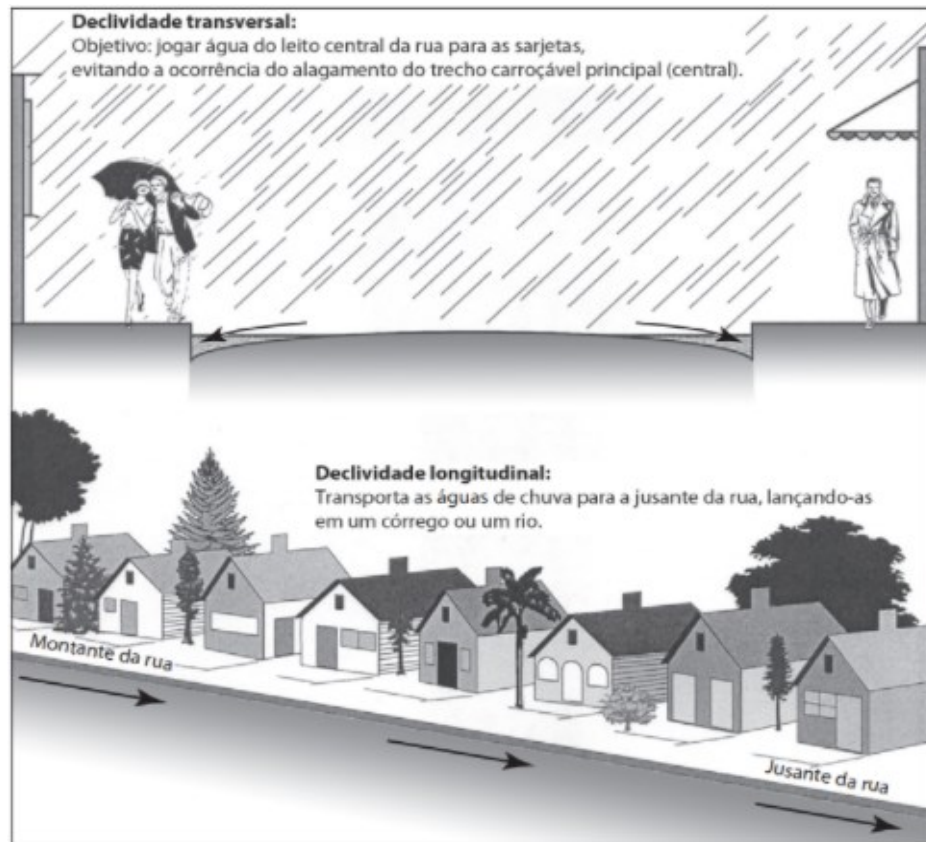
### **2.4.1 Perfis longitudinal e transversal de ruas**

Segundo Tucci *et al.* (2001), em uma área urbana “a microdrenagem é essencialmente definida pelo traçado das ruas”.

O traçado das ruas é um elemento definidor do sistema de drenagem, ele que define as larguras das ruas e as declividades longitudinais e transversais, que são fatores que têm influência sobre o escoamento das águas pluviais nas vias (BOTELHO, 2017).

Na Figura 2 é possível observar como o escoamento da água ocorre nas ruas.

**Figura 2 – Declividade Transversal e Longitudinal de Vias**



Fonte: Botelho (2017)

De acordo com o Instituto das Águas do Paraná, as águas pluviais que atingem as áreas urbanas escoam inicialmente pelos terrenos até chegarem às ruas. Por possuírem declividade transversal e inclinação longitudinal, as ruas fazem com que o escoamento das águas para as sarjetas e, posteriormente, rua abaixo, seja muito mais rápido (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2002).

#### 2.4.2 Sarjetas

Sarjetas são canais situados nas laterais das ruas, entre a via pública e o passeio para pedestres. Elas têm a função de coletar as águas de escoamento superficial e transportá-las até as bocas coletoras (TUCCI *et al.*, 2001).

Um esquema usual para as sarjetas pode ser observado na Figura 3.

**Figura 3 - Esquema usual de uma sarjeta**



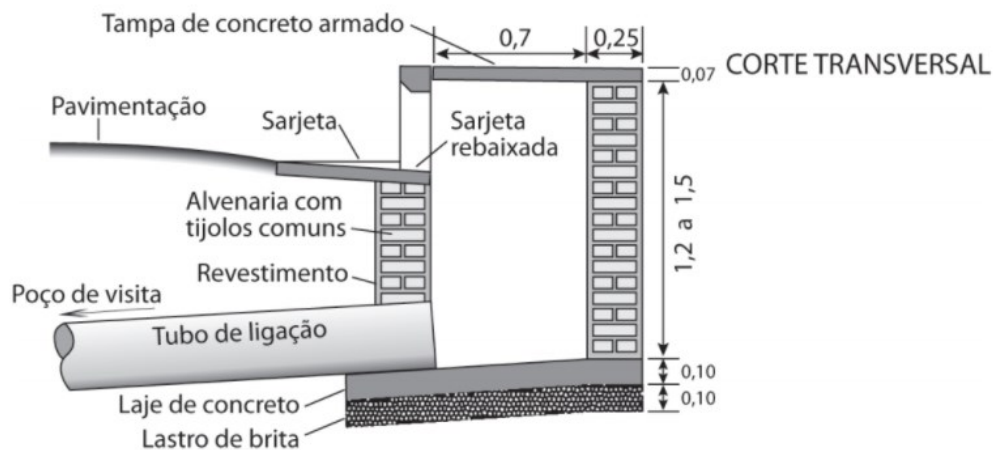
Fonte: Adaptado de Tucci (2001)

As sarjetas são feitas de concreto simples, moldado *in loco*, ou feitas de paralelepípedos argamassados.

#### 2.4.3 Bocas de lobo

As bocas de lobo são elementos responsáveis pela captação das águas das sarjetas. Devem ser colocadas nos pontos mais baixos para evitar alagamentos, em ambos os lados da rua e também de maneira a melhor conduzir as vazões para as galerias. Na Figura 4 é possível ver um esquema completo de uma boca de lobo.

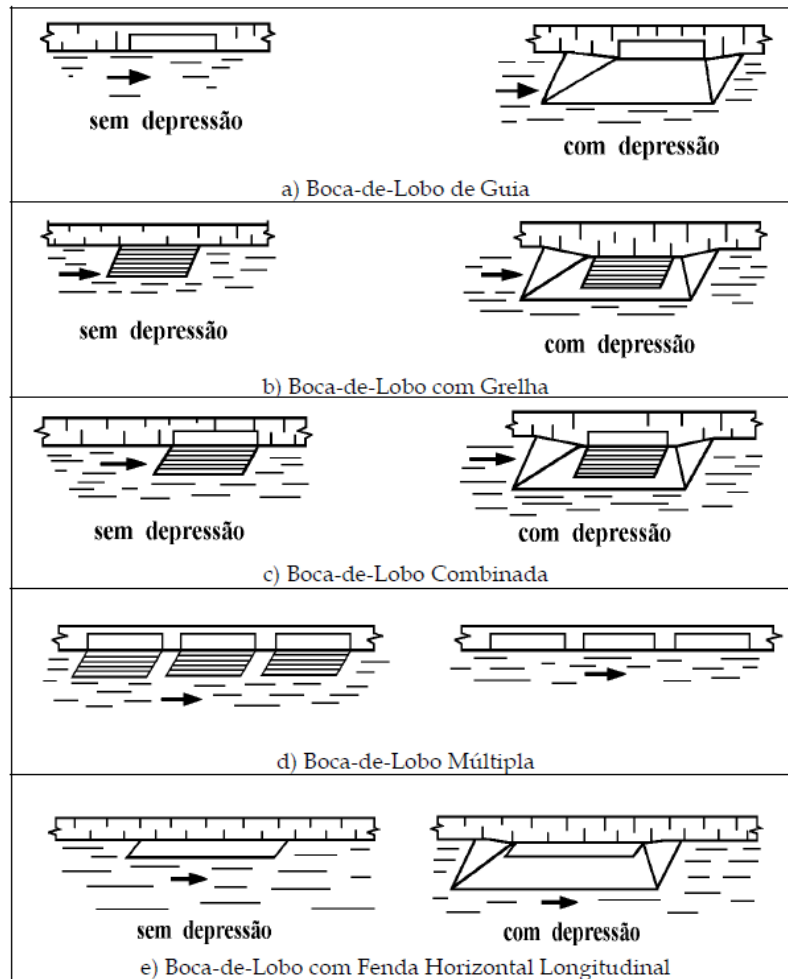
**Figura 4 - Esquema Completo de uma Boca de Lobo**



Fonte: Botelho (2017)

Há três grupos principais de bocas de lobo: de guias, de sarjetas (grelhas) ou combinadas, conforme a Figura 5 (TUCCI *et al.*, 2001).

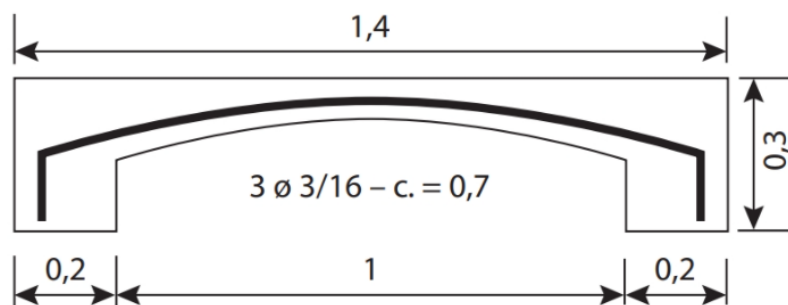
Figura 5 - Tipos de Bocas de Lobo



Fonte: DAEE/CETESB (1980) *apud* Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)

Na Figura 6 pode-se observar um esquema estrutural de uma guia de chapéu.

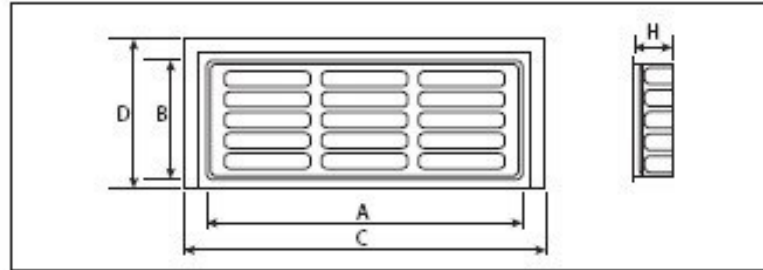
Figura 6 – Esquema Estrutural de uma Guia de Chapéu



Fonte: Botelho (2017)

Já na Figura 7 tem-se um esquema de uma boca de lobo com grelha.

**Figura 7 - Esquema de Boca de Lobo com Grelha**



Fonte: Botelho (2017)

Na Figura 8 pode-se observar um exemplo de boca de lobo combinada e múltipla.

**Figura 8 - Boca de Lobo Combinada e Múltipla**



Fonte: Flavio Freire (2021)

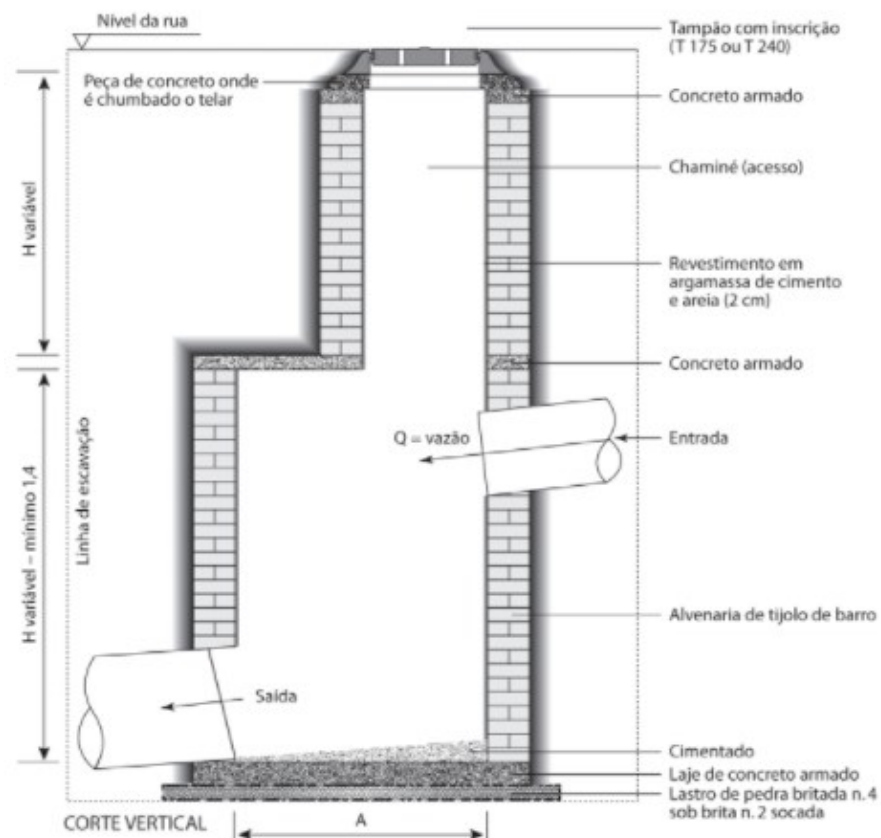
A grelhas podem ser feitas de ferro fundido, concreto armado ou plástico reforçado (BOTELHO, 2017).

#### 2.4.4 Poços de visitas

Os poços de visita têm como função dar acesso às canalizações, por eles é possível realizar a limpeza e inspeção das mesmas, assim garante-se um bom funcionamento das canalizações (TUCCI *et al.*, 2001).

Na Figura 9 é possível observar um esquema de poço de visita.

**Figura 9 - Esquema de um Poço de Visita**



Fonte: Botelho (2017)

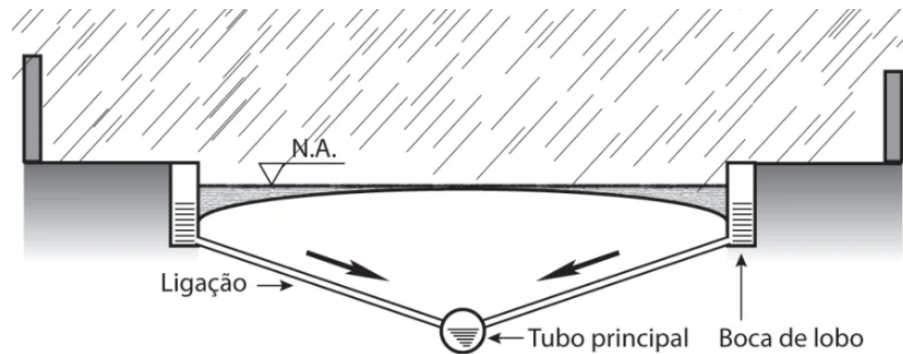
Sugere-se que os poços de visita sejam locados nos pontos de mudança de direção, em cruzamentos (encontro de vários coletores) e em mudança de declividade e diâmetro. Além disso, os poços de visita devem ser espaçados em função do diâmetro ou altura do conduto (TUCCI *et al.*, 2001).

#### 2.4.5 Tubos de ligação

Tubos de ligação são aqueles que transportam as águas coletas das bocas de lobo para a tubulação principal, as galerias, conforme a Figura 10.



**Figura 10 - Tubos de Ligação**



**Fonte: Botelho (2017)**

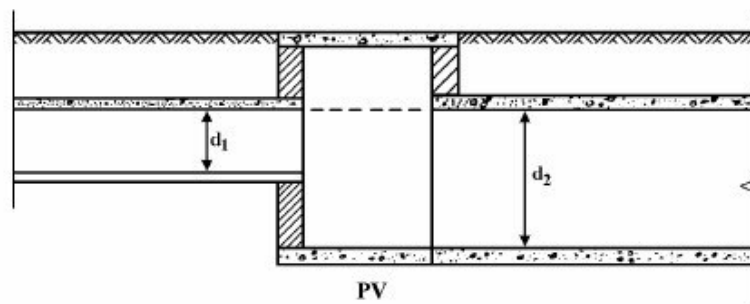
De acordo com Botelho (2017), essa tubulação tem diâmetro de 0,30 ou 0,40 m, podendo ter até mesmo de 0,60 m se for usada para esgotar bocas de lobo combinadas.

#### 2.4.6 Galerias

Galerias são canalizações públicas, feitas de concreto simples ou concreto armado, que conduzem as águas pluviais provenientes das bocas de lobo. Elas são projetadas para trabalharem em seção plena, com diâmetro mínimo recomendado de 40 centímetros (BOTELHO, 2017).

A ligação entre galerias de diâmetros diferentes é feita a partir de um poço de visita, conforme a Figura 11.

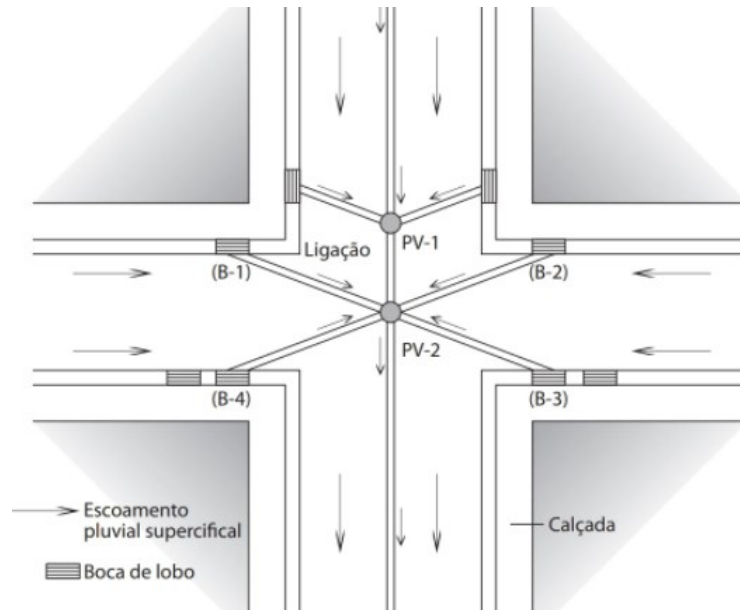
**Figura 11 - Conexão de Galerias com Diâmetros Diferentes pelo Poço de Visitas**



**Fonte: Tucci et al. (2001)**

Na Figura 12 é possível observar a integração entre os componentes de drenagem.

**Figura 12 - Integração entre os Componentes do Sistema de Drenagem**



Fonte: Botelho (2017)

O traçado das galerias deve ser planejado com o objetivo de abranger todas as áreas, para que haja condições adequadas de drenagem, devem ser lançadas sob os passeios ou no eixo da via (TUCCI *et al.*, 2001).

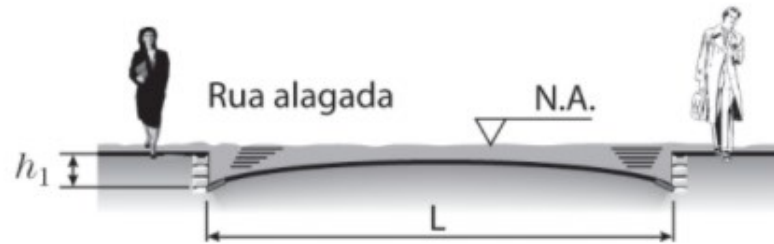
### 2.5 A influência da altura da lâmina líquida escoando na sarjeta

As águas pluviais escoarão inicialmente pelos terrenos até chegar as ruas e devido à inclinação longitudinal chegarão rapidamente às sarjetas.

As sarjetas possuem uma capacidade hidráulica limite para transportar a água, que depende da largura da rua, declividade longitudinal da rua e da altura de água que se considera limite (BOTELHO, 2017).

Segundo Botelho (2017), um critério de projeto é considerar uma altura de água de 15 cm, caso A, essa hipótese propõe que a rua seja usada para transportar a água até encher toda a sarjeta, ou seja, seria alagada, mas sem extravasar para os passeios, conforme mostrado na Figura 13.

**Figura 13 – Caso A**

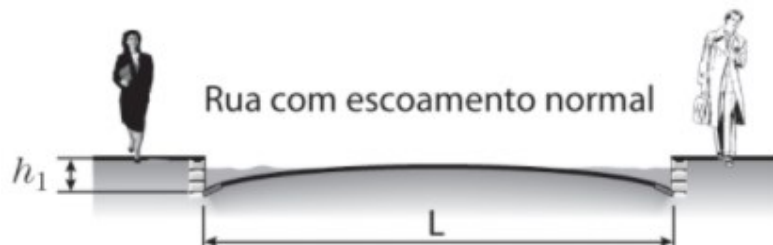


**Fonte: Botelho (2017)**

Com uma capacidade hidráulica de valor mais elevado, aumenta-se a velocidade da água, sendo necessário que as bocas de lobo captem a água não apenas porque a sarjeta está no máximo, mas também para que não haja erosões nos pavimentos e nos obstáculos nas vias (BOTELHO, 2017).

Ainda segundo Botelho (2017), um outro critério é a hipótese de que a altura de água seja de 10 cm, caso B, onde somente as laterais às sarjetas deverão transportar a água e a rua não será alagada, de acordo com a Figura 14.

**Figura 14 – Caso B**



**Fonte: Botelho (2017)**

No caso B, como a água irá escoar somente pelas sarjetas, há diminuição significativa da capacidade hidráulica (BOTELHO, 2017).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

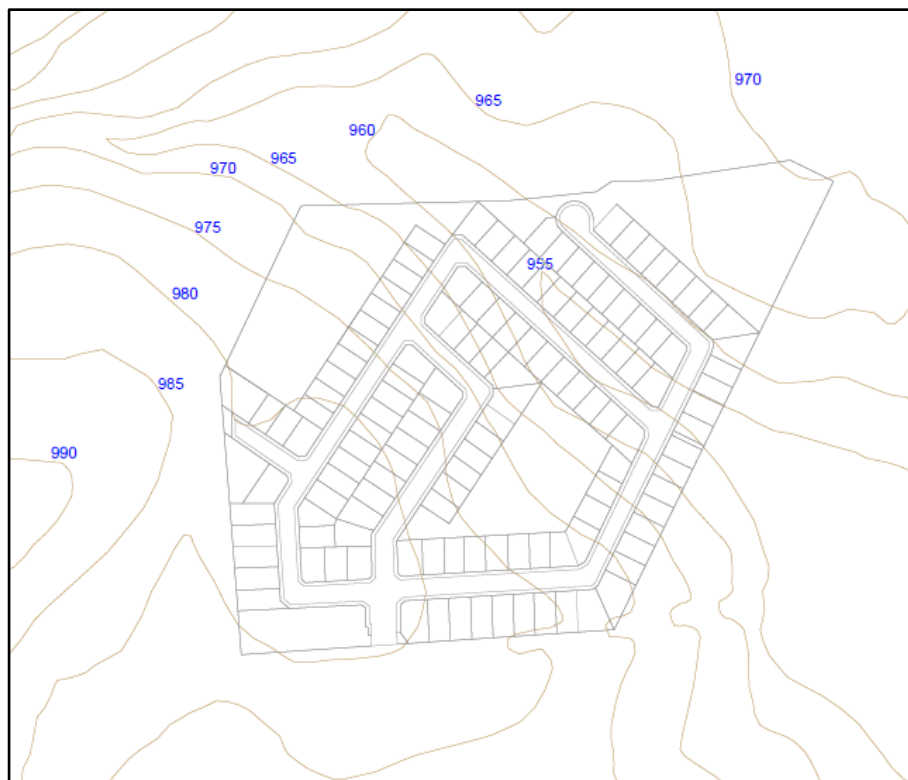
#### 3.1 Considerações iniciais

Para o cumprimento dos objetivos estabelecidos, foram definidas as seguintes etapas: definição da área de estudo; estimativa da chuva de projeto; estimativa das vazões de escoamento; projeto da rede; orçamento simplificado; comparação entre alternativas.

#### 3.2 Definição da área de estudo

Para o estudo deste trabalho foi adotada área na cidade de Curitiba, conforme na Figura 15, na qual são mostradas as curvas de nível.

**Figura 15 – Curvas de Nível da Área de Estudo**



A empresa que forneceu o projeto pediu que não fossem divulgadas informações complementares.

### 3.3 Estimativa de chuva de projeto

#### 3.3.1 Determinação do tempo de retorno

Na Tabela 1 tem-se os tempos de retorno utilizados para os cálculos relacionados à microdrenagem.

**Tabela 1 - Tempo de Retorno para Microdrenagem**

<b>Característica</b>	<b>Intervalo Tr (anos)</b>
Residencial	2 – 5
Comercial	2 – 5
Áreas de prédios públicos	2 – 5
Aeroporto	5 – 10
Áreas comerciais e Artérias de tráfego	5 – 10

**Fonte: Adaptado de Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)**

Tucci *et al.* (2001), recomendam que para áreas residenciais seja adotado o tempo de retorno de 2 anos. Porém a área de estudo também está localizada próxima a uma rodovia, podendo ser considerada uma artéria de tráfego. Para esta situação os mesmos autores recomendam o tempo de retorno de 5 anos, que está dentro no intervalo estabelecido para áreas residenciais, e que foi adotado neste trabalho.

#### 3.3.2 Determinação da duração da precipitação

Segundo Botelho (2017), o “tempo de concentração” de uma bacia é o tempo que leva para que toda uma bacia comece a contribuir para a vazão. Este parâmetro pode ser calculado a partir da Equação 1.

$$t_c = t_a + t_s \quad (1)$$

Em que:

- $t_c$ : tempo de concentração (min.);
- $t_a$ : tempo que leva uma gota de água caindo em um ponto extremo da bacia, até chegar ao vale de maior extensão (talvegue). Normalmente, em projetos de sistemas urbanos, fixa-se  $t_a = 10$  min;
- $t_s$ : tempo que leva uma gota de água para percorrer o vale da bacia de maior extensão (talvegue) até a primeira boca de lobo do sistema.

Ainda segundo o autor, o tempo de escoamento superficial ( $t_s$ ) é definido pela Equação 2.

$$t_s = \frac{16.L}{(1,05 - 0,2.p).(100.I)^{0,04}} \quad (2)$$

Em que:

- $t_s$ : tempo de escoamento superficial (min.);
- L: distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (km);
- p: porcentagem da área permeável da bacia (valor absoluto);
- I: declividade média do terreno ao longo do trecho L considerado (m/m).

### 3.3.3 Equação de chuvas intensas

Segundo Tucci *et al.* (2001), a precipitação é obtida a partir das Curvas de Intensidade Duração e Frequência (IDF), que variam com o local em estudo. As curvas IDF, podem ser expressas pela Equação 3.

$$i = \frac{a.TR^b}{(t+c)^d} \quad (3)$$

Em que:

- i: intensidade da chuva (mm/h);
- a, b, c e d: parâmetros característicos da IDF de cada local;
- TR: tempo de retorno (anos);
- t: duração da precipitação (min.).

Os valores de a, b, c e d para a área de estudo na qual está localizada a cidade de Curitiba geram a Equação 4 (FESTI, 2007).

$$i = \frac{5950.TR^{0,217}}{(t+26)^{1,15}} \quad (4)$$

### 3.4 Estimativa das vazões de projeto

#### 3.4.1 Transformação de chuva em vazão

Na análise do projeto nota-se que a área tem 0,041 km<sup>2</sup>, logo é possível utilizar o método racional para determinar as vazões de contribuição, que segundo Tucci *et al.* (2001), é definido na Equação 5.

$$Q = 0,278.C.i.A \quad (5)$$

Em que:

- Q: vazão de cheia (m<sup>3</sup>/s);
- C: coeficiente de escoamento superficial;
- i: intensidade da chuva (mm/h);
- A: área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>);
- 0,278: fator de transformação de unidades.

#### 3.4.2 Coeficientes de escoamento superficial

Para determinar o coeficiente de escoamento superficial é necessário identificar o tipo de superfície da área de estudo. Na Tabela 2 tem-se os coeficientes para diferentes superfícies.

**Tabela 2 - Coeficientes de Escoamento Superficial para a Área de Estudo**

<b>Tipo de superfície</b>	<b>Coeficiente de escoamento superficial (C)</b>
Lotes Residenciais	0,50 - 0,60
Calçadas	0,75 - 0,85
Ruas de asfalto	0,70 - 0,95
Gramma	0,18 - 0,22

**Fonte: Adaptado de Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)**

Neste trabalho será calculado um coeficiente de escoamento “equivalente” em virtude dos diferentes tipos de superfície encontrados na área. Esse procedimento é usual nos projetos de drenagem. Segundo Tucci *et al.* (2001), o coeficiente de escoamento deve ser ponderado de acordo com a área de cada superfície.

Serão utilizados os valores máximos das faixas apresentadas na Tabela 2 para cada tipo de superfície.

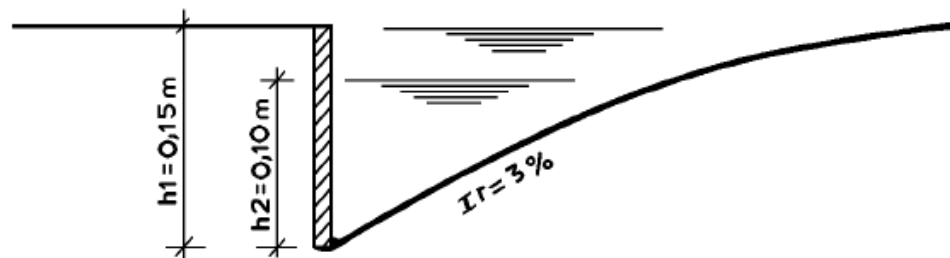
### 3.5 Projeto da rede

#### 3.5.1 Dimensionamento hidráulico dos elementos

##### 3.5.1.1 Sarjetas

As sarjetas podem ser projetadas considerando duas hipóteses de escoamento, cada uma com altura de lâmina d'água diferente, 15 cm ou 10 cm, conforme exemplificado na Figura 16.

Figura 16 - Seção Transversal da Sarjeta



Fonte: Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)

De acordo com Tucci *et al.* (2001), as sarjetas podem ser dimensionadas pela expressão de Strickler-Manning (Equação 6).

$$Q = \frac{A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (6)$$

Em que:

- Q é a vazão (m<sup>3</sup>/s);
- A é a área molhada (m<sup>2</sup>);
- R é o raio hidráulico (m);
- S é a declividade da rua (m/m);
- n é o coeficiente de rugosidade de Manning (m<sup>-1/3</sup>.s).

O Raio hidráulico é definido na Equação 7:



$$R = \frac{A}{P} \quad (7)$$

Em que:

- A é a área molhada (m<sup>2</sup>);
- P é perímetro molhado (m).

A capacidade hidráulica teórica da sarjeta deve ser reduzida por um fator de segurança, como apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas**

Declividade da sarjeta (%)	Fator de Redução
0,4	0,50
1 a 3	0,80
5	0,50
6	0,40
8	0,27
10	0,20

Fonte: Adaptado de Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)

O procedimento de reduzir a capacidade da sarjeta ocorre porque os projetos de drenagem são idealizados. Na prática as sarjetas com pequenas declividades poderão ser obstruídas por sedimentos, carros estacionados e resíduos sólidos.

### 3.5.1.2 Bocas de lobo

De acordo com Tucci *et al.* (2001), quando a água acumula sobre a boca de lobo, gerando uma lâmina de água com altura menor do que a abertura da guia, a capacidade de engolimento é dada pela Equação 8.

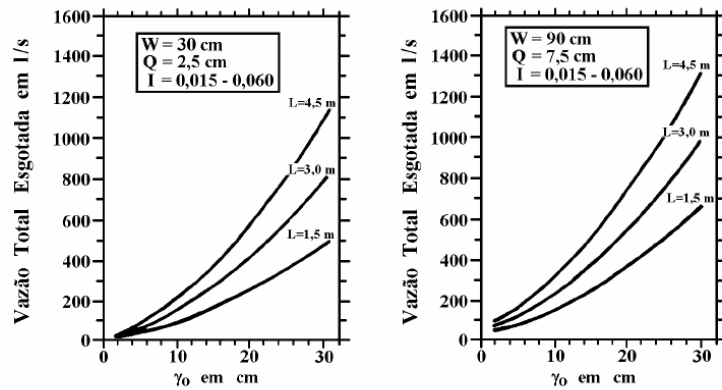
$$Q = 1,7 \cdot L \cdot y^{\frac{2}{3}} \quad (8)$$

Em que:

- Q é a vazão (m<sup>3</sup>/s);
- L é o comprimento da soleira (m);
- y é a altura da lâmina de água próximo à abertura na guia (m);
- 1,7 é o coeficiente de descarga da boca de lobo.

Outra maneira de determinar a vazão é através de ábacos que utilizam a altura e a largura da depressão do bueiro, declividade transversal e altura projetada de água (Figuras 17 e 18).

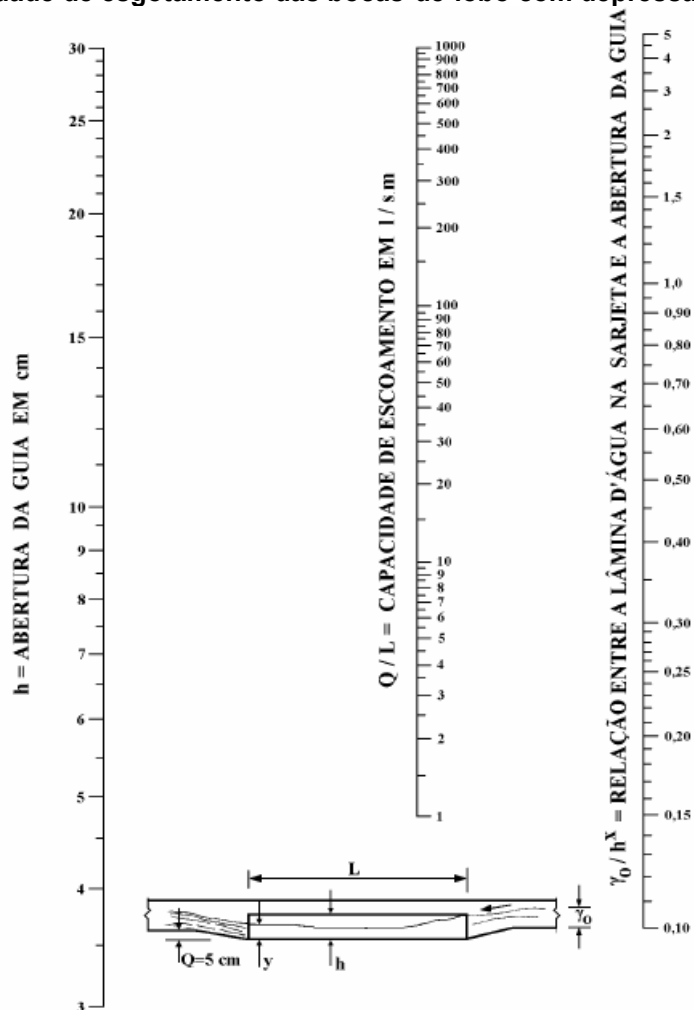
Figura 17- Capacidade de engolimento



Onde:  $W$  = largura da depressão em m;  $a$  = altura da depressão em m;  $I$  = declividade transversal do leito carroçável em m/m.

Fonte: DAEE/CETESB (1980) *apud* Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)

Figura 18 - Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo com depressão de 5 cm em pontos



Fonte: DAEE/CETESB (1980) *apud* Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)

Caso a altura de água sobre a boca de lobo seja maior que o dobro da abertura na guia, a vazão será calculada pela Equação 9 (TUCCI *et al.*, 2001).

$$Q = 3,01 \cdot L \cdot h^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{y_1}{h}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Em que:

- L: comprimento da abertura (m);
- h: altura da guia (m);
- $y_1$ : carga da abertura da guia (m); ( $y_1 = y - h/2$ )

A carga de abertura da guia é definida pela Equação 10.

$$y_1 = y - \frac{h}{2} \quad (10)$$

No caso das bocas de lobo com grelha, a capacidade de engolimento pode ser determinada pela Equação 11 (TUCCI *et al.*, 2001).

$$Q = 2,91 \cdot A \cdot y^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Em que:

- A: área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas barras (m<sup>2</sup>);
- y: altura de água na sarjeta sobre a grelha (m).

Ainda de acordo com Tucci *et al.* (2001), a capacidade teórica de esgotamento das bocas de lobo combinadas pode ser calculada somando as capacidades da boca de lobo do tipo guia com as bocas de lobo com grelha.

Assim como as sarjetas, é necessário reduzir a capacidade das bocas de bolo para tentar se aproximar da situação real. Na Tabela 4 tem-se os fatores de redução do escoamento.

**Tabela 4 - Fator de redução do escoamento para bocas de lobo**

Localização na sarjeta	Tipo de Boca de Lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto Intermediário	Guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com	60
	barras transversais combinadas	110% dos valores indicados para a grelha correspondente

**Fonte: Adaptado de Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005)**

Para este trabalho serão utilizadas bocas de lobo do tipo combinada, por apresentarem maior capacidade de engolimento.

### 3.5.1.3 Galerias e tubos de ligação

O dimensionamento das galerias de águas pluviais também é realizado a partir da expressão de Strickler-Manning (TUCCI *et al.*, 2001).

Admitindo-se seção plena de escoamento ( $R = D/4$ ), para o cálculo do diâmetro (m) da tubulação têm-se a Equação 12.

$$D = 1,548 \cdot \left( \frac{Q \cdot n}{S^2} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (12)$$

O coeficiente de rugosidade (n) utilizado será  $0,013 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ , que é o valor mínimo indicado para tubos de concreto, segundo Canholi (2005).

Convém mencionar, que ao contrário da rede coletora de esgoto, por exemplo, não existe uma norma da ABNT para servir como base para projeto de redes públicas de drenagem. Diante dessa característica, os projetos geralmente são baseados na literatura relacionada ao tema, como também nas diretrizes municipais.

Segundo Botelho (2017), as galerias e os tubos de ligação de seção circular possuem geralmente diâmetro mínimo de 400 mm. No mercado há os seguintes diâmetros para as galerias: 400; 500; 600; 700; 800; 900; 1000; 1200; 1500 e até 2000 mm.

Como critério de projeto, foi adotado diâmetro de 400 mm para os tubos de ligação, correspondente ao mínimo estabelecido pelo Manual de Drenagem Urbana do Paraná (2002).

### **3.6 Orçamento simplificado**

Os orçamentos simplificados para ambos os casos estudados tiveram como base valores propostos na Tabela de Preços Unitários Compostos divulgada pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), divulgada em Fevereiro de 2021.

Por se tratar de um orçamento simplificado, foram orçados apenas galerias, tubos de ligação, poços de visitas, bocas de lobo e serviços de escavação.

### **3.7 Comparação entre as alternativas**

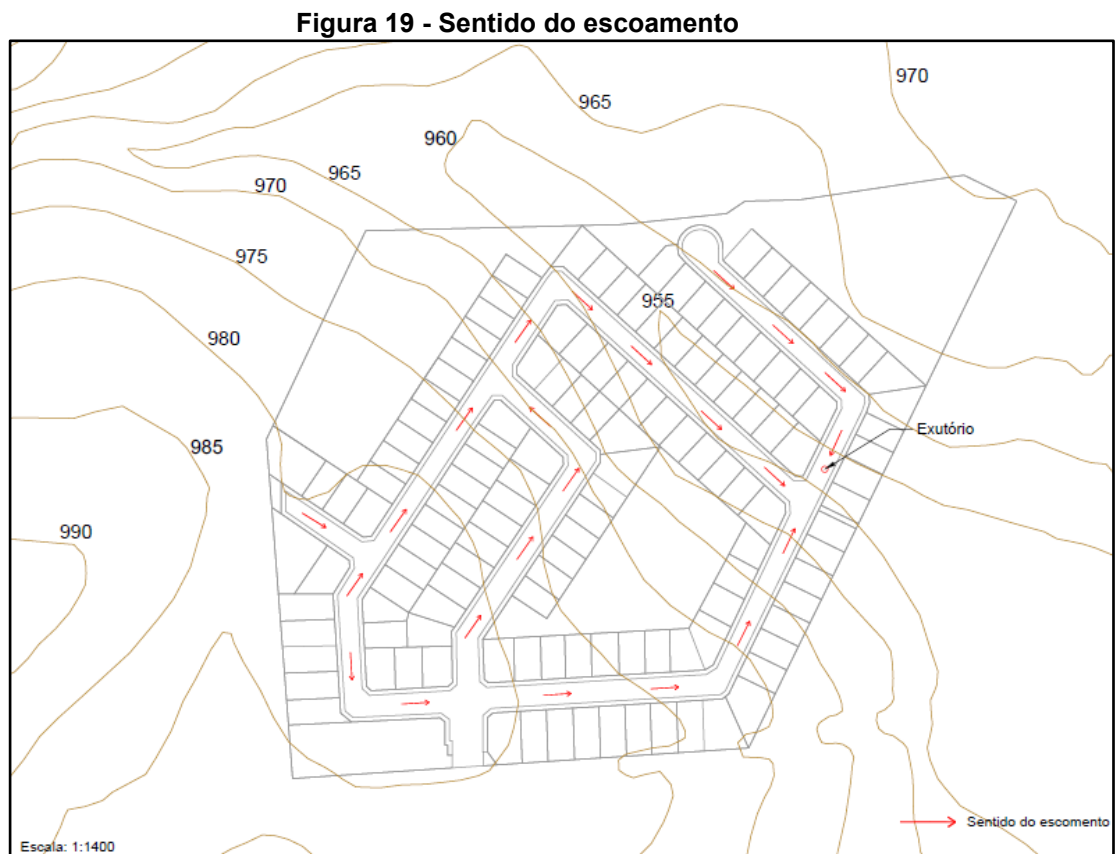
Para realizar a comparação entre as alternativas propostas foi feito um quantitativo de componentes e materiais, e também o custo para cada projeto. A partir desse levantamento foi avaliada a melhor opção.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Área de estudo

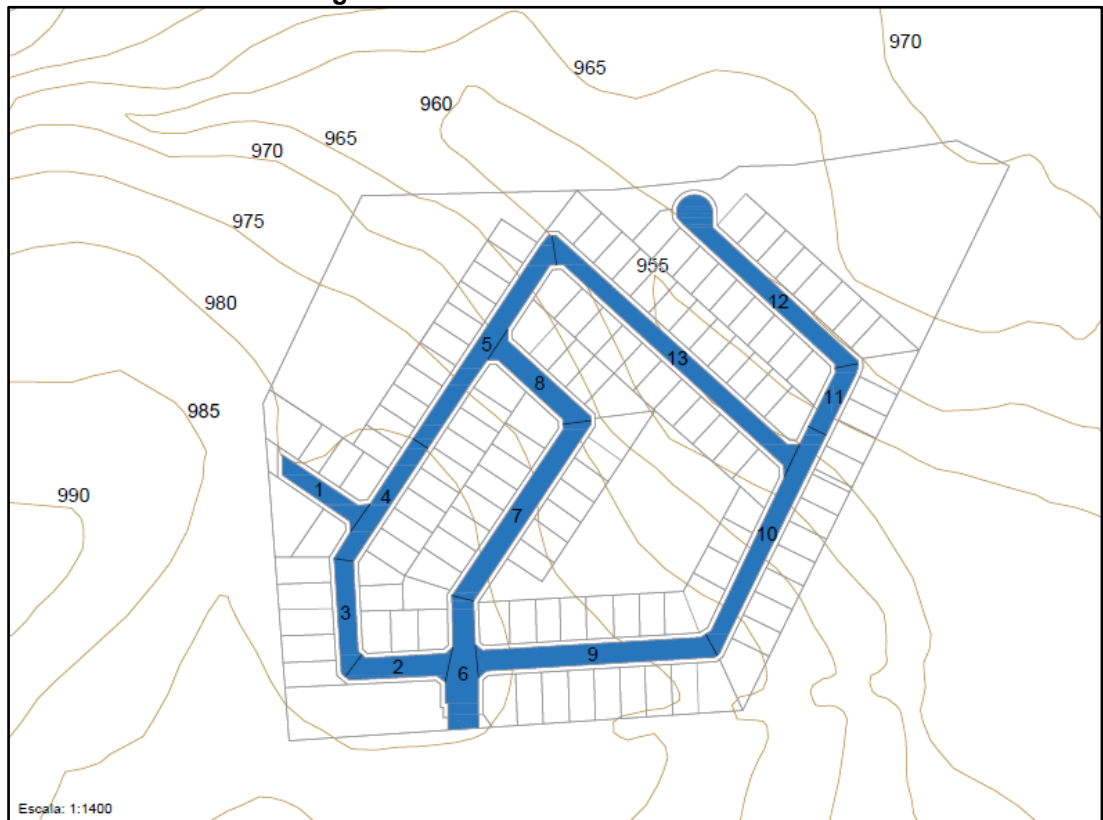
#### 4.1.1 Características topográficas

O sentido do escoamento das águas pluviais foi estabelecido pelas curvas de nível (Figura 19).



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Em função da topografia irregular da região, foi necessário dividir a área de estudo em trechos (Figura 20) para dimensionamento da rede de drenagem.

**Figura 20 – Divisão dos trechos**

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A divisão dos trechos foi estabelecida a partir das mudanças significativas de declividade.

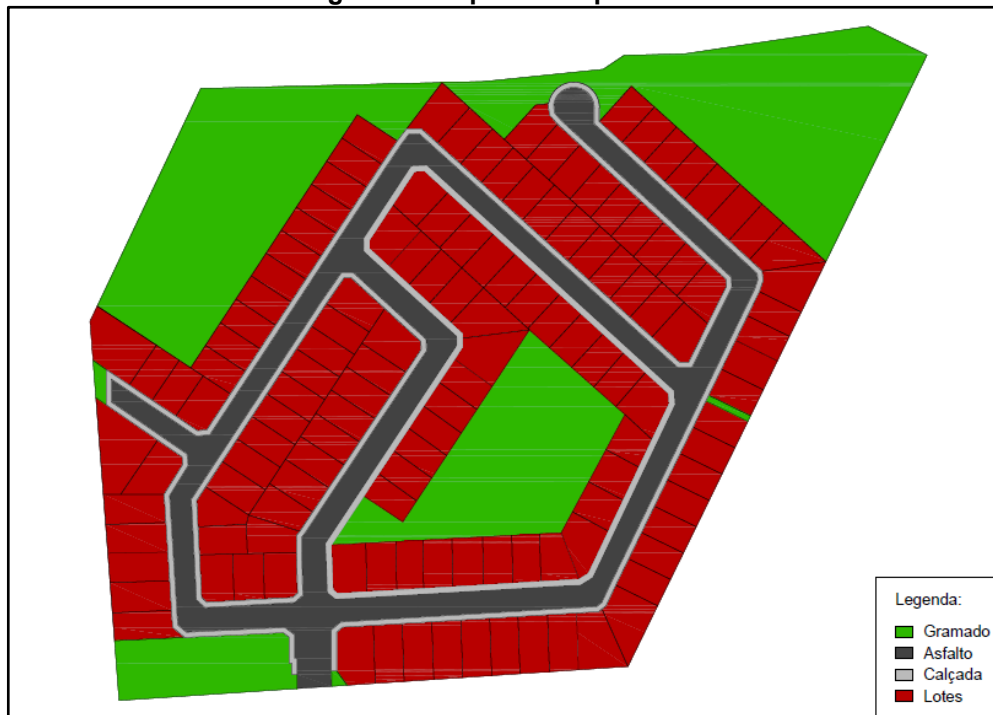
#### 4.1.2 Intensidade das chuvas

A partir da equação de chuvas intensas adotada para a cidade de Curitiba-PR (Equação 4) e dos parâmetros tempo de retorno e duração da precipitação definidos, tem-se o valor para a intensidade das chuvas de 137 mm/h.

#### 4.1.3 Coeficientes de escoamento superficial

Para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial foram definidos os tipos de superfícies na área de estudo, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Tipos de superfícies



Fonte: Autorial própria (2021)

Tabela 5 - Coeficiente de escoamento equivalente

Áreas do Condomínio	Área (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de escoamento (C)
Bosques / Gramados	12562,03	0,22
Calçadas	2522,65	0,85
Lotes Residenciais	20204,10	0,6
Ruas de asfalto	5739,80	0,95
<b>TOTAL</b>	<b>41028,58</b>	<b>0,55</b>

Fonte: Autorial própria (2021)

A partir da média ponderada entre os tipos de superfícies e suas respectivas áreas, apresentadas na Tabela 5, foi calculado o coeficiente de escoamento superficial equivalente de 0,55.

## 4.2 Projeto das redes

### 4.2.1 Capacidade hidráulica das sarjetas

Seguindo a divisão apresentada na Figura 20, foi calculada a capacidade hidráulica das sarjetas nos trechos, para cada hipótese de altura de lâmina d'água,



utilizando a Equação 6 e aplicando o fator de redução. A partir dos valores obtidos, foi calculado a capacidade hidráulica das ruas, multiplicando-os por dois (Tabela 6).

**Tabela 6 - Capacidade hidráulica das ruas**

Trecho	Caso A (m <sup>3</sup> /s)	Caso B (m <sup>3</sup> /s)
1	0,77	0,26
2	0,28	0,10
3	0,46	0,15
4	0,67	0,23
5	1,16	0,39
6	0,35	0,12
7	1,10	0,37
8	0,70	0,24
9	0,95	0,32
10	1,23	0,42
11	1,30	0,44
12	0,30	0,10
13	0,25	0,08

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Os cálculos de dimensionamento das capacidades estão detalhados no Apêndice A.

#### 4.2.2 Áreas de contribuição

Com o uso da Equação 5 foram calculadas as áreas de contribuição que as ruas da área se estudo podem suportar (Tabela 7).

**Tabela 7 - Áreas de contribuição suportadas**

Trecho	Caso A (m <sup>2</sup> )	Caso B (m <sup>2</sup> )
1	36879,10	12508,45
2	13456,71	4564,17
3	21876,70	7420,02
4	32112,59	10891,77
5	55681,99	18885,92
6	16856,71	5717,37
7	52505,92	17808,67
8	33450,66	11345,61
9	45550,05	15449,42
10	58769,58	19933,15
11	62288,68	21126,74
12	14237,99	4829,16
13	11836,30	4014,57

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Feita a análise da área, tem-se a Tabela 8 com as áreas de contribuição presentes no local.

**Tabela 8 - Áreas de contribuição do local**

Trecho	Área (m <sup>2</sup> )
1	1711,41
2	1582,08
3	1874,63
4	1919,16
5	6678,32
6	687,29
7	5910,36
8	1080,57
9	3726,34
10	2896,51
11	800,89
12	7797,39
13	4375,44

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Após calculadas as áreas de contribuição acumuladas, seguindo o sentido do escoamento e comparando com as áreas de contribuição que as ruas suportam, em cada caso, verificou-se que é necessário posicionar bocas de lobo nos trechos 11 e 13, no projeto com lâmina d'água de 10 cm (Caso B).

#### 4.2.3 Bocas de lobo

A partir das Equações 8 e 11, e da soma entre elas, tem-se na Tabela 9 a capacidade de engolimento de uma boca de lobo combinada, para os dois casos.

**Tabela 9 - Capacidade de engolimento**

Tipo	Caso A (m <sup>3</sup> /s)	Caso B (m <sup>3</sup> /s)
Guia	0,10	0,05
Grelha	0,14	0,08
Combinada	0,24	0,13
<b>Com fator de redução</b>	<b>0,16</b>	<b>0,09</b>

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Usando novamente a Equação 5, tem-se que a vazão no trecho 11 é de aproximadamente 0,19 m<sup>3</sup>/s, sendo exigidas três bocas de lobo. No trecho 13, a vazão que chega é de 0,38 m<sup>3</sup>/s, sendo necessário posicionar cinco bocas de lobo antes do início deste trecho.

No Caso A, as bocas de lobo serão utilizadas apenas para que a água possa chegar na rede pública.

#### 4.2.4 Galerias

O dimensionamento dos diâmetros de cada galeria (Tabelas 10 e 11) foram obtidos a partir da Equação 12 de acordo com o método proposto pelo Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005).

Tabela 10 - Dimensionamento das galerias para o Caso A

Galeria	PV		L (m)	Áreas		Cotas Terreno		Profund. Galeria		Cotas Galeria		S (m/m)	Q (m3/s)	Diâmetro		Fh	V (m/s)
	Montante	Jusante		Trecho (m²)	Acum. (m²)	Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)			Calc. (mm)	Adot. (mm)		
A	1	3	9,14	10079,55	10079,55	958,75	956,00	1,00	1,00	957,75	955,00	0,30	0,21	212,25	400,00	0,06	6,93
B	2	3	7,46	22362,55	22362,55	956,25	956,00	1,00	1,00	955,25	955,00	0,03	0,47	431,86	500,00	0,21	3,78
C	3	4	8,50	22362,55	32442,10	956,00	953,75	1,00	1,00	955,00	952,75	0,26	0,68	337,00	400,00	0,20	8,98
D	4	*	30,00	9222,69	41664,79	953,75	952,50	1,00	1,00	952,75	951,50	0,04	0,87	523,58	600,00	0,22	4,78

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 11 - Dimensionamento das galerias para o Caso B

Galeria	PV		L (m)	Áreas		Cotas Terreno		Profund. Galeria		Cotas Galeria		S (m/m)	Q (m3/s)	Diâmetro		Fh	V (m/s)
	Montante	Jusante		Trecho (m²)	Acum. (m²)	Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)			Calc. (mm)	Adot. (mm)		
A	1	2	108,09	17987,11	17987,11	960,00	956,25	1,00	1,00	959	955,25	0,03	0,38	395,45	400,00	0,30	3,52
B	3	4	27,83	8518,18	8518,18	965,63	958,75	1,00	1,00	964,625	957,75	0,25	0,18	206,79	400,00	0,05	6,15
C	4	5	9,14	937,58	9455,76	958,75	956,00	1,00	1,00	957,75	955	0,30	0,20	207,23	400,00	0,05	6,93
D	6	7	22,23	7797,39	7797,39	958,75	953,75	1,00	1,00	957,75	952,75	0,22	0,16	203,59	400,00	0,05	5,87
E	2	5	7,46	4375,44	22362,55	956,25	956,00	1,00	1,00	955,25	955	0,03	0,47	431,86	500,00	0,21	3,80
F	5	7	8,50	22362,55	31818,31	956,00	953,75	1,00	1,00	955	952,75	0,26	0,66	334,56	400,00	0,19	8,98
G	7	*	30,00	1425,29	41040,99	953,75	952,50	1,00	1,00	952,75	951,5	0,04	0,86	520,63	600,00	0,21	4,78

Fonte: Autoria própria (2021)

### 4.3 Orçamento simplificado

Os orçamentos simplificados de cada projeto são apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 - Orçamento para o Caso A

SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL
<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>				
<i>ESCAVACAO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
Profundidade 0 m < h <= 2 m	m <sup>3</sup>	R\$ 12,02	102,44	R\$ 1.231,33
Profundidade 0 m < h <= 4 m	m <sup>3</sup>	R\$ 12,97	0	R\$ 0,00
Profundidade 0 m < h <= 6 m	m <sup>3</sup>	R\$ 13,71	0	R\$ 0,00
<i>ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS</i>				
Mecânico	m <sup>3</sup>	R\$ 1,59	102,44	R\$ R\$ 162,88
<i>COMPACTAÇÃO EM VALAS</i>				
Mecânico	m <sup>3</sup>	R\$ 4,87	102,44	R\$ 498,88
<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
Qualquer tipo de solo exceto rocha	m <sup>3</sup>	R\$ 2,28	133,45	R\$ 304,27
<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m <sup>3</sup> x 10km	R\$ 10,50	102,44	R\$ 1.075,62
<b>CUSTO DA ETAPA</b>				<b>R\$ 3.272,98</b>
<b>DRENAGEM</b>				

<b>SERVIÇO</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>CUSTO UNITÁRIO</b>	<b>QUANTITATIVO</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>	
<i>GALERIAS</i>					
Galeria em tubo de concreto simples DN 400	m	R\$ 60,73	31,26	R\$	1.898,42
Galeria em tubo de concreto simples DN 500	m	R\$ 73,18	7,46	R\$	545,92
Galeria em tubo de concreto simples DN 600	m	R\$ 90,03	30	R\$	2.700,90
<i>POÇO DE VISITA TIPO A - DN 800</i>					
Com profundidade até 1,00 m	ud	R\$ 848,02	4	R\$	3.392,08
Acréscimo para profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 326,60	4	R\$	1.306,40
<i>CAIXA DE CAPTAÇÃO (BOCAS DE LOBO)</i>					
Caixa de captação p/prof. até 1,00 m	ud	R\$ 422,00	7	R\$	2.954,00
<b>CUSTO DA ETAPA</b>				<b>R\$</b>	<b>12.797,72</b>
<b>TOTAL</b>				<b>R\$</b>	<b>16.070,70</b>

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 13 - Orçamento para o Caso B

SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL
<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>				
<i>ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
Profundidade 0 m < h <= 2 m	m <sup>3</sup>	R\$ 12,02	348,3	R\$ 4.186,57
Profundidade 0 m < h <= 4 m	m <sup>3</sup>	R\$ 12,97	0	R\$ 0,00
Profundidade 0 m < h <= 6 m	m <sup>3</sup>	R\$ 13,71	0	R\$ 0,00
<i>ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS</i>				
Mecânico	m <sup>3</sup>	R\$ 1,59	348,3	R\$ R\$ 553,80
<i>COMPACTAÇÃO EM VALAS</i>				
Mecânico	m <sup>3</sup>	R\$ 4,87	348,3	R\$ 1.696,22
<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
Qualquer tipo de solo exceto rocha	m <sup>3</sup>	R\$ 2,28	348,3	R\$ 794,12
<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m <sup>3</sup> x 10km	R\$ 10,50	348,3	R\$ 3.657,15
<b>CUSTO DA ETAPA</b>				<b>R\$ 10.887,86</b>
<b>DRENAGEM</b>				
<i>GALERIAS</i>				
Galeria em tubo de concreto simples DN 400	m	R\$ 60,73	222,38	R\$ 13.505,14
Galeria em tubo de concreto simples DN 500	m	R\$ 73,18	7,46	R\$ 545,92
Galeria em tubo de concreto simples DN 600	m	R\$ 90,03	30	R\$ 2.700,90

<b>SERVIÇO</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>CUSTO UNITÁRIO</b>	<b>QUANTITATIVO</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>
<i>POÇO DE VISITA TIPO A - DN 800</i>				
Com profundidade até 1,00 m	ud	R\$ 848,02	7	R\$ 5.936,14
Acréscimo para profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 326,60	7	R\$ 2.286,20
<i>CAIXA DE CAPTAÇÃO (BOCAS DE LOBO)</i>				
Caixa de captação p/prof. até 1,00 m	ud	R\$ 422,00	13	R\$ 5.486,00
<b>CUSTO DA ETAPA</b>				<b>R\$ 30.460,30</b>
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 41.348,16</b>

Fonte: Autoria própria (2021)



#### 4.4 Comparação entre os projetos

Após quantificar os elementos necessários para implantação dos dois projetos, foi feito um orçamento simplificado apresentado no Apêndice A.

Na Tabela 14 é mostrada a quantidade de cada elemento e, na Tabela 15 tem-se um resumo do orçamento simplificado.

<b>Elemento</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>	<b>Unidade</b>
Bocas de Lobo	7	13	un.
Tubos de Ligação	13,61	46,59	m
Galerias 400mm	17,65	175,79	m
Galerias 500mm	7,46	7,46	m
Galerias 600mm	30,00	30,00	m
Poços de Visita	4	7	un.

**Fonte: Autoria própria (2021)**

<b>Caso</b>	<b>Orçamento</b>
A	R\$ 16.070,70
B	R\$ 41.348,16

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Observa-se que para a quantidade de bocas de lobo tem-se uma diferença de quase o dobro entre os dois projetos, este fato também é observado em relação à quantidade de poços de visita.

Para as galerias de 500 e 600 mm de diâmetro, não há diferença, pois elas estão localizadas no final da rede, onde a água é transportada para a rede da cidade.

Já para as galerias de 400 mm a quantidade de metros utilizados no Caso B é quase 10 vezes maior que o Caso A. Já os tubos de ligação, a metragem é aproximadamente 3,5 vezes maior entre os projetos.

A diferença entre a quantidade de elementos de projeto em cada caso ocasionou em uma diferença de quase 157% entre os valores.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi comparar dois projetos de drenagem urbana, utilizando duas alturas de lâmina d'água para as sarjetas. Com base na literatura existente, era esperado que para a altura de água de 15 cm (Caso A), fossem utilizados menos elementos de projeto, pois a teoria indica que para esta altura, a água ultrapassa o limite da sarjeta e invade a rua, fazendo com a rua exerça o papel de canal, transportando a água. Esta hipótese foi confirmada.

Notou-se que a diferença entre os dois projetos é significativa, principalmente no que se refere à tubulação, sendo utilizados 259,54 metros no Caso B e apenas 68,72 metros no Caso A.

Um fator que influencia no quantitativo é a escolha do tipo de boca de lobo. Escolhendo apenas boca de lobo de guia ou a de grelha, sem estarem combinadas, aumentaria o número de bocas de lobo e conseqüentemente de tubulação.

Considerando o fato de que o Caso A é 157% menos custoso que o Caso B, pode-se concluir que utilizar o parâmetro de 15 cm é mais vantajoso para o local de estudo. Porém é necessário levar em consideração a circulação de pessoas no local. A área estudada é de residências, tendo um baixo volume de pessoas circulando, logo a opção de se alagar a rua não causará muito transtorno.

Em um local com um alto volume de circulação, como centros comerciais, o Caso A talvez não seja a melhor escolha. Com a possibilidade de alagar a rua, mesmo que com pouca frequência, a probabilidade de acontecer acidentes é maior.

Outro fator a ser considerado é o tipo de pavimento da rua, caso seja utilizado a altura d'água de 15 cm, pois para esta opção a velocidade de escoamento em ruas com grandes declividades pode ocasionar em erosão do pavimento.

Por isso é necessário analisar a funcionalidade do local, o volume de circulação e o pavimento disponível, para determinar a melhor opção.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Fernando G. **Análise da influência da distribuição temporal das chuvas intensas e de cenários de uso e ocupação do solo na quantificação dos prejuízos econômicos diretos provocados pelas inundações urbanas**. 2013. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

ASSMANN, Aline P.; LASTA, Caroline D. **A influência da drenagem urbana nas enchentes rurais: estudo de caso no município de São Jorge D'Oeste – PR**. 2015, 74f. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015.

BAPTISTA, Márcio B.; NASCIMENTO, Nilo O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Belo Horizonte v.7, n.1, p. 29-49, 2002.

BRASIL, Secretaria Nacional de Saneamento; TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**, Brasília, 2005.

BOTELHO, Manoel H. C. **Águas de chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

CAMPOS, Elaine F. de. **Avaliação da distribuição da chuva nas vazões máximas urbanas usando dados de radar e pluviógrafo**. 2009. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

CANHOLI, Aluísio P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

COLOMBO, Jairo C. **Diagnóstico e diretrizes para plano diretor de drenagem urbana. Ribeirão Quilombo – Americana-SP**. 2002. 208f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

FESTI, Aparecido V. Coletânea das equações de chuva do Brasil. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, São Paulo. 2007. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=267>. Acesso em: 7 ago. 2021

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População em áreas de risco no Brasil**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101589.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Manual de Drenagem Urbana**. 2002. Disponível em: [http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/mdu\\_versao01.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf). Acesso em: 27 jul. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. v. 5. 2005. Disponível em: [http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/manual\\_de\\_drenagem\\_ultima\\_versao.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf). Acesso em: 30 jun. 2021

LANUTI, Yohan V. R. **Avaliação da rede de drenagem urbana na área central do município de Luiziana – PR**. 2018. 37f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

PASSETI, Helena G. **Gestão de Águas Pluviais: análise e proposta alternativa de drenagem para o campus UTFPR – Apucarana**. 2019. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2019.

POMPÊO, Cesar A. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan/mar, 2002. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=46&SUMARIO=656>. Acesso em: 17 jul. 2021.

RIBAS, Mariana C. **Análise de um Segmento do Sistema de Drenagem Urbana da Cidade de Cornélio Procópio-PR**. 2016. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná - UTFPR. Pato Branco, 2016.

RIGHETTO, Antonio M.; MOREIRA, Lúcio F. F.; SALES, Thaise E. A. de. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. In: RIGHETTO, Antonio M. (coordenador). **PROSAB 5 (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – Edital 5): Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, v.4, p. 19-73, 2009.

SANEPAR. **Tabela de preços unitários compostos – fevereiro/2021**. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes->

tecnicas/tabelas-de-precos/fevereiro\_2021\_sembdi\_contratoscommos\_4a\_edicao\_00.pdf. Acesso em: 18/08/2021

SOUZA, Ricardo C. C. de. **Análise da utilização de reservatórios de contenção de cheias em edificações e o seu impacto no sistema de drenagem urbana.** 2013. 116f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SOUZA, Tatiane F. **Drenagem Urbana sob Cenários de longo prazo visando incentivos ambientais.** 2008. 246f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas. Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 30 jun. 2021.

TUCCI, Carlos E. M. **Água no meio urbano.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 40 p., 1997. Disponível em: <https://docplayer.com.br/29294-Agua-no-meio-urbano-dr-carlos-e-m-tucci-professor-titular-instituto-de-pesquisas-hidraulicas-universidade-federal-do-rio-grande-do-sul.html>. Acesso em: 30 jun. 2021.

TUCCI, Carlos E. M. Aspectos Institucionais no Controle de Inundações. **I Seminário de Recursos Hídricos do Centro-Oeste.** Brasília. 1999. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/aspectos-institucionais-do-controle-das-inundacoes-urbanas.pdf> . Acesso em 17 jun. 2021.

TUCCI, Carlos E. M.; Bertoni, Juan C. (Ogrs). **Inundações urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: ABRH, 2003.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan/mar, 2002. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/GEREN02.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2021.

TUCCI, Carlos. E. M. **Inundações Urbanas.** 1 ed. Porto Alegre: ABRH, 2007.

TUCCI, Carlos E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.2, nº.2, jul./dez.1997.

Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/plano-diretor-drenagem-urbana.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.

TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L. da. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, RUBEM L. L. **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 1995.

## **APÊNDICE A – Memorial de Cálculo**

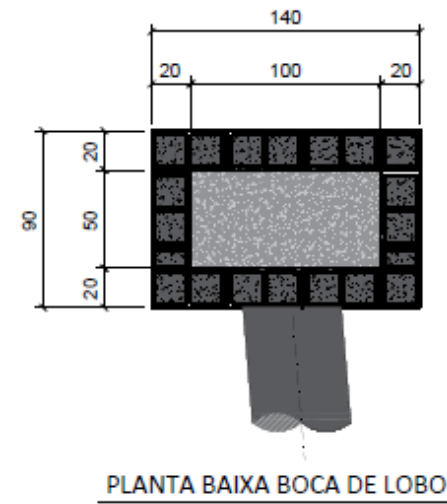
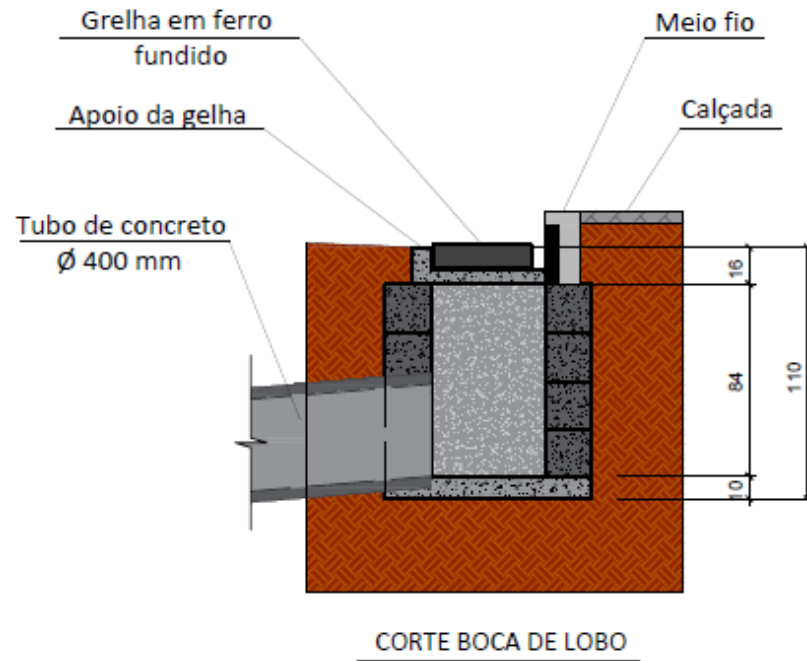
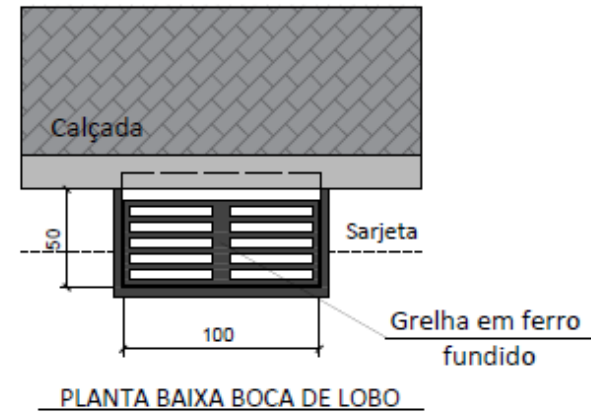
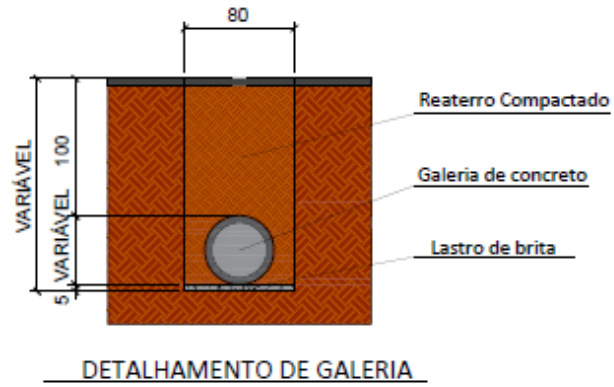
Tabela A-1 - Capacidade Hidráulica das Sarjetas

	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5	Trecho 6	Trecho 7	Trecho 8	Trecho 9	Trecho 10	Trecho 11	Trecho 12	Trecho 13
Largura da rua (m):	6,250	7,740	6,740	6,410	6,410	7,970	7,430	7,520	7,500	6,670	7,000	6,440	6,260
Declividade longitudinal (m/m):	0,105	0,009	0,032	0,076	0,227	0,013	0,149	0,059	0,110	0,233	0,237	0,015	0,011
Lâmina caso A (m):	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Lâmina caso B (m):	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Declividade transversal (i):	4,8%	3,9%	4,5%	4,7%	4,7%	3,8%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	4,3%	4,7%	4,8%
Largura da água no caso A (m):	3,125	3,870	3,370	3,205	3,205	3,985	3,715	3,760	3,750	3,335	3,500	3,220	3,130
Largura da água no caso B (m):	2,083	2,580	2,247	2,137	2,137	2,657	2,477	2,507	2,500	2,223	2,333	2,147	2,087
Área molhada caso A (m <sup>2</sup> ):	0,234	0,290	0,253	0,240	0,240	0,299	0,279	0,282	0,281	0,250	0,263	0,242	0,235
Área molhada caso B (m <sup>2</sup> ):	0,104	0,129	0,112	0,107	0,107	0,133	0,124	0,125	0,125	0,111	0,117	0,107	0,104
Perímetro caso A (m):	3,275	4,020	3,520	3,355	3,355	4,135	3,865	3,910	3,900	3,485	3,650	3,370	3,280
Perímetro caso B (m):	2,183	2,680	2,347	2,237	2,237	2,757	2,577	2,607	2,600	2,323	2,433	2,247	2,187
Coefficiente de rugosidade:	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
Raio hidráulico caso A (m):	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
Raio hidráulico caso B (m):	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
Capacidade hidráulica da sarjeta caso A (m <sup>3</sup> /s):	0,770	0,281	0,457	0,670	1,162	0,352	1,096	0,698	0,951	1,227	1,300	0,297	0,247
Capacidade hidráulica Caso A com o fator (m <sup>3</sup> /s):	0,385	0,140	0,228	0,335	0,581	0,176	0,548	0,349	0,475	0,613	0,650	0,149	0,124
Capacidade hidráulica da sarjeta caso B (m <sup>3</sup> /s):	0,261	0,095	0,155	0,227	0,394	0,119	0,372	0,237	0,322	0,416	0,441	0,101	0,084
Capacidade hidráulica Caso B com o fator (m <sup>3</sup> /s):	0,131	0,048	0,077	0,114	0,197	0,060	0,186	0,118	0,161	0,208	0,220	0,050	0,042
Capacidade hidráulica da rua caso A (m <sup>3</sup> /s):	0,770	0,281	0,457	0,670	1,162	0,352	1,096	0,698	0,951	1,227	1,300	0,297	0,247
Capacidade hidráulica da rua caso B (m <sup>3</sup> /s):	0,261	0,095	0,155	0,227	0,394	0,119	0,372	0,237	0,322	0,416	0,441	0,101	0,084



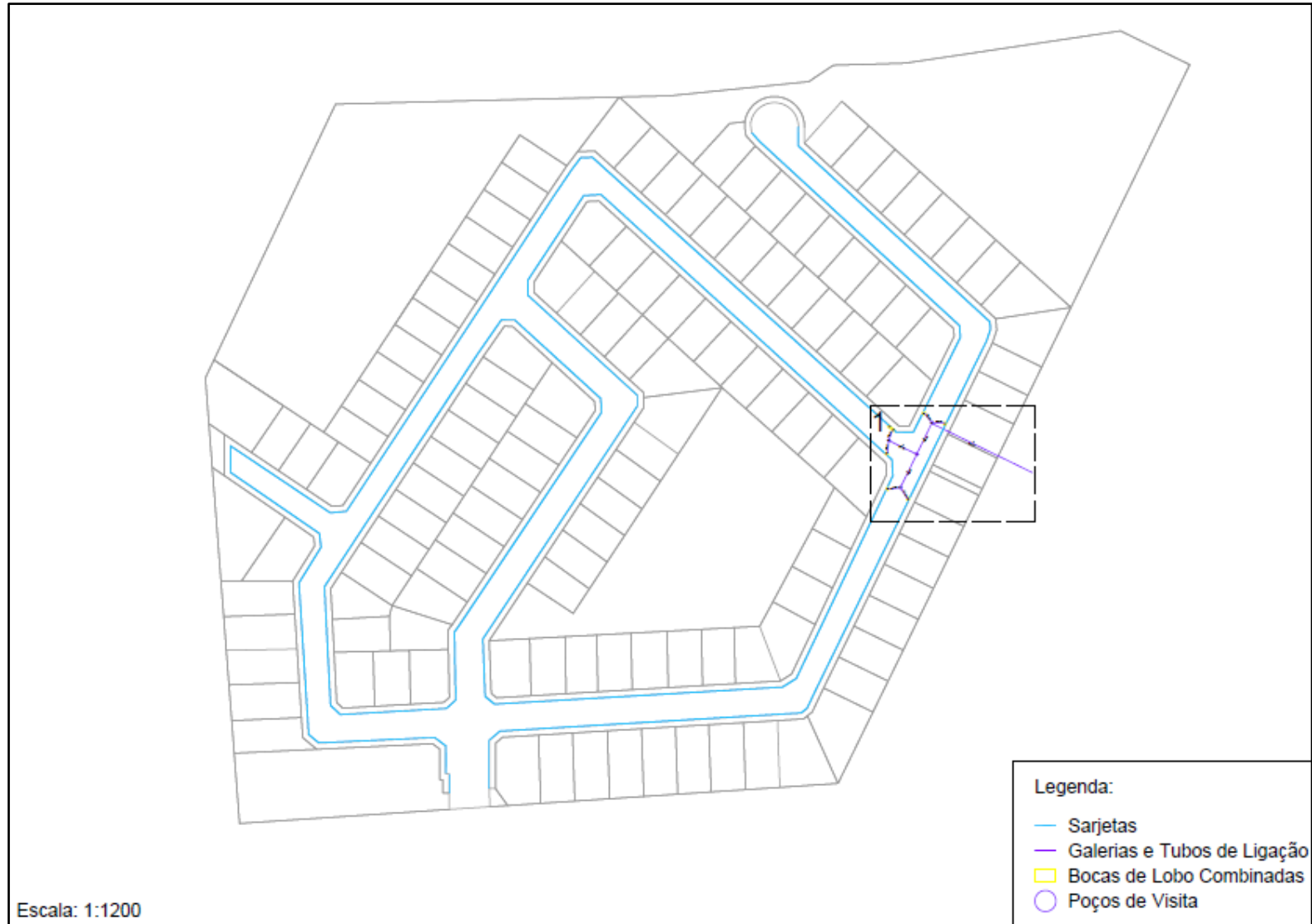
## **APÊNDICE B – Detalhamentos**

## Detalhamentos

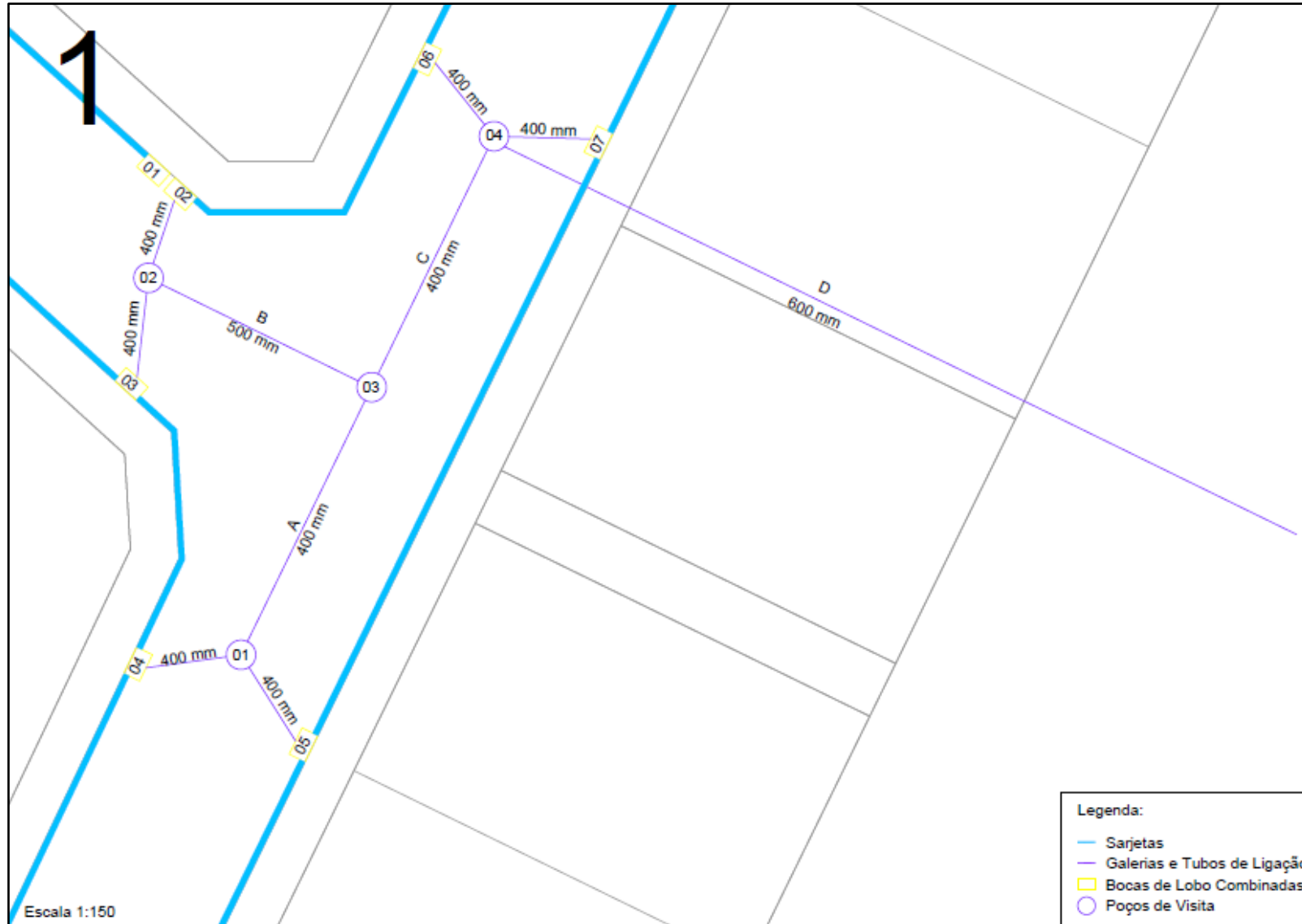


**APÊNDICE C – Projeto de Drenagem Caso A**

## Projeto de Drenagem Geral – Caso A

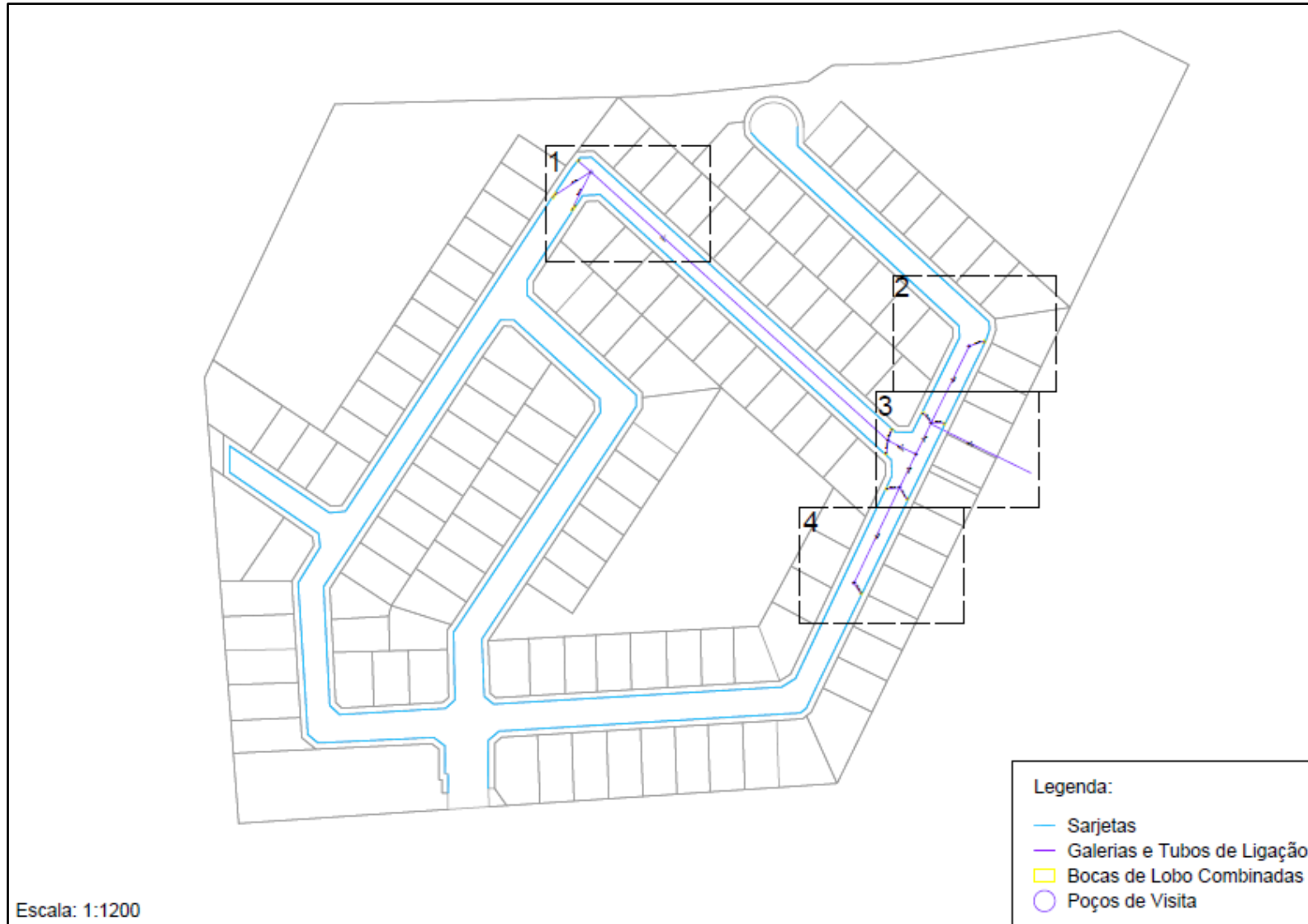


Projeto de Drenagem Caso A – Prancha 1

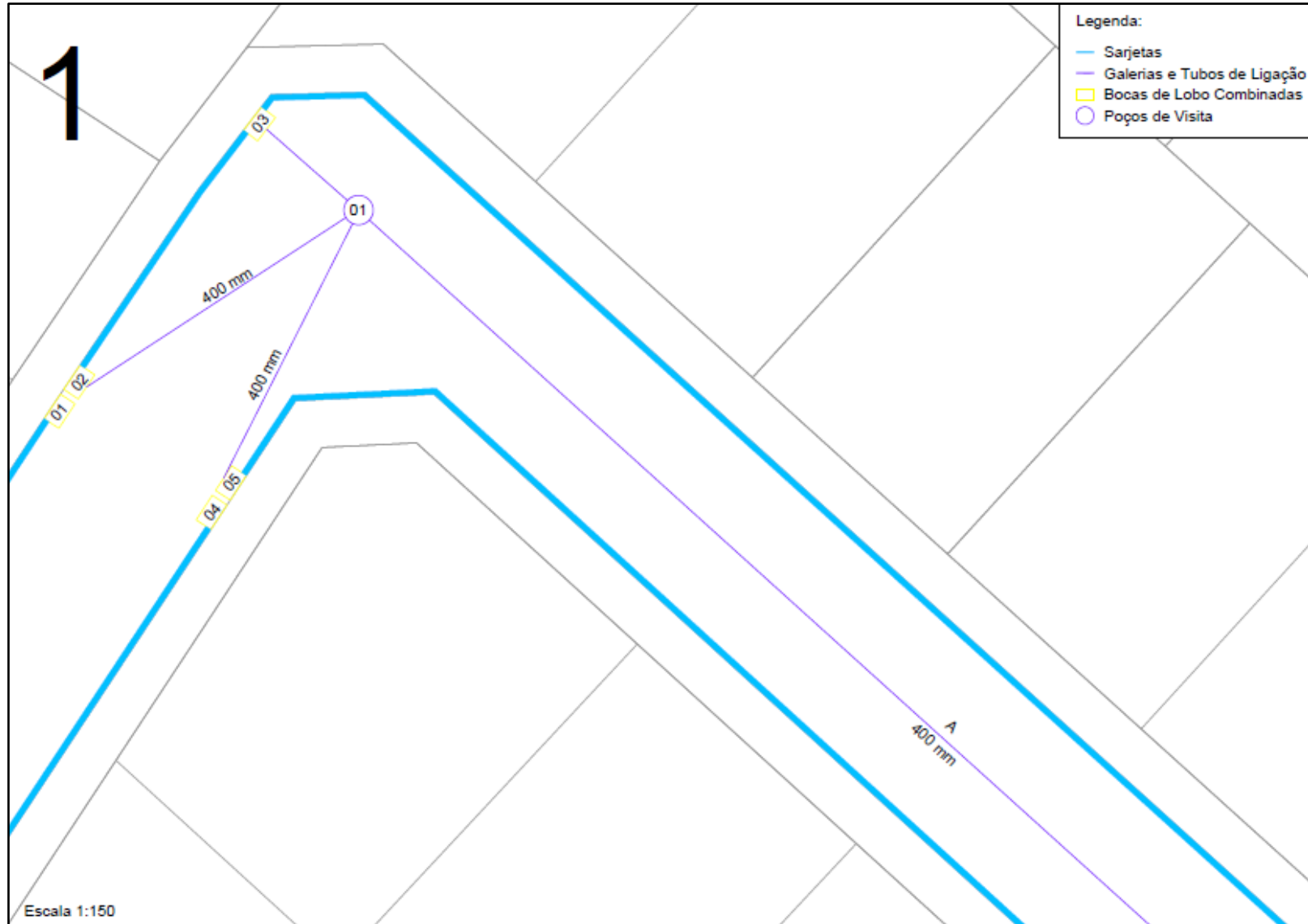


**APÊNDICE D – Projeto de Drenagem Caso B**

Projeto de Drenagem Geral – Caso B

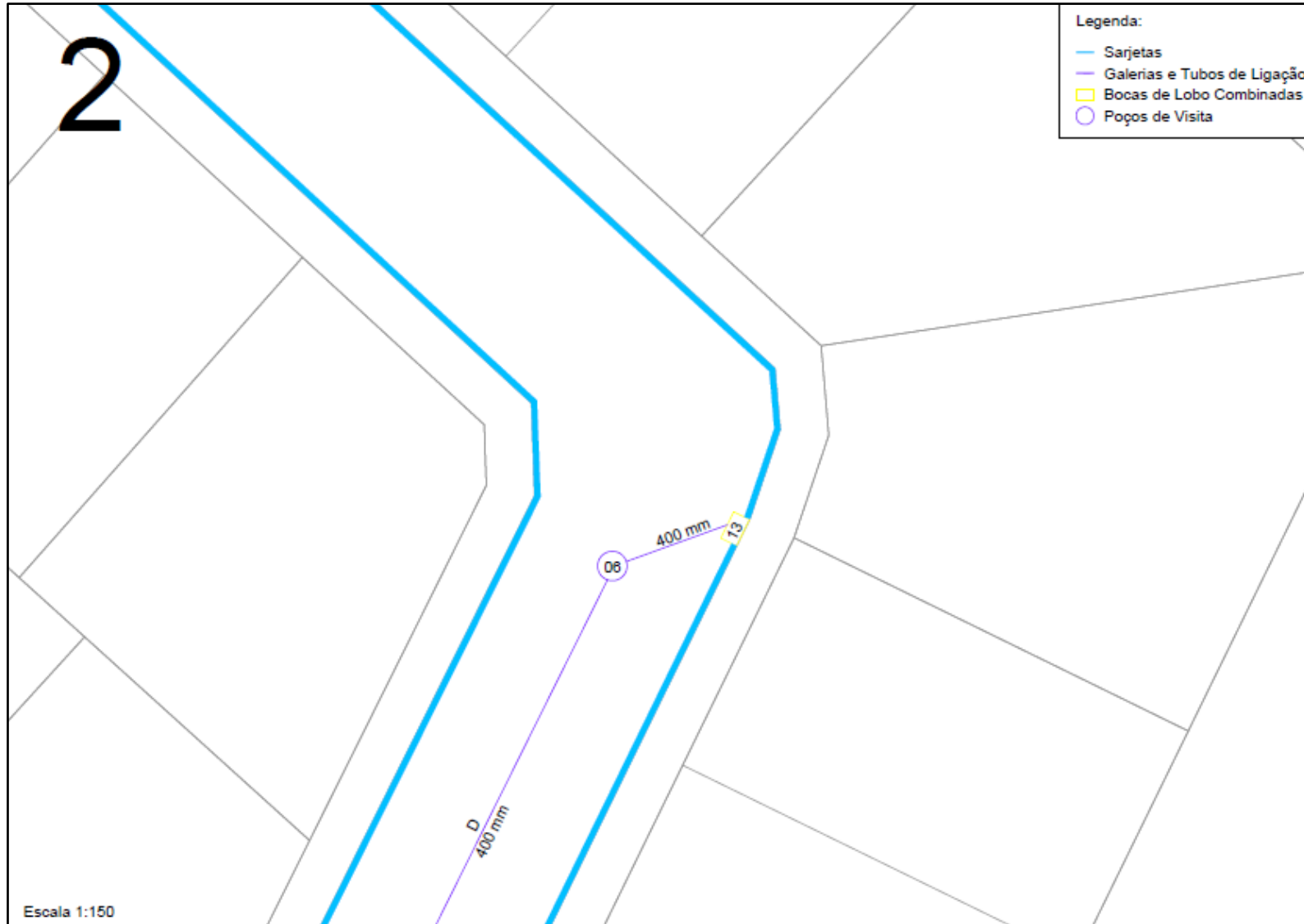


Projeto de Drenagem Caso B – Prancha 1

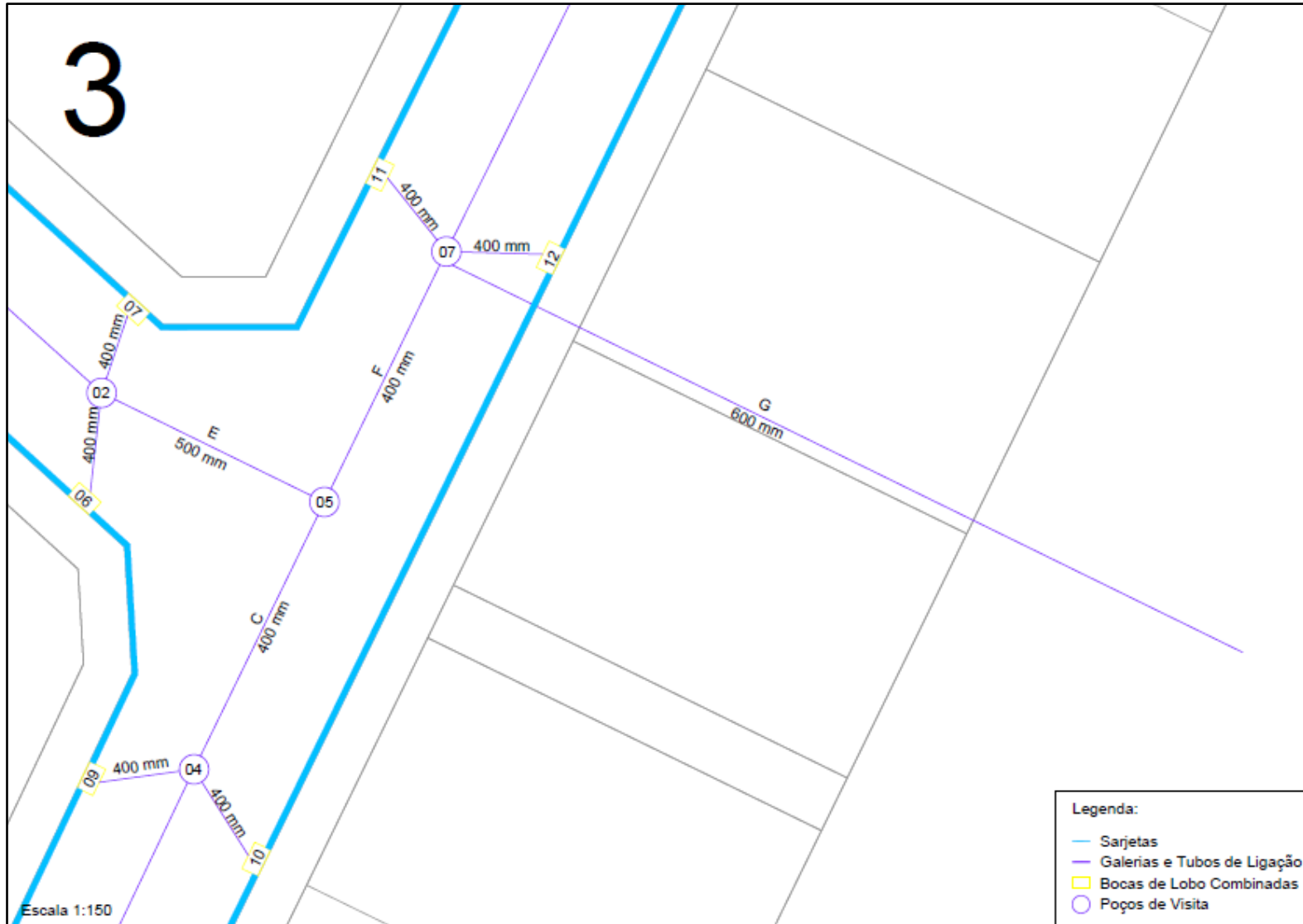




Projeto de Drenagem Caso B – Prancha 2



Projeto de Drenagem Caso B – Prancha 3



Projeto de Drenagem Caso B – Prancha 4

