

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**BÁRBARA REGINA DELCONTE FERREIRA PAVEZZI**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM EM FINAL DE REDE PLUVIAL EM  
CAMPO MOURÃO - PR**

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

**BÁRBARA REGINA DELCONTE FERREIRA PAVEZZI**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM EM FINAL DE REDE PLUVIAL EM  
CAMPO MOURÃO - PR**

**Evaluation of drainage system at outlet's end in Campo Mourão - PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação,  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Cristina de Souza.

**CAMPO MOURÃO**

**2022**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**BÁRBARA REGINA DELCONTE FERREIRA PAVEZZI**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM EM FINAL DE REDE PLUVIAL EM  
CAMPO MOURÃO - PR**

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

Data de aprovação: 14 de junho de 2022

---

Paula Cristina de Souza  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Ewerton Clayton Alves da Fonseca  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Vera Lúcia Barradas Moreira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a meus guias espirituais por não me abandonarem nunca, nem quando até eu havia desistido de mim mesma, e me darem forças dia após dia durante este momento em que estou me reerguendo.

A todos os professores de minha graduação, muito obrigada pelos ensinamentos e oportunidades, em especial à minha orientadora Paula Cristina de Souza pelo auxílio, carinho, paciência, ensinamentos e orientação para que pudéssemos realizar este trabalho, além de sempre ser uma professora com ótima didática e grande afeto por cada um de seus alunos.

À UTFPR, por toda infraestrutura e condições fornecidas para que eu pudesse completar minha graduação da melhor forma possível.

À Bateria Infernal, agradeço por cada momento, cada ensinamento, cada evolução. Começou como um hobby e se tornou uma paixão, uma chama que me ajudou a iluminar o caminho durante tempos complicados, me auxiliou muito mais do que qualquer um possa imaginar.

A todos que conheci durante o período de graduação e pude chamar de amigos, muito obrigada por toda troca, companheirismo e carinho. Tive a sorte de encontrar pessoas incríveis.

A mim mesma, por encontrar forças para continuar e poder concluir este trabalho, mesmo com tantos percalços neste longo caminho.

À minha família, obrigada por todo suporte, paciência, persistência, compreensão e ensinamento. Este trabalho e essa graduação são de vocês.

## RESUMO

O crescimento acentuado dos centros urbanos provoca, entre outras implicações, alterações na ocupação e uso do solo, aumentando significativamente as áreas impermeabilizadas e suprimindo a vegetação natural, inibindo a infiltração da água, reduzindo a recarga do lençol freático, gerando aceleração e aumento volumétrico do escoamento superficial. Deste modo, a água atinge os pontos receptores com elevada velocidade, vazão e energia, em um curto período de tempo, ocorrendo a sobrecarga dos pontos receptores, quando da ocorrência de precipitação intensa. O correto dimensionamento do sistema de drenagem tradicional é de extrema importância para reduzir os possíveis impactos, sobretudo quando associado a medidas de controle estrutural compatíveis com a bacia hidrográfica associada. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho hidráulico do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica no município de Campo Mourão, Paraná. Para tanto, realizou-se o levantamento dos dados necessários, utilizando o método racional combinado ao método descrito por Menezes Filho e Costa (2012) para a verificação do dimensionamento das tubulações e propriedades de escoamento. Averiguou-se também a viabilidade de aplicação de Sistema de Drenagem Urbana Sustentável. Foi identificado diferenças nos diâmetros avaliados e necessidade de obras complementares devido às características de escoamento. Quanto à aplicação de dispositivo sustentável, verificou-se que a área disponível no local para a implantação seria insuficiente.

**Palavras-chave:** água pluvial; impacto urbano; dimensionamento.

## ABSTRACT

The accentuated growth of urban centers causes, among other implications, changes in land use and occupation, significantly increasing impermeable areas and suppressing natural vegetation, inhibiting water infiltration, reducing water table recharge, generating acceleration and volumetric increase of the surface runoff. Thereby the water reaches the receiving points with high velocity, flow and energy in a short period of time, causing an overload of the receiving points when intense precipitation occurs. The correct traditional drainage system's design is extremely important to reduce the possible impacts, especially when associated with structural control measures compatible with the associated watershed. Thus, this work aims to evaluate the hydraulic performance of a watershed's drainage system in the city of Campo Mourão, Paraná. To do so, the necessary data were obtained using the rational method combined with the method described by Menezes Filho and Costa (2012) to verify the pipes' dimensioning and flow attributes. The viability of applying a Sustainable Urban Drainage System was also investigated. Differences were identified in the evaluated diameters and also the need for complementary structures due to the flow features. As for the application of a sustainable device, it was found that the area available for implementation would be insufficient.

**Palavras-chave:** stormwater; urban impact; design.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Alteração no hidrograma devido à urbanização.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2 - Impacto da urbanização no ciclo hídrico da bacia hidrográfica .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3 - Localização do município de Campo Mourão - PR .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4 - Imagem de satélite de área urbanizada de Campo Mourão - PR.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 5 - Características geométricas de conduto circular .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 6 - Trincheira de infiltração.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 7 - Identificação da localização do emissário pluvial em estudo .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 8 - Identificação da localização aproximada dos poços de visita .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 9 - Identificação aproximada da área total da bacia de contribuição .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 10 - Delimitação aproximada da divisão das áreas de contribuição.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 11 - Determinação aproximada da trincheira de infiltração .....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores do coeficiente de Runoff conforme forma de urbanização ..	17
Tabela 2 - Extensão e área de contribuição da rede de drenagem .....	38
Tabela 3 - Duração e intensidade de precipitação, vazões de pico e diâmetro .	38
Tabela 4 - Cotas e declividades trecho a trecho.....	39
Tabela 5 - Características geométricas, velocidade de escoamento e tempo de percurso .....	39
Tabela 6 - Comparação dos diâmetros das redes de drenagem.....	40
Tabela 7 - Dimensionamento da trincheira de infiltração .....	42
Tabela 8 - Dimensionamento da trincheira de infiltração .....	42



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Drenagem urbana .....</b>	<b>13</b>
4.1.1	Microdrenagem.....	13
4.1.2	Macro drenagem .....	14
<b>4.2</b>	<b>Impactos da urbanização na drenagem urbana.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3</b>	<b>Coeficiente de Runoff .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4</b>	<b>Medidas de controle no sistema de drenagem urbana .....</b>	<b>17</b>
<b>4.5</b>	<b>Sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS).....</b>	<b>19</b>
4.5.1	Pavimento permeável e semipermeável.....	19
4.5.2	Faixa gramada.....	20
4.5.3	Trincheira de infiltração .....	20
4.5.4	Poço de infiltração .....	21
4.5.5	Vala de infiltração.....	22
4.5.6	Reservatórios de detenção e retenção.....	22
4.5.7	Jardim de chuva .....	22
4.5.8	Telhado verde.....	23
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1</b>	<b>Localização .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2</b>	<b>Levantamento teórico .....</b>	<b>25</b>
<b>5.3</b>	<b>Identificação dos dados da rede de drenagem.....</b>	<b>25</b>
<b>5.4</b>	<b>Caracterização da bacia hidrográfica .....</b>	<b>26</b>
5.4.1	Coeficiente de Runoff .....	26
5.4.2	Intensidade de precipitação.....	26
5.4.3	Área de contribuição.....	27
5.4.4	Vazões de pico – Método racional.....	27
5.4.5	Declividade do terreno.....	27
5.4.6	Dados da galeria .....	28
5.4.7	Método de Saatçi.....	28

5.5	Verificação de viabilidade de sistema sustentável.....	30
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
6.1	Identificação e determinação dos dados da bacia .....	34
6.2	Resultados de caracterização da bacia .....	37
6.3	Análise de viabilidade de implantação de sistema sustentável .....	40
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
	<b>ANEXO A - Relatório do <i>software</i> livre Pluvio 2.1 para Campo Mourão - PR .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população brasileira aumentou aproximadamente 37% nos últimos 50 anos, conforme o censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010, e cerca de 84% desta vive em áreas urbanas. Porém, a falta de aplicação de um planejamento urbano adequado resulta em significativos impactos em vários âmbitos, como ambientais, sociais, econômicos, entre outros.

O sistema de drenagem é um componente imprescindível da infraestrutura urbana, sendo definido como conjunto de obras existente em uma cidade para realizar a captação, o transporte e o lançamento final das águas superficiais.

As técnicas convencionais de drenagem seguem o conceito higienista, o qual consiste em levar as águas pluviais rapidamente para fora das cidades, sem cuidado com a qualidade destas águas, e na canalização de rios e córregos, evitando a ocorrência de inundações e enchentes na urbe. Porém, segundo Almeida (2020), as inundações são somente transferidas para pontos a jusante, agravando as cheias já existentes ou comprometendo localidades que não apresentavam o problema. Além disto, com o aumento da impermeabilização advindo da urbanização, ocorre aumento das vazões e sobrecarga dos canais e pontos receptores.

Com estas falhas no sistema de drenagem, vem sendo aplicadas medidas estruturais e não estruturais para solucioná-las. As medidas não estruturais envolvem legislações e planos diretores para a correta administração do crescimento urbano, enquanto as medidas estruturais de controle abrangem a implementação de estruturas adicionais para reduzir os impactos, as quais estão sendo gradativamente incorporadas às estruturas clássicas.

Dentre estas medidas estruturais, estão os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável, que se baseiam, entre muitas soluções, no retardamento do escoamento, retenção em reservatórios e aumento de infiltração da água com melhores condições de qualidade, e se mostram como ótimas alternativas a serem implementadas, quando suas diretrizes são seguidas corretamente e são aliados a um correto dimensionamento das galerias pluviais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o desempenho hidráulico ao final de um sistema de drenagem urbano localizado em uma bacia hidrográfica do município de Campo Mourão-PR.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Levantamento das características da bacia hidrográfica em estudo;
- Analisar o final da rede de drenagem da área delimitada;
- Verificar viabilidade de implantação de sistema de drenagem sustentável no local.

### 3 JUSTIFICATIVA

O sistema de drenagem tradicional pode provocar impactos negativos, especialmente se não estiver corretamente dimensionado ou sem alguma medida de controle adotada em conjunto, já que transfere o fenômeno de inundação para áreas a jusante e sobrecarga dos pontos receptores.

Obras de ampliações e adequações destes sistemas seriam necessárias, porém, devido a fatores econômicos, sociais e ambientais que devem ser levados em consideração, elas tornam-se, muitas vezes, inviáveis.

Assim, surgiram os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável, cuja implantação é mais acessível e se faz importante para diminuir as sobrecargas dos sistemas de drenagem já existentes e reduzir as alterações no ciclo hidrológico das áreas urbanizadas.

Com a ampliação e adaptação da malha viária urbana da cidade de Campo Mourão, é pertinente avaliar os resultados dessa intervenção nos pontos de lançamento de águas e corpos hídricos, evitando assim inundações, erosões e assoreamento.

Portanto, avaliou-se e identificou-se a bacia, delimitando o final de sua rede de drenagem, a fim de analisar seu dimensionamento e verificar se as alterações impostas na malha urbana estão de acordo com as características pluviométricas locais.

No contexto de medidas de controle a serem aplicadas em conjunto para otimização do sistema, foi levantada a viabilidade de implantação de um dispositivo sustentável alternativo para a área de estudo.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A pesquisa abordou diversos temas pertinentes para compreensão dos temas envolvidos, desde o levantamento de sistemas de drenagem e os impactos ambientais causados pela urbanização, a algumas possíveis medidas de controle a serem aplicadas.

### 4.1 Drenagem urbana

Segundo Oliveira (2018), é o conjunto de elementos interligados em um sistema, cujo objetivo é escoar as águas pluviais de uma região a um destino final, de forma que evite prejuízos e seja segura. O sistema de drenagem urbana convencional se subdivide em microdrenagem e macrodrenagem.

Porém, o sistema convencional segue o conceito higienista, ou seja, tem como base a coleta e o transporte imediato das águas pluviais, para redução local do impacto das cheias (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019). Ou seja, além de alterar o ambiente natural dos cursos de água, este impacto não é evitado, mas transferido para pontos à jusante, o que aumenta a propensão a prejuízos nos fundos dos vales, como inundações e contaminação dos corpos d'água receptores (ALMEIDA, 2020).

#### 4.1.1 Microdrenagem

Estruturas responsáveis por coletar e conduzir as águas pluviais para as galerias ou canais urbanos, sendo que estas medidas de controle operam sobre um ou mais loteamentos. É composta pelas galerias de água pluviais, poços de visita, sarjetas, sarjetões, bocas-de-lobo, guias, condutos forçados e estações de bombeamento. Alguns destes elementos, segundo Botelho (2017), podem ser sucintamente descritos como:

- Guias: também chamada de meio-fio, formadas por concreto ou pedra, se situam entre a via pública e o passeio, com função de delimitá-los;
- Sarjetas: usadas para fixar as guias, formam uma calha coletora de água pluvial proveniente da rua;
- Sarjetões: calhas formadas pela própria pavimentação nos cruzamentos das ruas, que direcionam o fluxo de água que escoam pelas sarjetas;

- Bocas-de-lobo: caixas localizadas antes dos limites de cruzamentos das ruas, que captam horizontalmente a água das sarjetas, e necessitam de limpeza periódica para que não entupam devido aos resíduos que são arrastados com as águas;
- Poços de visita: dispositivos alocados em pontos estratégicos após a captação feita pelas bocas-de-lobo, para possibilitar manutenção, limpeza e desobstrução do sistema;
- Galerias: canalizações públicas que escoam a água pluvial proveniente das bocas-de-lobo até o ponto de lançamento.

#### 4.1.2 Macrodrenagem

Realiza a captação das águas pluviais de toda a bacia hidrográfica, inclusive as captadas e conduzidas pelos dispositivos de microdrenagem, e o escoamento final destas águas através da hidrografia natural, composta pelos rios, córregos e riachos localizados nos talwegues e vales.

A forma como os sistemas de microdrenagem são implantados reduz o tempo de concentração da água na bacia, o que degrada e desgasta a drenagem natural. Assim, torna-se necessário executar obras de retificação e ampliação das seções de canais naturais, implantação de canais artificiais, grandes galerias, estruturas auxiliares para controle, dissipação de energia, amortecimento de picos de vazão, proteção contra erosões e assoreamentos, e travessias (TUCCI et al., 1995).

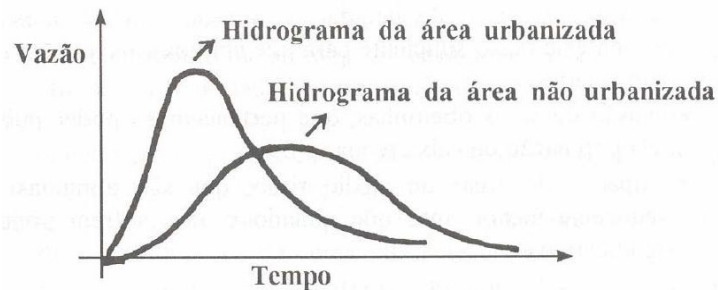
## 4.2 Impactos da urbanização na drenagem urbana

Uma bacia hidrográfica, de acordo com Rocha e Santos (2018), “pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado na saída da Bacia Hidrográfica”.

Quando ocorre o processo de urbanização, segundo Tucci (2008), o primeiro impacto gerado numa bacia hidrográfica ocorre com o desmatamento, que implica em aumento dos picos e volumes de vazão afluentes; por conseguinte, ocorre também a erosão do solo, que se encontra sem a camada de vegetação que o protegia. Após o desmatamento, inicia-se a impermeabilização do solo, agravando os danos gerados com o processo anterior e trazendo novos, como assoreamento, contaminação dos cursos d’água e aumento de inundações, já que os escoamentos superficiais se

intensificam e acentuam os tempos de concentração, conforme pode-se observar no hidrograma da Figura 1.

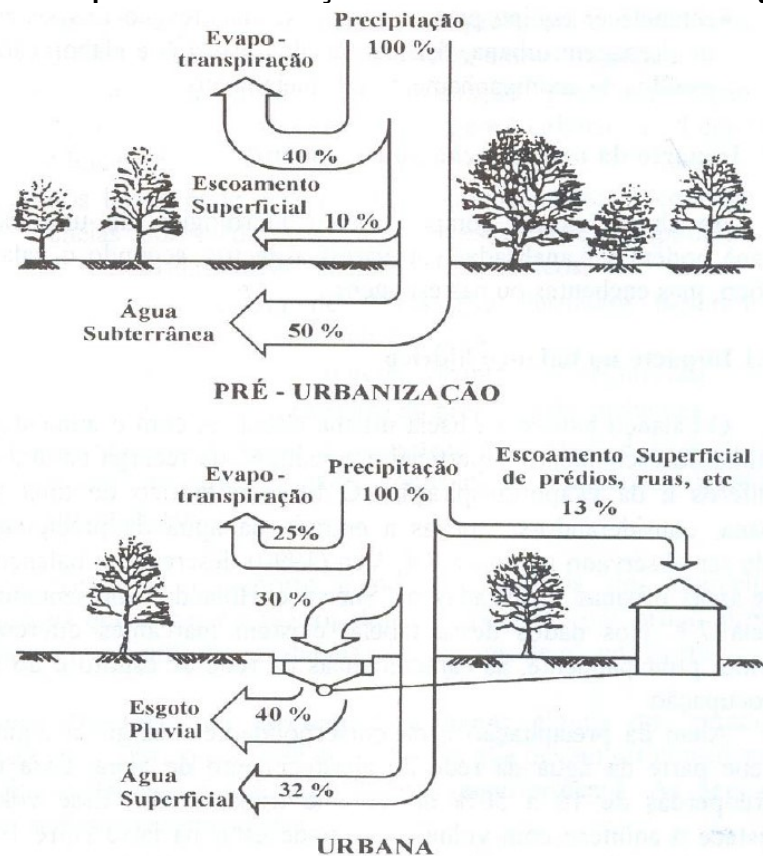
**Figura 1 - Alteração no hidrograma devido à urbanização**



Fonte: Tucci (2008, p. 106).

Estas alterações geram ainda redução da evapotranspiração e da recarga natural dos aquíferos e consequente escoamento subterrâneo, o que altera o balanço hídrico da bacia hidrográfica (PINHEIRO; KURY, 2008). A Figura 2 apresenta a comparação entre o balanço hídrico da bacia pré e pós urbanização, levando-se em consideração somente a precipitação como forma de entrada de água.

**Figura 2 - Impacto da urbanização no ciclo hídrico da bacia hidrográfica**



Fonte: Tucci (2002 apud Pinheiro e Kury, 2008, p. 27).



Há também a ocupação inadequada de áreas ribeirinhas e áreas de grandes inclinações, que já são sujeitos a inundações e deslizamentos após períodos chuvosos, e aumento da contaminação da água por disposição inadequada de efluentes urbanos (TUCCI, 2012).

Todos estes problemas trazem, além da degradação à natureza, prejuízos econômicos e sociais, como danos em habitações e infraestrutura, desvalorização do ambiente construído, propagação de doenças, empobrecimento da população, entre outros (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

### 4.3 Coeficiente de Runoff

O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico que escoar pela superfície do terreno, chegando rapidamente aos cursos d'água, o que torna a quantificação deste escoamento algo primordial para o estudo das cheias. Um dos métodos mais utilizados para isto é o método racional, no qual se determina a lâmina de chuva efetiva fazendo a multiplicação da precipitação pelo coeficiente de Runoff (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Também chamado de coeficiente de deflúvio, de acordo com Tomaz (2012), pode ser determinado pela razão entre o volume total escoado superficialmente e o volume total precipitado na bacia. Caso as superfícies ao longo da bacia forem variáveis, a equação é uma média ponderada entre os variados coeficientes e áreas, conforme consta abaixo.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

onde:

$n$  = quantidade de diferentes tipos de superfície na bacia;

$A_n$  = áreas referentes a cada tipo de superfície;

$C_n$  = coeficientes de cada respectiva área;

$C$  = coeficiente de Runoff da bacia.

Existem tabelas que apresentam os coeficientes já determinados, conforme cada tipo de ocupação de solo, como se encontra na Tabela 1.

**Tabela 1 - Valores do coeficiente de Runoff conforme forma de urbanização**

<b>Zonas</b>	<b>Valores de C</b>
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes de arredores com pequena densidade de construções	0,10 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação	0,05 a 0,20

**Fonte: Adaptado de Garotti e Barbassa (2010, p. 21).**

#### **4.4 Medidas de controle no sistema de drenagem urbana**

Devido aos impactos gerados, foi-se necessário buscar alternativas, criar e adotar medidas de controle de enchentes e inundações que considerem, de acordo com Helfer (2019), os seguintes critérios:

- O aumento de vazão devido à urbanização não deve ser transferido para jusante;
- A bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos;
- Deve-se priorizar a recuperação da infiltração natural da bacia, por meio de conservação da vegetação e solos nativos, e respeitando o ciclo hidrológico natural, mesmo nas áreas urbanas;
- As taxas de impermeabilização devem ser minimizadas, direcionando-se o escoamento superficial para as áreas permeáveis;
- A erosão e a produção de sedimentos devem ser prevenidas e controladas;
- O horizonte de avaliação e planejamento dos projetos de drenagem deve contemplar futuras ocupações urbanas;
- As áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas a partir de um zoneamento que contemple as condições de cheias e/ou com o

estabelecimento de programas de convivência com as cheias para as áreas de menor risco;

- As medidas de controle devem ser preferencialmente não-estruturais.

As medidas de controle não-estruturais são ações para se lidar com as enchentes ou diretrizes de reversão ou redução dos problemas, baseados nas premissas citadas. Entre elas, estão a criação de legislações, implementação de educação ambiental, sistemas de previsão de cheias, seguro contra enchentes, e ferramentas de planejamento abordando o desenvolvimento sustentável do ambiente urbano, como o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), já implantado em diversas cidades (TUCCI, 2012).

Já as medidas de controle estruturais, segundo Souza e Lima (2019), são aquelas envolvendo obras de drenagem complementares ao sistema de drenagem urbana já existente, para redução dos riscos e prejuízos causados pelas enchentes. De acordo com Barbosa Junior (2019), podem ser medidas:

- Extensivas: agem na bacia num geral, alterando as relações entre precipitação e vazão existentes, como a alteração da cobertura vegetal da bacia, que controla a erosão do solo devido a redução do volume e velocidade do escoamento superficial, reduzindo também os picos das cheias.
- Intensivas: agem nos cursos d'água e superfícies, e podem ser obras de contenção, como diques de retardamento do escoamento e infiltração, como a construção de reservatórios e dispositivos de infiltração no solo, e de desvio do escoamento por canais.

Dispositivos de controle estrutural intensivo muito utilizados são os dissipadores de energia, cuja função é diminuir a velocidade do escoamento nas estruturas hidráulicas e nas saídas de galerias de águas pluviais, para, assim, reduzir desgaste e erosão das estruturas e das áreas adjacentes, especialmente quando em situação de precipitação intensa (DER/PR, 2018). Os tipos mais aplicados nos sistemas de drenagem urbana são: escada hidráulica, bacia de dissipação, blocos de impacto, dissipadores de jato, rampas dentadas.

Segundo o Governo do Estado do Paraná – Secretaria de estado do meio ambiente e recursos hídricos (2002), as medidas de controle estruturais podem ser classificadas também de acordo com sua ação, sendo:

- Distribuída ou na fonte: medidas relacionadas ao lote, estacionamentos, praças e passeio;
- Na microdrenagem: agem sobre o sistema de um ou mais loteamentos;
- Na macrodrenagem: controle sobre os principais rios urbanos.

#### **4.5 Sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS)**

Também chamados de SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems), são medidas de controle estruturais que proporcionam redução e retenção das águas, de forma integrada ao sistema tradicional, também controlando o transporte de sedimentos, lixo e a consequente poluição (LOURENCETTI; GOMES; CASTELO BRANCO, 2020).

De acordo com Governo do Estado do Paraná – Secretaria de estado do meio ambiente e recursos hídricos (2002), podem ser divididas em:

- Sistemas de infiltração: são aqueles elaborados para reduzir o escoamento pluvial, proporcionando aumento da recarga do lençol freático e preservação da vegetação, o que reduz a poluição transportada, e os impactos a jusante causados pela impermeabilização do solo e consequente aumento do escoamento; por exemplo: pavimentos permeáveis, trincheiras, poços e valas de infiltração, faixas gramadas.
- Sistemas de armazenamento: consiste no armazenamento temporário da água precipitada em telhados, reservatórios residenciais, estacionamentos, áreas esportivas, entre outros, o que resulta no retardo do escoamento, com liberação defasada; por exemplo: telhados verdes, jardins de chuva, reservatórios de retenção e retenção.

Estes sistemas mais comumente usados estão listados e brevemente explicados nos subitens de 4.5.1 a 4.5.8, para fins de entendimento de seus funcionamentos, algumas diretrizes e possíveis aplicações.

##### **4.5.1 Pavimento permeável e semipermeável**

Revestimento de solo artificial com intuito de se aproximar da capacidade natural de infiltração, mas viabilizando outros usos, como calçadas, estacionamentos e outras vias de tráfego leve, além de também possibilitar a captação desta água para dentro de reservatório localizado sob o terreno. Atua na redução do volume e pico do

escoamento superficial, no controle da poluição difusa e na recarga de lençóis freáticos (GUTIERREZ; RAMOS, 2017).

Conforme Lourencetti, Gomes e Castelo Branco (2020), pode ser classificado como os seguintes tipos: pavimento de asfalto poroso, pavimento de concreto poroso, pavimento de blocos de concreto vazado e pavimento de blocos de concreto e paralelepípedos.

#### 4.5.2 Faixa gramada

Segundo Agostinho e Poletto (2012), são faixas de solo com vegetação, gramada ou arborizada, com função de desacelerar e infiltrar parcialmente escoamentos laminares oriundos de superfícies impermeáveis urbanas, ou, quando aplicadas na macrodrenagem, são zonas de escape de enchentes. Além disso, também são aplicadas em paisagismos e reduzem as ilhas de calor.

É um dispositivo linear de drenagem alternativa facilmente adaptável aos arranjos espaciais; não reduz significativamente os picos de cheias, mas reduz a velocidade do escoamento superficial e remove sedimentos finos, matéria orgânica e traços de metais da água escoada. É indicada sua aplicação em terreno em que não haja alta declividade, a montante do sistema de drenagem convencional e são aplicáveis em estacionamentos, lotes e loteamentos, em torno de superfícies impermeáveis ou aplicadas juntamente a outra técnica compensatória (GUTIERREZ; RAMOS, 2017).

#### 4.5.3 Trincheira de infiltração

É um dispositivo linear, ou seja, com comprimento superior à largura e à profundidade. É uma valeta escavada no solo, a montante do sistema de drenagem clássico, e preenchida com brita uniforme, sendo que o fundo, o topo e as laterais são revestidos por filtro geotêxtil, que impedem a penetração de sedimentos finos. Podem ser descobertas, cobertas por grama ou por revestimento permeável (LOURENCETTI; GOMES; CASTELO BRANCO, 2020).

Suas principais funções são diminuição do pico de escoamento superficial, redução do risco de inundações, redução da poluição das águas superficiais e recarga das águas subterrâneas (GUTIERREZ; RAMOS, 2017).

É tipicamente um dispositivo aplicado em áreas urbanas já consolidadas, porém não suporta escoamento com concentrações elevadas de sedimentos nem com elevados níveis de poluição. Também não deve ser implantada próxima a poços de captação de água para abastecimento, em locais com grande movimentação de terra, e afluência de esgoto (áreas residências sem a correta rede de esgoto) (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2002).

#### 4.5.4 Poço de infiltração

Dispositivo semelhante a trincheira de infiltração, porém de estrutura pontual e vertical, que promove a infiltração do escoamento superficial no solo na direção radial. Pode ser construído utilizando estrutura por preenchimento com brita ou por revestimento estrutural (tubos de concreto perfurados ou tijolos assentados em crivo), fixando a parede interna e possibilitando o interior vazio. Quando preenchido com brita, deve-se realizar o isolamento com filtro geotêxtil para que não haja a migração de sedimentos finos (AGOSTINHO; POLETO, 2012).

Segundo Gutierrez e Ramos (2017), assim como as demais técnicas compensatórias que facilitam a infiltração da água, os poços de infiltração amortecem os picos de escoamento superficial. Por serem pontuais, além da fácil integração ao ambiente urbano, são dispositivos por excelência para um controle distribuído dos excessos pluviais, permitindo uma economia significativa na construção de redes pluviais convencionais. Embora os poços possuam relativa pequena capacidade volumétrica de armazenamento, associam-se satisfatoriamente com outras medidas de controle.

De acordo com Governo do Estado do Paraná – Secretaria de estado do meio ambiente e recursos hídricos (2002), se o lençol freático estiver a menos de um metro do fundo do poço, a infiltração adentra diretamente nele e o dispositivo passa a ser chamado de poço de injeção. A recarga do freático pelos poços é vantajosa para o reequilíbrio do ciclo hidrológico urbano, mas corre-se o risco de contaminar as águas subterrâneas, já que os poços também não admitem altos teores de sedimentos e poluentes. Assim, escoamentos muito contaminados devem ser desviados ou tratados previamente.

#### 4.5.5 Vala de infiltração

É um dispositivo de drenagem lateral, geralmente com uma cobertura gramada, constituído por depressões simples escavadas no solo que promovem o armazenamento temporário das águas pluviais e subsequente infiltração ao longo de seu comprimento. Frequentemente empregado paralelo às vias, estacionamentos, entre outros (GUTIERREZ; RAMOS, 2017).

Conforme cita o Governo do Estado do Paraná – Secretaria de estado do meio ambiente e recursos hídricos (2002), também auxilia na filtragem do escoamento superficial, removendo alguns sedimentos, porém é importante que o lençol freático esteja a pelo menos 1,20 m da base da vala, para se evitar sua contaminação.

#### 4.5.6 Reservatórios de detenção e retenção

São reservatórios de armazenamento de curtos períodos, reduzindo, assim, os problemas de enchentes durante as chuvas. Os reservatórios de detenção são mantidos como uma lâmina de água e tem controlada a qualidade de sua reserva, podendo ser aplicados em banhados ou reservatórios urbanos; já os reservatórios de retenção mantêm um determinado volume de água permanente, podendo ser instalados em áreas públicas e ter aplicações recreativas ou de abastecimento (AGOSTINHO; POLETO, 2012).

Além do controle de impacto das águas pluviais com relação a cheias, estes dispositivos também tem outras funções, como drenagem e tratamento das águas drenadas, proteção do solo e controle de vazões (LOURENCETTI; GOMES; CASTELO BRANCO, 2020).

A aplicação destes dispositivos é mais indicada em áreas ainda em processo de planejamento e ocupação urbana, de acordo com Governo do Estado do Paraná – Secretaria de estado do meio ambiente e recursos hídricos (2002), pois estes sistemas demandam maiores áreas de instalação. Desta forma, caso a área já esteja densamente ocupada, as opções de terrenos disponíveis para implantação se reduzem e seus custos se elevam.

#### 4.5.7 Jardim de chuva

De acordo com Gutierrez e Ramos (2017), o jardim de chuva, também chamado de sistema de biorretenção, é um dispositivo com rasas depressões de terra

que recebe o escoamento superficial de áreas impermeabilizadas em seu entorno, formando pequenas poças e, gradualmente, a água infiltra no solo. Os canteiros pluviais funcionam da mesma forma, porém são mais compactos e utilizados em pequenos espaços, como quintais.

Devido à atividade biológica de plantas e microrganismos, filtra e remove alguns sedimentos e poluentes das águas pluviais, melhorando a qualidade da água infiltrada. É indicado em área de menores volumes de escoamento, como áreas residenciais; caso a precipitação extrapole a capacidade do dispositivo, o excedente é desviado em direção ao sistema de drenagem (LOURENCETTI; GOMES; CASTELO BRANCO, 2020).

#### 4.5.8 Telhado verde

É toda cobertura ou telhado, plano ou inclinado, que seja constituído por uma camada de vegetação de crescimento médio, uma camada de solo ou substrato, sob uma base que seja devidamente impermeabilizada e tenha um sistema de drenagem para escoamento pluvial excedente (GUTIERREZ; RAMOS, 2017).

Segundo Agostinho e Poletto (2012), Proporciona redução do escoamento pluvial e inundações locais, através do atraso temporal do escoamento superficial. Também trazem benefícios à fauna, tem efeitos paisagísticos, proporcionam conforto termo acústico e conseqüente economia com relação à refrigeração da edificação.



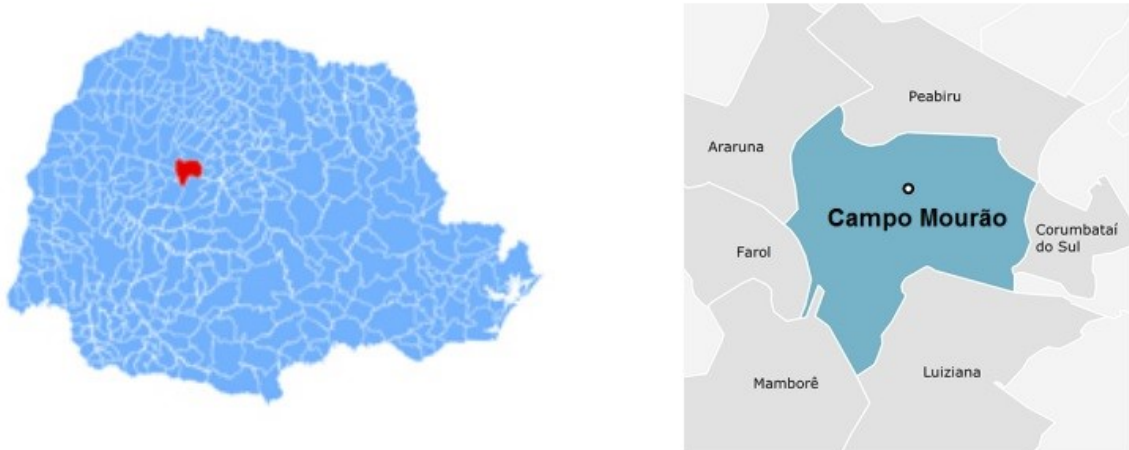
## 5 METODOLOGIA

Os métodos utilizados no desenvolvimento deste trabalho se dividem em: averiguação das características da cidade em estudo; levantamento teórico e bibliográfico sobre temas pertinentes à pesquisa; identificação e determinação de dados da rede de drenagem em análise; caracterização e dimensionamento da bacia; verificação de viabilidade de aplicação de sistema de drenagem sustentável.

### 5.1 Localização

O município de Campo Mourão se localiza no estado do Paraná, conforme a Figura 3. De acordo com os dados do último censo realizado pelo IBGE em 2010, a população do município era de 87.194 habitantes, com população estimada de 96.102 habitantes em 2021, e extensão territorial de 749.637 km<sup>2</sup>.

**Figura 3 - Localização do município de Campo Mourão - PR**



Fonte: IPARDES (2022, p. 2).

Segundo a Prefeitura Municipal de Campo Mourão (2022), o clima do município é subtropical úmido mesotérmico, com chuvas frequentes no verão, e pertence à bacia hidrográfica do rio Paraná, sendo o rio Mourão seu rio mais importante, o qual atravessa o município de sul a norte. A vazão deste rio, associada à topografia de seu vale, oferece o maior potencial hidrodinâmico do município, explorado com a construção da Usina Mourão.

O local de estudo encontra-se na área urbanizada da cidade, a qual pode ser visualizada na Figura 4.

**Figura 4 - Imagem de satélite de área urbanizada de Campo Mourão - PR**



**Fonte: Google Maps (2022).**

## **5.2 Levantamento teórico**

Realizou-se um levantamento de referencial teórico e bibliográfico, baseado, principalmente, em artigos, teses e livros, sobre os impactos dos sistemas de drenagem urbana e algumas das principais medidas que podem ser aplicadas para o controle e correção destes problemas, verificando a importância da implementação de projetos de drenagem urbana que visem a sustentabilidade. As principais fontes utilizadas foram Botelho (2017), Miguez, Veról e Rezende (2015), e Menezes Filho e Costa (2012), além de acessos à normas, manuais, mapas e outras informações para complementar os assuntos abordados.

## **5.3 Identificação dos dados da rede de drenagem**

O município possui um mapa de galerias pluviais, porém, não consta ainda a rede construída no local de estudo. Portanto, coletou-se os dados para identificação da rede por meio de visitas *in loco* para complemento de análise da infraestrutura e medições.

## 5.4 Caracterização da bacia hidrográfica

Realizou-se a caracterização da bacia hidrográfica através da determinação dos seguintes dados: coeficiente de Runoff; intensidade de precipitação; área de contribuição; vazões de pico, definidas pelo método racional; declividade do terreno; declividade da galeria; e, através do método de Saatçi, determinações geométricas da tubulação e dados de escoamento. Ou seja, para analisar a rede existente, calculou-se novamente o dimensionamento do sistema, a fim de comparar os dados.

### 5.4.1 Coeficiente de Runoff

É preciso definir o valor do coeficiente de Runoff, conforme consta no item 4.3. Para esta determinação, considera-se a localização e características de urbanização do terreno em estudo, em comparação com os dados da Tabela 1.

### 5.4.2 Intensidade de precipitação

Intensidade de precipitação é a relação entre a quantidade de chuva precipitada por unidade de tempo, conforme a Equação 2 (BOTELHO, 2017).

Observando esta equação, pode-se verificar a existência das variáveis “a”, “b”, “c” e “k”, as quais fazem referência a características específicas de cada região, portanto, a intensidade das chuvas varia conforme características locais.

Para obter o valor destas variáveis na cidade de Campo Mourão (PR), foi utilizado o *software* de livre utilização Pluvio 2.1, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O relatório completo gerado pelo *software* encontra-se no Anexo A.

$$i = \frac{K (T_r)^a}{(T+b)^c} \quad (2)$$

onde:

$T_r$  = período de retorno (anos);

$T$  = duração da precipitação;

$i$  = intensidade média de precipitação (mm/h);

$k, a, b, c$  = características específicas de cada região.

#### 5.4.3 Área de contribuição

De acordo com Botelho (2017), a área de contribuição é definida pela topografia do local em estudo, levando em consideração as particularidades e respeitando o sentido de escoamento do terreno. Este levantamento topográfico foi realizado por equipe especializada, dividido trecho a trecho da rede de drenagem.

#### 5.4.4 Vazões de pico – Método racional

As vazões máximas provocadas por uma precipitação uniforme e constante são denominadas vazões de pico. O método racional é indicado para bacias cuja área total seja de até 50ha (BOTELHO, 2017), portanto, escolheu-se este método para os cálculos. Sua equação está definida abaixo.

$$Q = C i A \quad (3)$$

onde:

C = coeficiente de Runoff;

i = intensidade média de precipitação (mm/h);

A = área do emissário em estudo (ha);

Q = vazão de pico (m<sup>3</sup>/s).

A vazão foi calculada trecho a trecho e realizou-se o somatório destas vazões, a fim de encontrar o valor de vazão total da bacia. Este valor é utilizado para dimensionar as galerias a jusante.

#### 5.4.5 Declividade do terreno

Determina-se a declividade do terreno trecho a trecho por meio dos dados das cotas de cada ponto e a extensão do trecho, utilizando a equação a seguir.

$$S_t = (c_m - c_j)/L \quad (4)$$

onde:

S<sub>t</sub> = declividade no terreno no trecho (m/m);

c<sub>m</sub> = cota do terreno no poço a montante (m);

$c_j$  = cota do terreno no poço a jusante (m);  
 $L$  = extensão do trecho (m).

#### 5.4.6 Dados da galeria

As cotas inferiores da galeria, ou seja, as cotas referentes à parte inferior dos poços de visita, de onde saem as tubulações, podem ser obtidas pelas Equações 5 e 6. Com estes valores determinados, encontra-se a declividade da galeria conforme a Equação 7.

$$C_{im} = c_m - (r_m + D) \quad (5)$$

$$C_{ij} = C_{im} - (S_g L) \quad (6)$$

$$S_g = (C_{im} - C_{ij})/L \quad (7)$$

onde:

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

$c_m$  = cota inferior do poço de visita a montante (m);

$r_m$  = recobrimento mínimo (m);

$D$  = diâmetro (m);

$C_{ij}$  = cota inferior da galeria a jusante (m);

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

$L$  = extensão do trecho (m);

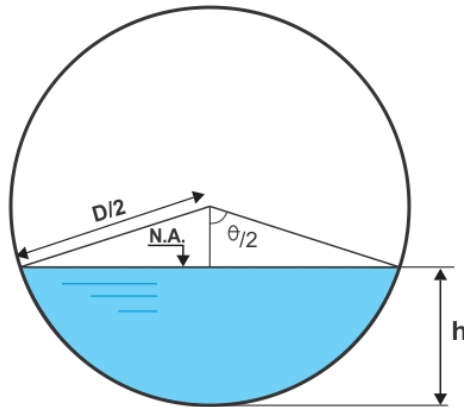
$S_g$  = declividade da galeria (m/m).

Para encontrar a profundidade da galeria, soma-se o recobrimento da galeria ao diâmetro da galeria, ambos em metros (m), portanto, são encontrados valores de profundidade a montante e a jusante.

#### 5.4.7 Método de Saatçi

Uma forma simples de calcular velocidade e profundidade de escoamento foi introduzida por Saatçi (1990 apud Menezes Filho e Costa 2012, p. 15), utilizando o coeficiente de Manning e considerações geométricas, ilustradas na Figura 5.

**Figura 5 - Características geométricas de conduto circular**



**Fonte: Menezes Filho e Costa (2012, p. 15)**

Através de relações geométricas e simplificações de equações, Menezes Filho e Costa (2012) demonstraram como encontrar informações necessárias para o dimensionamento das galerias, conforme as Equações de 8 a 12. O coeficiente de Manning citado é definido conforme o material da tubulação.

$$k = Q n D^{-8/3} S_g^{-1/2} \quad (8)$$

onde:

k = constante;

Q = vazão total (m<sup>3</sup>/s);

n = coeficiente de Manning (m<sup>-1/3</sup>.s);

D = diâmetro (m);

S<sub>g</sub> = declividade da galeria (m/m).

$$\theta = 5915,8 \cdot k^5 - 5201,2 \cdot k^4 + 1786,6 \cdot k^3 - 289,89 \cdot k^2 + 32,113 \cdot k + 1,1487 \quad (9)$$

onde:

θ = ângulo central da superfície livre (rad).

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \frac{(\theta)}{2} \right] \quad (10)$$

onde:

$h/D$  = relação altura da lâmina d'água-diâmetro;

$h$  = profundidade do escoamento (m).

$$A_m = \frac{D^2(\theta - \text{sen } \theta)}{8} \quad (11)$$

onde:

$A_m$  = área molhada (m<sup>2</sup>).

$$V = \frac{Q}{A_m} \quad (12)$$

onde:

$V$  = velocidade do escoamento (m/s).

Por fim, encontra-se o tempo de percurso da água por cada trecho, através da equação a seguir.

$$t_p = \frac{L}{V \ 60} \quad (13)$$

onde:

$t_p$  = tempo de percurso (min);

$L$  = comprimento do trecho (m);

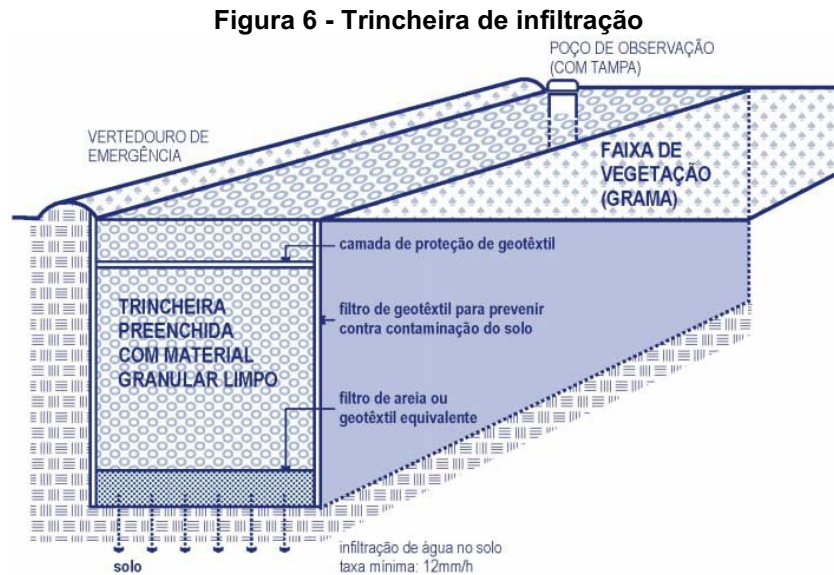
$V$  = velocidade do escoamento (m/s).

### 5.5 Verificação de viabilidade de sistema sustentável

De acordo com as características de urbanização da área em estudo e as informações sobre sistemas de drenagem sustentável contidas no item 4.5 e subitens de 4.5.1 a 4.5.8, determinou-se um dispositivo para ser verificada a viabilidade de aplicação no local seria a trincheira de infiltração.

Isto se deu, principalmente, devido a ser uma área já urbanizada, com lotes privados no entorno da rede de drenagem, já que é uma estrutura com largura reduzida, que aceita revestimento superior de faixa gramada e menor investimento

financeiro, possibilitando sua aplicação no local analisado. A aparência deste dispositivo é ilustrada na Figura 6.



Fonte: Governo do estado do Paraná (2002, p. 51).

Para esta verificação de exequibilidade, identificou-se as condições e diretrizes específicas do dispositivo escolhido, bem como as equações de dimensionamento geométrico prévio. Estas informações foram retiradas do Manual de drenagem urbana – Região metropolitana de Curitiba - PR (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2002).

A fim de realizar-se a efetiva execução da trincheira, primeiramente deve-se fazer um estudo mais profundo do local, para verificar se o solo é adequado para suportá-la, pois é preciso que tenha permeabilidade suficiente e seja propício à infiltração sem sofrer desestruturação.

É preciso também que o nível freático esteja a um metro ou mais abaixo da base da trincheira, que o local de execução não se encontre em área proibida quanto ao risco de poluição do solo e lençol freático, que não haja risco de poluição crônica ou acidental significativa, e que não haja aporte de sedimentos finos e poluição excessivos.

O dimensionamento inicia-se fixando o comprimento da trincheira com base no traçado arquitetônico, e com largura de 0,8 m a 1 m, para facilitar sua execução e não ocupar muito espaço do terreno. A profundidade da trincheira é definida pelo dimensionamento da profundidade de brita.



A Equação 14 é uma expressão aproximada para o volume de acumulação na trincheira, dada por:

$$V_{max} = (7,11 \sqrt{\beta} T^{0,129} - 0,64 \sqrt{\gamma} \sqrt{H} \sqrt{q_s})^2 \quad (14)$$

onde:

$V_{max}$  = volume de acumulação, em mm sobre a área em planta do dispositivo;

$\beta$  = coeficiente adimensional definido na Equação 15;

$T$  = período de retorno (anos);

$H$  = profundidade média da camada de armazenamento do dispositivo (mm);

$\gamma$  = razão entre área de percolação e área de captação do dispositivo ( $\text{mm}^{-1}$ );

$q_s$  = vazão de saída constante do dispositivo (mm/h).

O cálculo de  $\beta$  é expresso pela Equação 15, onde a área de captação do dispositivo é representada por  $BL$ , respectivamente, largura e comprimento da trincheira, ambos em metros (m), a área contribuinte à trincheira é  $A$ , em metros quadrados ( $\text{m}^2$ ), e  $C$  é o coeficiente de Runoff.

$$\beta = CA/BL \quad (15)$$

A área de percolação corresponde à área das paredes laterais, já que a área de fundo não é considerada, pois admite-se colmatção rápida. Sendo  $\gamma$  a razão entre a área de percolação e a área de captação do dispositivo, tem-se a Equação 16, na qual  $B$  deve ser expresso em mm.

$$\gamma = 2L/BL = 2/B \quad (16)$$

A vazão de saída  $q_s$  é correspondente à vazão que percola pelas paredes da trincheira, ou seja, é sua capacidade de infiltração. Ela é encontrada através do produto da condutividade hidráulica saturada  $K_{sat}$  do solo por um coeficiente redutor  $\alpha$  devido à colmatção, dada pela Equação 17. O coeficiente  $\alpha$  para trincheiras admite valores entre 0,1 e 0,5.

$$q_s = \alpha K_{sat} \quad (17)$$

A expressão de  $\eta$  introduzida na de  $V_{\text{máx}}$ , estabelece a Equação 18, na qual  $\eta H$  equivale a  $V$ , sendo que  $\eta$  é a porosidade do material de preenchimento da trincheira, e  $k_1$  e  $k_2$  são expressos pelas Equações 19 e 20, respectivamente.

$$\eta H = (k_1 - k_2 \sqrt{H})^2 \quad (18)$$

$$k_1 = 7,11 \beta^{0,5} T^{0,129} \quad (19)$$

$$k_2 = 0,64 \gamma^{0,5} q_s^{0,5} \quad (20)$$

Assim, chega-se finalmente à equação para definir a profundidade  $H$  da trincheira, em centímetros (cm), dada por:

$$H = 1/10 \{ [k_1(k_2 - \sqrt{\eta})] / [\eta - k_2^2] \}^2 \quad (21)$$

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do passo a passo identificado na metodologia descrita no item 5, foi possível realizar a determinação dos resultados e consequentes debates descritos neste item.

### 6.1 Identificação e determinação dos dados da bacia

O final da rede de drenagem em estudo é localizado após o cruzamento da Rua São Paulo com a rodovia Perimetral Tancredo Almeida Neves – Campo Mourão-PR, conforme identificado na Figura 7.

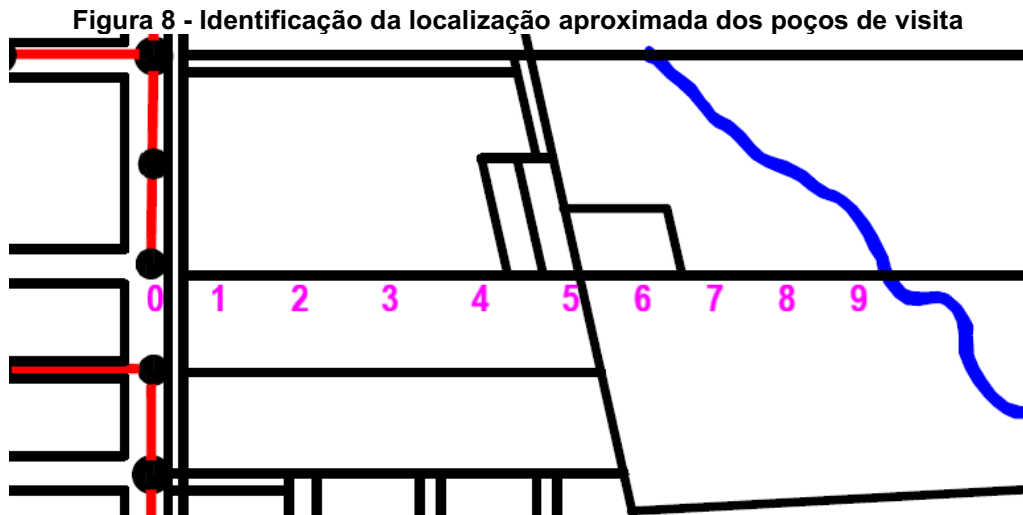
Figura 7 - Identificação da localização do emissário pluvial em estudo



Fonte: Google Maps (2022), edição de autoria própria (2022).

Foi fornecido pela Secretaria de Planejamento do município um mapa com as galerias pluviais da cidade, no qual não consta as informações do trecho em análise, por ter sido elaborado em data anterior à implantação destes emissários. Ainda assim, auxiliou por meio da identificação do ponto em que ocorreu a ampliação do sistema de drenagem e dos loteamentos no entorno. As demais identificações e delimitações foram possíveis por meio de visitas *in loco*.

Na Figura 8, o ponto 0 demonstra a determinação do começo da bacia, e os demais pontos estão identificados de forma aproximada aos poços de visita existentes na rede do local; o ponto 9 é o emissário final deste sistema.



Fonte: Secretaria de planejamento do município de Campo Mourão-PR (2016), edição de autoria própria (2022).

A área total da bacia de contribuição foi delimitada seguindo as referências do ponto 0 ao ponto 9 e as demais características do terreno, resultando, aproximadamente, no que consta na Figura 9.

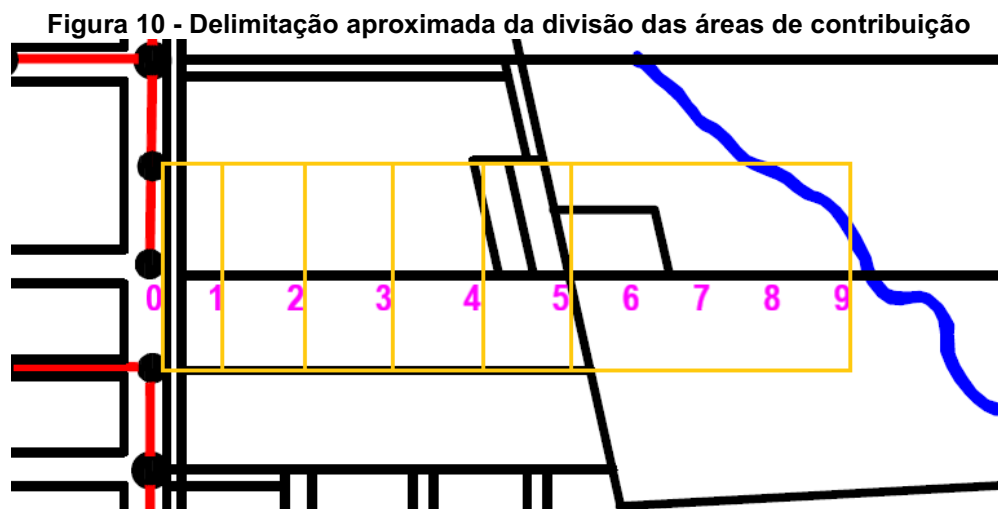
**Figura 9 - Identificação aproximada da área total da bacia de contribuição**



Fonte: Google Maps (2022), edição de autoria própria (2022).

Determinou-se também a divisão da rede em trechos menores, sendo estes: trecho 0-1, trecho 1-2, trecho 2-3, e assim sucessivamente, até o trecho 9-saída.

A área de contribuição também é dividida em trechos menores, porém, é feita com base na localização das bocas de lobo. Todos os pontos de 0 a 5 contém bocas de lobo, portanto, é considerada só uma área de contribuição entre os pontos 5 e 9, conforme é ilustrado na Figura 10.



Fonte: Secretaria de planejamento do município de Campo Mourão-PR (2016), edição de autoria própria (2022).

Conforme indicado no item 5.4.1, analisando o terreno e verificando as informações da Tabela 1, como a urbanização do terreno em estudo é de edificação não muito densa, adotou-se o valor de 0,65 para o coeficiente de Runoff.

Para o cálculo da intensidade de precipitação, de acordo com o citado no item 5.4.2, utilizou-se o *software* Pluvio 2.1 para encontrar os valores das constantes necessárias para o cálculo da Equação 2, sendo estes:

$$k = 2121,079;$$

$$a = 0,145;$$

$$b = 21,960;$$

$$c = 0,850.$$

Os valores adotados para o período de retorno ( $T_r$ ) e para a duração da precipitação inicial ( $T$ ), neste trabalho, foram de:

$$T_r = 5 \text{ anos};$$

$$T = 5 \text{ minutos}.$$

O tempo de concentração iniciou-se em cinco minutos para o primeiro trecho. Ao decorrer da rede, foi acrescido um valor vinculado à declividade do terreno e da tubulação, o tempo de percurso, sendo este encontrado por meio da Equação 13.

Conforme definido no item 5.4.4, calculou-se a vazão para cada trecho e realizou-se o somatório destas vazões, determinando a vazão total da bacia.

Com relação aos diâmetros da tubulação, adotou-se os valores da rede existente, para que pudesse ser avaliado sua adequação à demanda de escoamento e vazão da área.

A declividade do terreno e a declividade das galerias, identificadas nos itens 5.4.5 e 5.4.6, foram determinadas através das medições e identificações realizadas *in loco*.

Na Equação 8, é utilizado o coeficiente de Manning, o qual foi adotado o valor de 0,015, correspondente à tubulação de concreto (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2017). Para calcular as equações subsequentes do item 5.4.7, ainda segundo Azevedo Netto e Fernández (2017), considera-se os seguintes critérios de verificação:

- o valor da relação altura-diâmetro, definida pela Equação 10, precisa estar, obrigatoriamente, num intervalo entre 0,10 e 0,85;
- o valor da velocidade de escoamento, encontrado através da Equação 12, obrigatoriamente, deve estar entre 0,75 e 5 m/s.

Caso os critérios não sejam obedecidos, é preciso aumentar o diâmetro da tubulação para o próximo tamanho comercial, a fim de adequar a galeria à demanda pluvial. Se desta forma ainda não atingir estas determinações, altera-se a declividade da galeria.

## **6.2 Resultados de caracterização da bacia**

Foi elaborada uma planilha contendo as equações identificadas no item 5.4 e os dados identificados no item 6.1, realizando todas as conversões necessárias de unidades de medida e seguindo as diretrizes indicadas. Os resultados encontram-se distribuídos nas tabelas seguintes. A Tabela 2 mostra os valores de extensão dos trechos e das áreas de contribuição.

**Tabela 2 - Extensão e área de contribuição da rede de drenagem**

Trecho	Extensão (m)	Área de contribuição (ha)	
		Trecho	Total
1-2	33,90	0,362607	0,362607
2-3	33,90	0,633479	0,996086
3-4	33,90	0,633480	1,629566
4-5	33,90	0,633480	2,263046
5-6	24,65	0,633479	2,896525
6-7	24,65	0	2,896525
7-8	24,65	0	2,896525
8-9	23,67	0	2,896525
9-fim	10,00	1,924781	4,821306

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Tabela 3 está identificado os resultados encontrados para a duração de precipitação (a soma da duração de precipitação inicial com o tempo de percurso, encontrado pela Equação 13), intensidade de precipitação (Equação 2), vazões de pico (Equação 3) e os diâmetros corrigidos das tubulações.

**Tabela 3 - Duração e intensidade de precipitação, vazões de pico e diâmetro**

Trecho	Duração de precipitação T (min)	Intensidade de precipitação i (mm/min)	Vazão de pico local Q <sub>Loc</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Vazão de pico total Q <sub>TOTAL</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Diâmetro adotado D (m)
1-2	5	2,714	0,107	0,107	0,50
2-3	5,259	2,692	0,291	0,397	0,50
3-4	5,441	2,677	0,473	0,870	0,60
4-5	5,593	2,664	0,653	1,523	0,80
5-6	5,723	2,654	0,833	2,356	1,00
6-7	5,808	2,647	0,831	3,186	1,20
7-8	5,890	2,640	0,829	4,015	1,40
8-9	5,972	2,634	0,826	4,841	1,60
9-fim	6,054	2,627	1,372	6,214	1,60

Fonte: Autoria própria (2022).

A tabela 4 demonstra os dados identificados com relação às cotas e declividade do terreno, e às cotas e declividade da galeria corrigidas.

Tabela 4 - Cotas e declividades trecho a trecho

Trecho	Cota do PV no terreno (m)		Declividade do terreno $S_t$ (%)	Cotas Inferiores Galeria (m)		Declividade da galeria $S_g$ (%)	Profundidade galeria (m)	
	Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante
1-2	560,274	559,257	0,03	558,774	557,757	0,03	1,5	1,5
2-3	557,604	556,587	0,03	556,104	555,087	0,03	1,5	1,5
3-4	555,538	554,521	0,03	553,938	552,921	0,03	1,6	1,6
4-5	552,941	551,924	0,03	551,141	550,124	0,03	1,8	1,8
5-6	551,121	550,382	0,03	549,121	548,382	0,03	2	2
6-7	548,778	548,039	0,03	546,478	545,839	0,0259	2,3	2,2
7-8	546,274	545,534	0,03	543,874	543,334	0,0219	2,4	2,2
8-9	544,762	544,053	0,03	542,262	541,853	0,0173	2,5	2,2
9-fim	543,961	542,232	0,173	541,853	540,032	0,1821	2,2	2,2

Fonte: Autoria própria (2022).

Os dados identificados pelas determinações do item 5.4.7 se encontram na Tabela 5, seguindo também os critérios de relação altura-diâmetro e velocidade de escoamento citados no item 6.1.

Tabela 5 - Características geométricas, velocidade de escoamento e tempo de percurso

Trecho	Coefficiente de Manning k	Ângulo central $\theta$ (rad)	Relação altura-diâmetro $h/D$	Área molhada $A_m$ (m <sup>2</sup> )	Velocidade de escoamento V (m/s)	Tempo de percurso $t_p$ (min)
1-2	0,0586	2,3068	0,2973	0,0489	2,1793	0,2593
2-3	0,2184	3,6231	0,6192	0,1277	3,1101	0,1817
3-4	0,2941	4,2930	0,7722	0,2343	3,7124	0,1522
4-5	0,2391	3,7851	0,6581	0,3508	4,3413	0,1301
5-6	0,2041	3,5116	0,5920	0,4842	4,8657	0,0844
6-7	0,1826	3,3424	0,5501	0,6375	4,9979	0,0822
7-8	0,1659	3,2110	0,5173	0,8037	4,9956	0,0822
8-9	0,1578	3,1471	0,5014	1,0089	4,7988	0,0822
9-fim	0,0624	2,3492	0,3070	0,5239	11,8602	0,0141

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme mencionado previamente, ao iniciar-se os cálculos, foram adotados os valores de diâmetros da tubulação da rede já existente no local. Porém, a partir do trecho 4-5 da galeria, utilizando estes diâmetros, os critérios estabelecidos para a relação altura da lâmina d'água-diâmetro ( $0,10 \leq h/D \leq 0,85$ ) e para a velocidade de



escoamento ( $0,75 \text{ m/s} \leq V \leq 5 \text{ m/s}$ ) não estavam sendo cumpridos. Portanto, mostrou-se necessário aumentar os diâmetros, conforme demonstra a Tabela 6.

**Tabela 6 - Comparação dos diâmetros das redes de drenagem**

Trecho	Diâmetro da rede existente (m)	Diâmetro estipulado neste trabalho (m)
1-2	0,50	0,50
2-3	0,50	0,50
3-4	0,60	0,60
4-5	0,60	0,80
5-6	0,80	1,00
6-7	0,80	1,20
7-8	0,80	1,40
8-9	0,80	1,60
9-fim	0,80	1,60

Fonte: Autoria própria (2022).

Mesmo alterando os valores de diâmetro, foi necessário verificar e redefinir as profundidades da galeria nos trechos 6-7, 7-8 e 8-9 para reduzir a declividade da tubulação e, assim, cumprir com os mesmos critérios necessários. Isto pode ser identificado na Tabela 4, a redução da declividade  $S_g$  destes trechos, saindo do padrão previamente adotado de 0,03.

Ainda assim, como pode-se verificar nas Tabelas 3 e 5, respectivamente, os valores de vazão de pico e velocidade de escoamento na saída final da galeria encontram-se elevados, sendo de  $Q_{TOTAL} = 6,214 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $V = 11,8602 \text{ m/s}$ .

Portanto, confirmou-se a necessidade de aplicação de medida de controle estrutural no dimensionamento desta rede de drenagem.

### 6.3 Análise de viabilidade de implantação de sistema sustentável

Conforme definido no item 5.5, o dispositivo a ser verificado a viabilidade será trincheira de infiltração.

O solo do local não foi profundamente analisado, como exige as diretrizes de implementação deste sistema, por estar sendo realizado um estudo de análise prévia e caso hipotético de verificação de viabilidade. Para implantar o sistema, um aprofundamento seria necessário após este estudo prévio, através de ensaios de

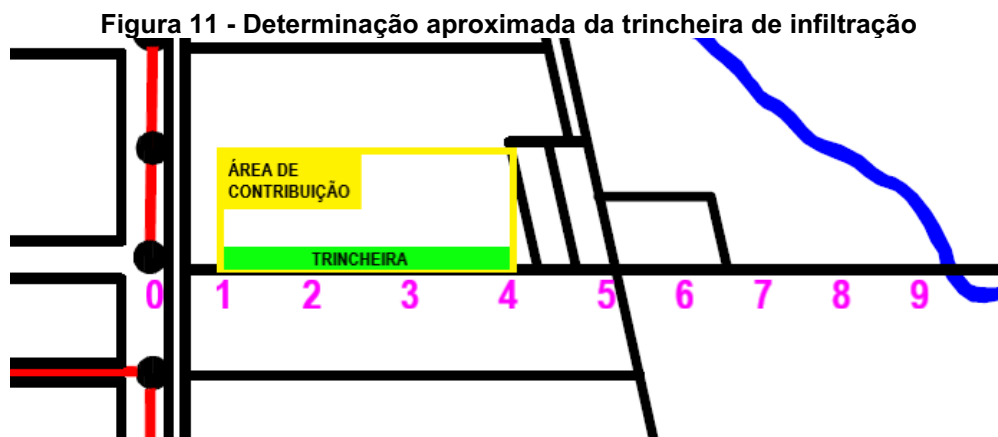
campo e análises laboratoriais dos solos específicos do terreno, verificando nível de lençol freático, avaliando condições de poluição local, entre outros.

Sendo assim, considerou-se todas as equações citadas no item 5.5 e condições recomendadas pelo Manual de drenagem urbana – Região metropolitana de Curitiba - PR (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2002). Determinou-se o valor indicado de condutividade hidráulica saturada do solo do local  $K_{sat} = 60 \text{ mm/h}$ , coeficiente redutor  $\alpha = 0,5$ , e utilização de brita com porosidade  $\eta = 0,38$ .

Conforme consta no item 6.1, o coeficiente de Runoff para o terreno em estudo é de 0,65. O período de retorno  $T$  é indicado como 2 anos para este tipo de obra.

Determinou-se, então, que o dispositivo seria implantado no local identificado na Figura 10, no trecho 1-4, ou seja, com comprimento  $L = 101,70 \text{ m}$ , e fixou-se uma largura  $B = 1,00 \text{ m}$ .

A trincheira é dimensionada para infiltrar toda a água de escoamento superficial do terreno no qual ela está implantada, portanto, conforme ilustrado na Figura 11 e verificando as medições realizadas no terreno, a área de contribuição é  $A = 2087,77 \text{ m}^2$ .



Fonte: SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO-PR (2016), edição de autoria própria (2022).

A Tabela 7 contém os valores determinados da área de contribuição, largura e comprimento da trincheira, condutividade hidráulica saturada e coeficiente redutor. Os demais valores foram determinados conforme as Equações 15, 16 e 17.

**Tabela 7 - Dimensionamento da trincheira de infiltração**

A (m <sup>2</sup> )	B (m)	L (m)	$\beta$	$\gamma$ (mm-1)	$K_{sat}$ (mm/h)	$\alpha$	$q_s$ (mm/h)
6259,61	1,00	101,70	40,007	0,002	60	0,5	30

Fonte: Autoria própria (2022).

A tabela 8 contém: o valor determinado de porosidade da brita; os coeficientes  $k_1$  e  $k_2$  definidos, respectivamente, pelas Equações 19 e 20; a profundidade da trincheira, determinada pela Equação 21; o volume de acumulação da trincheira, dado pela Equação 14.

**Tabela 8 - Dimensionamento da trincheira de infiltração**

$k_1$	$k_2$	$\eta$	H (cm)	V (mm)
49,178	0,1568	0,38	404,53	1537,22

Fonte: Autoria própria (2022).

Com os cálculos de dimensionamento prévio da trincheira de infiltração, mesmo adotando-se todas as condições recomendadas, já pôde ser verificado que a profundidade da trincheira tornou o dispositivo inviável. Sendo assim, para o caso em estudo, esta não é uma forma de dispositivo de drenagem sustentável aplicável.

Esta não aplicabilidade deve-se à grande área de contribuição do terreno, o que necessitaria um sistema que suporte esta condição, como reservatório de detenção ou retenção.

Porém, como citado no item 5.5, todo o entorno da galeria é composto por lotes privados. Já os sistemas sustentáveis possíveis para esta demanda, conforme descrito no item 4.5.6, necessitariam de análises e investimentos mais elevados, sendo, portanto, comumente determinados antes da ocupação total dos terrenos e aplicados também como áreas públicas de recreação ou armazenamento. Portanto, também não são viáveis para este caso.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante levantamentos e análises realizados neste trabalho, foi verificado o desempenho hidráulico ineficiente ao final de um sistema de drenagem urbano localizado em nova malha urbana de Campo Mourão-PR.

Por meio de cálculos de dimensionamento de galeria pluvial, possibilitou-se identificar que a tubulação da rede existente não é compatível com a necessidade pluviométrica do local, já que os diâmetros adotados a partir do trecho 4-5 da rede existente se mostraram menores em relação aos determinados por este trabalho, além de precisar redefinir pontos de profundidade da galeria para reduzir sua declividade.

Ainda que os trechos do sistema de drenagem em estudo tenham sido redimensionados de forma adequada, de acordo com a metodologia indicada, a vazão e a velocidade ao final do emissário continuaram elevadas, o que afirma a necessidade de aplicação de medida estrutural de controle para o local, a fim de evitar a ocorrência de impactos negativos destas condições ao longo do tempo.

Considerando o uso de sistemas de drenagem sustentável e as características da urbanização do local, determinou-se a verificação da viabilidade do uso de trincheira de infiltração. Porém, no dimensionamento prévio do dispositivo, já foi verificada sua não aplicabilidade devido à profundidade elevada calculada, a qual foi causada pela grande área de contribuição do terreno.

Para atender esta condição, poderia ser considerada a implantação de reservatório de retenção ou detenção, todavia, devido à urbanização do entorno, necessitaria de alto investimento, se tornando inviável também. Portanto, identificou-se que não seria possível aplicar algum dos sistemas de drenagem urbana sustentável, dentre os dispositivos identificados durante o levantamento do referencial teórico.

Com relação a esta não aplicabilidade, é preciso ressaltar que isto não indica falhas ou problemas com as estruturas sustentáveis, mas que cada sistema e cada bacia hidrográfica tem seus critérios e particularidades, as quais precisam ser verificadas e analisadas previamente.

Desta forma, levanta-se a hipótese de possibilidade de aplicação de dissipador de energia do tipo escada hidráulica ao final da galeria, conforme citado no item 4.4, sendo esta uma oportunidade de tópico de próximo estudo de caso.

Por fim, os resultados da análise realizada nesta pesquisa evidenciaram a importância do planejamento urbano apropriado, analisando minuciosamente a área a ser ocupada. Assim, é possível determinar o dimensionamento de rede adequado, além de identificar eventual demanda de associação com métodos de drenagem adicionais, implementando um sistema que vise o alinhamento entre as necessidades urbanas locais e a redução de formação de impactos.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, Mariele de S. P.; POLETO, Cristiano. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **HOLOS Environment**, Rio Claro, v. 12, n. 2, p. 121-132, 13 dez. 2012. Disponível em <<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/3054>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

ALMEIDA, Isis de C. **Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: uma proposta para a bacia hidrográfica do córrego São Pedro, em Juiz de Fora - MG**. 2020. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso superior de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020. Disponível em <<https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2020/10/TFC2-Isis-de-Castro-Almeida1.pdf>>. Acesso em 22 abr. 2022.

AZEVEDO NETTO, José M.; FERNÁNDEZ, Miguel F. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

BARBOSA JUNIOR, Alex P. **Drenagem urbana sustentável: estudo de caso no setor habitacional d de Taguatinga-Sul – DF**. 2019. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso superior de Engenharia Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/24641>>. Acesso em: 25 abr. 2022.

BOTELHO, Manoel H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos S. F. V.; KLIGERMAN, Débora C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**. v. 43, n. spe3, p. 94-108, 2019. Disponível em: <[http://scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-11042019000700094](http://scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019000700094)>. Acesso em: 21 abr. 2022.

DER/PR – Departamento de estradas de rodagem do estado do Paraná. **Drenagem: dissipadores de energia, ES-D 04/18**. Curitiba, 2018. Disponível em: <[https://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos\\_restritos/files/documento/2019-10/esd0418dissipadoresdeenergia.pdf](https://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos_restritos/files/documento/2019-10/esd0418dissipadoresdeenergia.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2022.

GAROTTI, Leonardo M.; BARBASSA, Ademir P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2010. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/esa/a/f53xJfyBz3bWr7hwsmqRBVJ>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Manual de drenagem urbana – Região metropolitana de Curitiba-PR**. Curitiba: SUDERHSA / CH2M HILL, 2002. Disponível em <[https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/mdu\\_versao01.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2022.

GUTIERREZ, Adriana I. R.; RAMOS, Ivanete C. **Guia de técnicas sustentáveis em drenagem urbana**. 2017. 30 p. Manual/Monografia (Pós-graduação em Gestão da Drenagem Urbana) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2017. Disponível em <<https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3864>>. Acesso em 21 abr. 2022.

HELPER, Ana L. **Investigação sobre a eficácia e o arranjo espacial de microrreservatórios em uma bacia urbana: aplicação em área urbana de Tubarão/SC**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/204675/001109358.pdf>>. Acesso em 21 abr. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/campo-mourao/panorama>>. Acesso em: 25 abr. 2022.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=87300>>. Acesso em 25 abr. 2022.

LOURENCETTI, Adrielly J.; GOMES, Kiria N. A. do E. S.; CASTELO BRANCO, Larysse F. Técnicas facilitadoras de infiltração – sistemas de drenagem alternativos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 17572-17586, abr. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8458>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

MENEZES FILHO, Frederico C. M. de; COSTA, Alfredo R. da. Sistemática de Cálculo para o Dimensionamento de Galerias de Águas Pluviais: uma Abordagem Alternativa. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/18162>>. Acesso em: 15 maio 2022.

MIGUEZ, Marcelo G.; VERÓL, Aline P.; REZENDE, Osvaldo M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

OLIVEIRA, Laurent F. G. S.. **Dimensionamento e análise de desempenho hidráulico de estacionamentos com drenagem convencional e pavimento permeável, apoiado por modelagem computacional**. 2018. 90 f. Monografia (graduação) – Curso superior de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024938.pdf>>. Acesso em 19 abr. 2022.

PEREIRA, Priscila P.; ITO, Alexandre Hi. Efeitos da urbanização e soluções sustentáveis para o sistema de drenagem. **Syn. scy. UTFPR**, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 183-195. 2017. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/viewFile/2254/1651>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

PINHEIRO, Mariana R. C.; Kury, Karla A. Conservação ambiental e conceitos básicos de ecologia. **Boletim do reservatório ambiental Alberto Ribeiro Lamengo**, Campos dos Goytacazes, v. 2, n. 2, p. 15-28. jul./dez. 2008. Disponível em: <<https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20080007/221>>. Acesso em: 26 abr. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO MOURÃO-PR. **Perfil - Campo Mourão**. Disponível em <<https://campomourao.atende.net/cidadao/pagina/perfil-campo-mourao>>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ROCHA, Paulo C.; SANTOS, Aline A. dos. **Análise hidrológica em bacias hidrográficas**. Mercator (Fortaleza), v. 12, p. 1-18, 2018.

SOUZA, Ana C. W.; Lima, Gemael B. Avaliação comparativa entre sistemas de drenagem convencional e drenagem sustentável: um estudo de caso no município de Santa Maria de Jetibá, ES. **Revista interdisciplinar da Farese**, Santa Maria de Jetibá, v. 1, n. 1, p.69-90. 2019. Disponível em: <<https://farese.edu.br/wp-content/uploads/sites/6/2020/02/AVALIAÇÃO-COMPARATIVA-ENTRE-SISTEMAS-DE-DRENAGEM-CONVENCIONAL-E-DRENAGEM-SUSTENTÁVEL-UM-ESTUDO-DE-CASO-NO-MUNICÍPIO-DE-SANTA-MARI.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

TOMAZ, Plínio. **Curso de manejo de águas pluviais, cap. 2. Método Racional**. Editor Plínio Tomaz, 2012.

TUCCI, Carlos E. M. et al. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH - Editora da universidade UFRGS, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. **Urbanização e recursos hídricos**. Porto Alegre: ABRH - Editora da universidade UFRGS, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. Águas Urbanas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112. 2008. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>>. Acesso em: 26 abr. 2022.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012, 50p. Disponível em: <[http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274\\_pt.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274_pt.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2022.



**ANEXO A - Relatório do *software* livre Pluvio 2.1 para Campo Mourão - PR**

Data de emissão do relatório: 23/05/2022



# Plúvio 2.1

Copyright (2005) © GPRH



## RELATÓRIO

### Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação

#### LOCALIZAÇÃO:

**Localidade:** Campo Mourão      **Estado:** Paraná

**Latitude:** 24°02'44"

**Longitude:** 52°22'59"

#### PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

**K:** 2121,079

**a:** 0,145

**b:** 21,960

**c:** 0,850

#### MAPA DE LOCALIZAÇÃO:

