



## Análise e Adequação do Sistema de Drenagem na Zona Central de Umuarama-PR

### *Analysis and Adequacy of a Drainage System in the Central Zone in Umuarama City*

Alexandre de Castro Salvestro

Lucídio Molina Filho

Angela Maria Picolloto

Jean Paulo Silva Natal

Aline Cristiane de Moraes

Fernanda Pugliesi

**Resumo:** Devido à intensificação da urbanização, muitas cidades se desenvolveram de forma desordenada e sem um planejamento prévio, gerando um impacto significativo na qualidade de vida da população e ao meio ambiente. A diminuição da capacidade de infiltração das águas pluviais nos terrenos e a ineficiência do sistema de drenagem são fatores que influenciam diretamente na ocorrência de enchentes, como é o caso da zona central do município de Umuarama-PR. Por meio de um estudo de caso realizado, verificou-se que para uma chuva com período de retorno de 10 anos o volume do escoamento superficial, encaminhado para o sistema de drenagem em uma área de  $0,255 \text{ km}^2$  é de  $7,83 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$  sendo superior à capacidade de engolimento das bocas de lobo de  $1,78 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$  da bacia em estudo. Desse modo, como solução para o controle da vazão excedente foi realizado o projeto para a implantação de emissários que retirasse esse volume excedente para outro ponto da cidade, uma vez que, a adequação do sistema corroborada com a ideia da inviabilidade, por se tratar de uma área comercial. Sendo assim, sugeriu-se a adoção de emissário com um conduto de 1500 mm de diâmetro.

**Palavra-chave:** enchentes; sistema de drenagem; emissários.

**Abstract:** Due the urban intensification, many cities hadn't an arranged and planned development, resulting in significant impact in the population quality of life and to the environment. The decreasing of rainfall infiltration rate in the land plots and the inefficiency of the drainage system are considered factors which directly influence the occurrence of urban flooding as happen in central area of Umuarama city. Through this study of case, was possible to verify that for a rainfall with return period of 10 years, the volume of the urban runoff in this area toward the drainage system in an area of  $0.255 \text{ km}^2$  is  $7,83 \text{ ms}^{-1}$ , what is considered upper the capacity of the storms drain which is around de  $1,78 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ . Thus, the solution to control the overage volume, was performed a project to implement rainfall pipelines in order to withdraw the overage volume toward other area in the city, thus, the system suitability corroborated with the idea of non-viability once it is a commercial area. Was suggested to adopt the rainfall pipelines with drains pipes with 1500 mm.

**Keywords:** flooding; drainage system; rainfall pipelines.

## INTRODUÇÃO

A falta de planejamento nos centros urbanos aliado ao crescimento populacional desordenado tornou-se uma ameaça à qualidade de vida da população e ao meio ambiente. Exemplo disso, é que com a diminuição da capacidade de infiltração das águas pluviais nos terrenos, o volume do escoamento superficial encaminhado para o sistema de drenagem gera um fluxo excedente, ocasionando enchentes no espaço urbano (Costa, 2001; Tucci, 1995).

De acordo com Canholi (2014), a análise e o equacionamento dos problemas da drenagem urbana é um dos maiores desafios dos administradores e responsáveis dos grandes centros urbanos. No Brasil, o deslocamento da população para as regiões metropolitanas em grande escala, ocorrido nos últimos tempos, agravou a situação, muitas vezes, já existente em razão das características próprias da drenagem natural da região.

Diante desse cenário, destaca-se a importância e a necessidade de delinear um conjunto de ações corretivas, executando intervenções onde o problema já ocorre e ações compensatórias, visando a minimizar os efeitos das enchentes. Segundo Tucci (1997), a solução ideal deve ser definida para cada caso em função de determinadas características e necessidades do local.

Em geral, as soluções adotadas pelos planos diretores consistem na implantação de medidas estruturais como redes de canalizações, galerias ou emissários que visam, prioritariamente, ao escoamento das águas pluviais de forma ágil para a jusante dos corpos hídricos, sendo o emissário a alternativa adequada em uma área urbana (Fendrich, 1997; Tucci, 2003).

Dentre as soluções para o controle de enchentes está a integração de ações que envolvem a recuperação da infiltração da bacia e o retardamento da velocidade da água escoada nas galerias. Essas ações são ditas não convencionais, pois diferem dos conceitos tradicionalistas e sua utilização não se encontra suficientemente difundida (Tomaz, 2002).

Existem inúmeros tipos de dispositivos que podem ser empregados no controle de enchentes, no entanto é necessário que esses sejam aplicados de acordo com as características de cada região, pois cada dispositivo pode apresentar uma variação de comportamento e funcionamento (Canholi, 2014; Costa, 2001). Dentre algumas alternativas destacam-se os pavimentos permeáveis e as grelhas de drenagem.

Marchioni *et al.* (2010), definem os pavimentos permeáveis como dispositivos que possuem espaços livres na sua estrutura onde a água e o ar possam atravessar. Essa alternativa permite a percolação da água e o amortecimento dos picos de vazão das chuvas, podendo ser utilizada em calçadas e estacionamentos. Já as grelhas são mecanismos construídos para captar as águas pluviais e tem a finalidade de facilitar e aumentar a eficiência da percolação em ruas e avenidas (Botelho, 1998; Fuminas, 2017).

Face ao exposto, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um levantamento de pontos de enchentes na zona central do município de Umuarama-PR e propor adequação dessas áreas por intermédio da implantação de emissários e de medidas auxiliares.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Enchentes

Segundo Costa (2001), enchente é o escoamento superficial das águas decorrente de chuvas fortes, que após suprir a retenção natural da cobertura vegetal, saturar os vazios do solo e preencher as depressões do terreno, as águas pluviais buscam os caminhos oferecidos pela drenagem natural e/ou artificial, fluindo até a capacidade máxima disponível, no sentido do corpo de água receptor final. Ainda de acordo com o autor, dependendo de uma série de fatores físicos e das proporções das chuvas, tais limites podem ser superados e os volumes excedentes invadirem áreas marginais.

Conforme Tucci (1997), as enchentes em áreas urbanas são consequências de dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

- *Enchentes devido à urbanização:* é o aumento da frequência e magnitude das enchentes devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente, o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;
- *Enchentes em áreas ribeirinhas:* as enchentes naturais que atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos.

As enchentes provocam além de danos materiais aos moradores e ao comércio, grande transtorno para o tráfego de veículos; a frequência e a gravidade desse fenômeno em algumas cidades e regiões metropolitanas demonstram a necessidade de buscar soluções alternativas (Canholi, 2014).

### Elementos de Captação e Transporte

A fim de controlar o problema ocasionado pelas enchentes, existem elementos de captação e transporte que formam sistemas de drenagem de água pluvial, constituídos essencialmente por emissários e dispositivos, podendo dispor de componentes especiais e instalações complementares (Lima *et al.*, 2013; Fendrich, 1997).

Um dos principais elementos constituintes dos emissários são os condutos, encarregados do transporte de água, denominadas de adutoras, que podem ser

classificadas conforme a energia utilizada para transporte, sendo a adução por gravidade o meio mais seguro e econômico de se conduzir a água (Heller, 2010).

De acordo com Tomaz (2002) as adutoras devem ocupar o meio da rua e o seu recobrimento mínimo deverá ser de 1,00 metro (m). Além disso, deve-se possibilitar a ligação das canalizações de escoamento das bocas de lobo e sempre que possível as adutoras deverão ser projetadas em tubos circulares de concreto com velocidades mínimas de  $0,6 \text{ ms}^{-1}$  e a máxima de  $5,0 \text{ ms}^{-1}$ .

Ainda segundo Tomaz (2002), para o cálculo, é recomendado o uso da fórmula de Manning-Strickler, que leva em consideração, variáveis como a vazão máxima de projeto, o coeficiente de rugosidade e a declividade da bacia.

O dimensionamento depende do coeficiente de rugosidade e do tipo de tubulação adotada e um dos critérios básicos é que as adutoras sejam projetadas para funcionamento a seção plena para a vazão de projeto (Tucci, 2001).

## Sarjetas

Conforme Tucci *et al.* (2001) as sarjetas são faixas localizadas em via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio; a calha formada é receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam.

As sarjetas são feitas de concreto simples, moldado *in loco*, ou de paralelepípedos argamassados, sendo usadas para fixar as guias e para formar o piso de escoamento de água e devido ao abaulamento da rua (declividade transversal) as águas correm principalmente pelas sarjetas (Botelho, 1998).

De acordo com Azevedo Netto (1998), as sarjetas são dimensionadas por critérios que não consideram sua função hidráulica. Desse modo, importa apenas determinar sua capacidade hidráulica (máxima vazão de escoamento) para comparação com a vazão originada da chuva de projeto e decidir as posições das bocas de lobo que retiram essas águas da superfície das ruas.

## Bocas de Lobo

Bocas de lobo são dispositivos locados nas sarjetas para a captação e escoamento das águas, quando se esgota sua capacidade hidráulica (Netto, 1998).

Segundo Tomaz (2002), as bocas de lobo devem ser localizadas de maneira a não permitir que o escoamento superficial fique indefinido com a criação de zonas mortas, e sua locação deve seguir as seguintes recomendações:

- Locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta o requerer ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- Locadas nos pontos baixos da quadra;
- Melhor solução para a instalação de bocas de lobo é em pontos afastados a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, juntos às esquinas. Não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes pelos seguintes

motivos: os pedestres para cruzarem uma rua teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam como resultante um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca de lobo.

Na prática, a capacidade de esgotamento das bocas de lobo é menor que a calculada, em razão de diversos fatores, entre os quais se enumeram: obstruções causadas por detritos carreados pelas águas, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas e bocas de lobo, hipóteses de cálculo que nem sempre correspondem à realidade (Fendrich, 1997). Tucci *et al.* (2001) apresenta alguns valores de coeficientes de redução sugeridos para compensar os efeitos globais destes fatos, conforme tabela 1:

**Tabela 1 - Fatores de redução de escoamento.**

Localização	Tipo de Boca de Lobo	% permitida
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha Transversal	60

**Fonte: ASCE, citada por Tucci *et al.* 2001.**

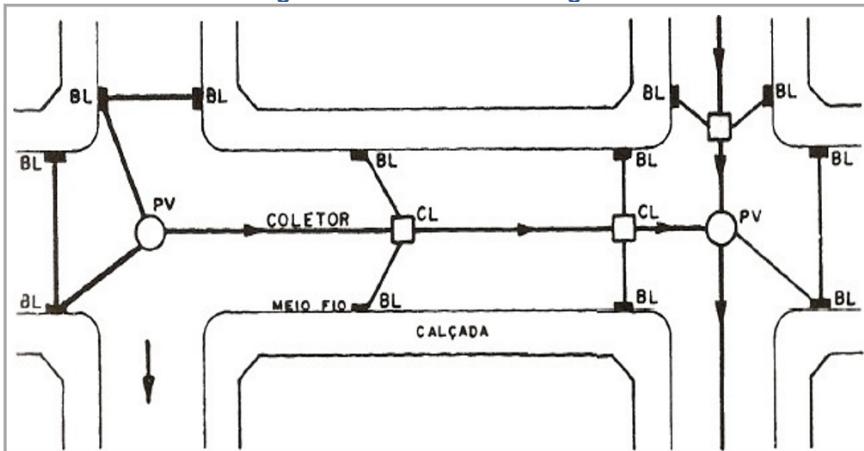
## Poço de visita

Para Botelho (1998) a função do poço de visita é permitir a inspeção, limpeza e desobstrução de galerias enterradas por operários que entram nessas instalações, ou por uso de equipamento mecânico. O poço de visita é instalado em cruzamentos de ruas, quando a galeria tem o diâmetro de seus tubos aumentado, quando ocorre mudança de direção de galeria, a montante da rede ou em trechos muito longos de galeria sem inspeção.

Os poços de visita devem atender às mudanças de direção, de diâmetro e de declividade, à ligação das bocas de lobo, ao entroncamento dos diversos trechos e ao afastamento máximo admissível (Tucci *et al.*, 2001).

## Esquema gráfico dos elementos de captação

Os elementos de captação são compostos por bocas de lobo (BL), sarjetas, caixa de ligação (CL) e poço de visita (PV), dispostos de acordo com a Figura 1:

**Figura 1 - Sistema de drenagem.**

Fonte: Tucci et al. 2001.

## Projeto de Drenagem

### Estimativa de vazão de projeto

Em relação ao cálculo de vazão de projeto, um dos métodos mais usuais e difundidos para a estimativa e dimensionamento do sistema de drenagem pluvial é o método racional, pois, é aplicado de modo geral aos casos em que se requer somente a estimativa da vazão de pico  $Q_{máx}$  (vazão máxima) (Heller, 2010).

Segundo Tucci et al.(2001), devido a formulação do método, recomenda-se o seu uso somente para bacias menores que 2 quilômetros quadrados ( $Km^2$ ) de área de drenagem. Destaca-se que os seus princípios básicos são: a) considerar a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração; b) adotar um coeficiente único de perdas denominado  $C$ , estimado com base nas características da bacia e; c) não avaliar o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

Tomaz (2002) destaca a existência de uma equação do método racional que depende das variáveis de intensidade de precipitação, do coeficiente de deflúvio, da área da bacia e do tempo de concentração.

No que se refere à intensidade de precipitação, pode ser definida pela relação entre a altura da chuva, recolhida em uma determinada área, em função do tempo decorrido, observando-se que as altas intensidades correspondem a curtas durações. Essa intensidade é obtida por meio de fórmulas que relacionam a intensidade, duração e frequência da chuva (Netto, 1998).

De acordo com Garcez e Alvarez (1999) o coeficiente de deflúvio é determinado pela relação entre a quantidade total escoada pela seção e a quantidade total de água precipitada na bacia contribuinte.

Já a área da bacia corresponde à área de drenagem, cujo valor corresponde à área plana entre os divisores topográficos projetados verticalmente, sendo um elemento básico para o cálculo das outras características, de modo a permitir a estimativa do volume precipitado de água (Paz, 2004; Tucci *et al.*, 2001).

Collischonn e Dornelles (2013) definem o tempo de concentração como o tempo de viagem da gota de água da chuva que atinge a região mais remota da bacia, desde o início de seu escoamento, até o momento que atinge o exutório. Nesse caso, esse tempo depende tanto da distância total que a água deve percorrer, quanto da velocidade que a água escoa.

## Escoamento Superficial

Garcez e Alvarez (1999) descrevem o escoamento superficial como uma fase do ciclo hidrológico que trata do conjunto das águas que, por efeito da gravidade, se desloca na superfície da terra. Sendo assim, o escoamento superficial está intimamente ligado às precipitações atmosféricas.

Do volume total de água precipitado sobre o solo, apenas uma parcela escoa sobre a superfície e, sucessivamente constitui as enxurradas, os córregos, os ribeirões, os rios e lagos. O restante é interceptado pela cobertura vegetal e depressões do terreno, de forma a infiltrar e evaporar; sendo a proporção entre essas parcelas algo que depende das condições físicas do solo, declividade, tipo de vegetação, impermeabilização e capacidade de infiltrações (Netto, 1998).

## Coeficiente de deflúvio

Segundo Tucci *et al.* (2001), em bacias pequenas as condições mais críticas ocorrem devido às precipitações convectivas (pequena duração e grande intensidade). Para esse tipo de evento adota-se um coeficiente único de perdas, denominado coeficiente de deflúvio, também conhecido por coeficiente de “runoff” ou coeficiente de escoamento superficial. O referido autor enfatiza que a estimativa do coeficiente é baseada por meio da superfície, de acordo com a característica da bacia, conforme tabela 2:

**Tabela 2 - Valores do coeficiente de “runoff”.**

Superfície	Coeficiente de runoff, C Intervalo	Valor esperado
Pavimento		
Asfalto	0,70 – 0,95	0,83
Concreto	0,80 – 0,95	0,88
Calçada	0,75 – 0,85	0,8
Cobertura: grama solo arenoso		
Pequena declividade 2%	0,05 – 0,10	0,08
Declividade média (2 a 7 %)	0,10 – 0,15	0,13
Forte declividade (7%)	0,15 – 0,20	0,18

Superfície	Intervalo	Coeficiente de runoff, C Valor esperado
Cobertura: grama solo argiloso		
Pequena declividade 2%	0,05 – 0,10	0,15
Declividade média (2 a 7 %)	0,10 – 0,15	0,2
Forte declividade (7%)	0,15 – 0,20	0,3

**Fonte: ASCE, citada por Tucci et al. 2001.**

Conforme Tomaz (2002), a escolha do coeficiente “C” necessita de experiência e julgamento por parte do calculista, pois, o coeficiente depende também do solo, já que a infiltração decresce, enquanto que a chuva continua, de acordo com a porosidade do subsolo, vegetação, declividade e depressões onde a água pode armazenar.

## Bacia Hidrográfica

Bacia hidrográfica ou bacia de contribuição de uma seção de drenagem é uma área geográfica constituída pelas vertentes que coletam a água precipitada que, escoando superficialmente, atingirá a seção de drenagem (Netto, 1998).

Collischonn e Dornelles (2013) caracterizam a bacia hidrográfica como um sistema físico sujeito a entradas de água (eventos de precipitação) que geram saídas de água (escoamento e evapotranspiração). Assim, a área da bacia é um dado fundamental para definir a potencialidade hídrica, uma vez que a bacia é a região de captação da água da chuva.

As vazões de uma bacia dependem de fatores climáticos e geomorfológicos, tais como: intensidade, duração, distribuição espaço-temporal da precipitação sobre uma bacia, bem como a evaporação do solo e superfícies líquidas e pela transpiração dos vegetais (Heller, 2010).

## Tempo de Concentração

De acordo com Azevedo Netto (1998), o tempo de concentração está relacionado ao intervalo de tempo da duração da chuva necessário para que toda a bacia hidrográfica passe a contribuir para a vazão na seção de drenagem, sendo também o tempo de percurso até a seção de drenagem, de uma porção da chuva caída no ponto mais distante da bacia.

O tempo de concentração pode ser estimado pela equação de Kirpich. A fórmula foi apresentada em uma unidade prática por sugestão da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (Tomaz, 2013).

## Emissários

Segundo Smith (1849), os exemplos mais marcantes de obras de emissários utilizados para drenagem de águas pluviais foram encontrados na Grécia, em

480 a.C.. Embora fossem admirados por sua magnitude, os emissários possuíam acabamento muito rude, formado por grandes blocos de pedra. O autor ainda ressalta que, algumas obras deste tipo estão entre os esforços mais notáveis da engenhosidade romana.

Os emissários são elementos utilizados para escoar as águas drenadas na área urbana para fora do perímetro urbano, até atingirem os locais adequados para deságue em dissipadores de energia ou seção artificial natural hidráulicamente estável, podendo ser constituídos por tubulação de concreto, poços de visita, poços de queda ou poços de coleta (Fendrich, 1997).

O emissário deve ser projetado e executado de maneira tal que permita a rápida coleta e escoamento das águas pluviais para córregos, rios, lagos, a fim de evitar enchentes no meio urbano (Borges *et al.*, 1992).

Conforme Fendrich (1997), para o dimensionamento, é recomendado o uso da fórmula de Manning-Strickler, que considera as variáveis do deflúvio, da declividade e do coeficiente de rugosidade.

O dimensionamento hidráulico constitui importante papel no projeto de galerias de águas pluviais e para correta adequação é importante avaliar a capacidade de vazão dos elementos existentes, identificando os eventuais pontos de estrangulamento (gargalos) (Canholi, 2014).

Tucci *et al.* (2001) acrescenta que o sistema de drenagem deve ser planejado de forma homogênea e todas as áreas devem possuir condições adequadas de drenagem.

## Medidas Auxiliares de Controle de Enchentes

De acordo com Canholi (2014), estruturas de drenagem alternativas normalmente envolvem aspectos de operação e manutenção de natureza mais complexa, ou seja, exigem maior cuidado operacional e manutenção mais rigorosa. Essas medidas de correção e/ou compensatória podem ser implantadas visando a minimizar os danos causados pelas enchentes.

Os sistemas urbanos criam superfícies impermeáveis, gerando impactos de aumento do escoamento, que é transportado através de condutos e canais. Esses dispositivos hidráulicos apresentam custos diretamente relacionados com a vazão máxima e para reduzi-los e minimizar os impactos a jusante, uma das ações é a de permitir maior infiltração da precipitação, criando condições próximas às condições naturais (Suderhsa, 2002).

Dentre as medidas compensatórias possíveis de serem utilizadas para o controle de enchentes, existem os pavimentos permeáveis, que são constituídos normalmente de concreto ou asfalto, dos quais são retiradas as partículas mais finas, e adicionalmente podem ser construídos sobre camadas permeáveis, geralmente com bases de material granular (Canholi 2014).

Segundo Righetto (2009), em geral os pavimentos permeáveis, são projetados para suportar cargas dinâmicas de veículos leves em áreas de estacionamentos,

constituindo uma boa alternativa não convencional para redução do efeito da impermeabilização sobre a drenagem, de maneira a atuar como um reservatório, no entanto, o pavimento permeável exige manutenção periódica para a retirada do sedimento fino retido na superfície (espaços entre os blocos), que dificulta ou prejudica a infiltração.

O revestimento superior dos pavimentos permeáveis pode ser constituído de blocos de concreto vazados, preenchidos com grama, proporcionando o aumento da área verde, melhorando as condições estéticas e de evapotranspiração. O revestimento é assentado sobre camada de areia que, por sua vez, é assentada sobre uma camada filtrante e por baixo uma camada de brita, assim como no revestimento de concreto poroso, na superfície do terreno, os vazios dos blocos podem ser preenchidos com pedriscos, areia ou grama de acordo com o esquema abaixo (Costa Ribeiro, 2007).

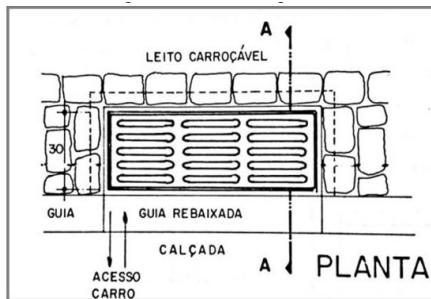
**Figura 2 - Esquema de pavimento permeável.**



**Fonte: Marchioni et al. 2010.**

A camada de base granular dos pavimentos permeáveis funciona como um filtro para a água da chuva, reduzindo a sua contaminação. Outra vantagem é que eles promovem um retardamento da chegada da água do terreno ao sistema de drenagem da cidade (Marchioni et al. 2010).

Outra medida possível de ser utilizada são as grelhas de drenagem, locadas no meio do leito carroçável ou nas calçadas, podendo ser formadas por diversos materiais, dentre eles, destacam-se as de peça de ferro fundido com aletas (lâminas), dispostas no sentido do maior caudal de água; e com o intuito de manter a segurança do ponto de vista dos transeuntes (cegos com bengalas) é utilizado um tipo de grelha com aletas inclinadas conforme segue figura (Botelho, 1998).

**Figura 3 - Caixa de grelha.**

Fonte: Botelho, 1998.

**Figura 4 - Grelha quadriculada.**

Fonte: Fuminas, 2017.

A grelha quadriculada foi desenvolvida para atender as solicitações da NBR 10160, evitando transtornos com cadeiras de rodas, muletas, bengalas, crianças e animais, podendo ser utilizada para captação de água em grandes extensões (Fuminas, 2017).

## METODOLOGIA

Visando alcançar os objetivos do presente trabalho, adotou-se a seguinte metodologia:

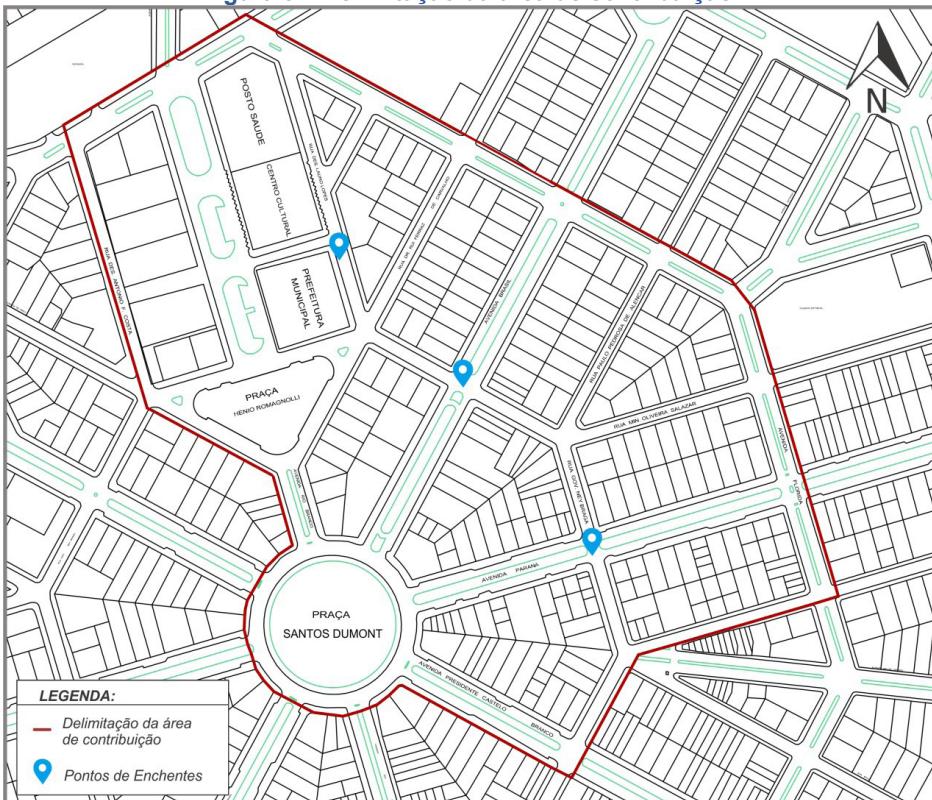
Considerando o propósito inicial do trabalho, que se baseia no controle da vazão excedente por intermédio da implantação de emissários na zona central de Umuarama- PR, foi realizado um levantamento de pontos no centro da cidade que apresentam registros de enchentes, sendo citados em fotografias, jornais e pesquisas.

A área de contribuição foi determinada considerando a declividade das vias e os pontos de encontro de enchentes. Esses estão representados no centro do município de Umuarama-PR, conforme a figura 5:



## Levantamento da Área de Contribuição

Figura 5 – Delimitação da área de contribuição.



Fonte: Prefeitura Municipal de Umuarama, adaptado pelas autoras, 2017.

## Dimensionamento da Vazão Excedente

A partir da análise da área de contribuição, foi determinada a vazão de enchentes pela seguinte relação:

$$Q_{enchentes} = Q_{precipitação} - Q_{das\ bocas\ de\ lobo} \quad (\text{Equação 1})$$

Para a obtenção da intensidade de precipitação será utilizado a equação descrita por Azevedo Netto (1998), que segue:

$$I = a \times Tr^b / (Tc + c)^d \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$I$  = intensidade pluviométrica, em milímetros por hora ( $mmh^{-1}$ );  $Tr$  = tempo de recorrência, em anos;

$Tc$  = tempo de concentração, em minutos (min);

$a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  = parâmetros a serem determinados para a localidade em questão.

Os parâmetros utilizados na equação de intensidade-duração-frequência (IDF) de chuvas intensas, válidas para o município de Umuarama-PR foram gerados pelo software *Pluvio 2.1*, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

O tempo de concentração foi estimado considerando a equação referenciada por Tucci (1995), que segue:

$$T_c = 57 (L^3/H)^{0,385} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$L$  = extensão do curso de água, em quilômetros (km);

$H$  = diferença de cotas entre a seção de drenagem e o ponto mais alto do talvegue, em metros (m);

$T_c$  = tempo de concentração, em minutos (min).

Para o cálculo das vazões, foi utilizado o Método Racional, conforme recomenda Tomaz (2002), por se tratar de uma área com menos de 2 km<sup>2</sup>.

$$Q_{\text{máx}} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$Q$  = vazão pluvial, em metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>);

$C$  = coeficiente de runoff ou coeficiente de escoamento superficial, que relaciona o volume precipitado com o volume efetivamente escoado;

$I$  = intensidade de precipitação relação entre a altura da chuva, recolhida em uma determinada área em função do tempo decorrido, em mmh<sup>-1</sup>;

$A$  = área de drenagem, em km<sup>2</sup>.

## Dimensionamento da Vazão Regularizada pelas Bocas de Lobo

O dimensionamento da vazão regularizada foi realizado por meio do levantamento de dados sobre a locação, condições e características das bocas de lobos que se encontram na área de contribuição. As vazões de captação foram calculadas de acordo com Fendrich (1997), conforme as seguintes equações:

Boca de lobo na guia

$$Q = 1,7 \times L \times y^{3/2} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

$Q$  = vazão de engolimento, em m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>;

$L$  = comprimento da soleira, em m;

$y$  = altura de água próxima à abertura na guia, em m.

- Boca de lobo combinada

A capacidade de engolimento das bocas de lobo combinada é obtida mediante a soma das vazões pela abertura na guia e pela grelha.

- Boca de lobo com grelha

$$Q = 1,7 \times P \times y^{3/2}$$

(Equação 6)

Onde:

$Q$  = vazão de engolimento, em  $m^3 s^{-1}$ ;

$P$  = perímetro, em m;

$y$  = altura de água próxima à abertura na guia, em m.

A determinação da capacidade total de captação de água será obtida por meio da soma da capacidade individual de cada boca de lobo.

## Dimensionamento dos Emissários

Após a obtenção da vazão de enchentes, os emissários foram dimensionados pela fórmula de Manning, conforme recomendado por Fendrich (1997), que segue:

$$D = 1,55 (Q \times n / I^{1/2})^{3/8}$$

(Equação 7)

Onde:

$D$  = diâmetro do emissário, em m;

$Q$  = deflúvio, em  $m^3 s^{-1}$ ;

$I$  = declividade, em  $m/100m$ ;

$n$  = coeficiente de rugosidade (tubos de concreto).

## Medidas Auxiliares

As medidas auxiliares que visam a reduzir os impactos ocasionados pelas enchentes, foram discutidas a partir da avaliação do uso e ocupação do solo e dos pontos críticos de enchente.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Levantamento da Área de Contribuição

Em decorrência das enchentes ocorridas nos períodos de precipitação intensa na zona central de Umuarama-PR, delimitou-se uma bacia com área de aproximadamente  $0,255 \text{ Km}^2$ , que compreende o alinhamento da Avenida Manaus, Rua Desembargador Antônio Ferreira da Costa, Praça Santos Dumont, Avenida Presidente Castelo Branco, Rua Doutor de Camargo e Avenida Flórida.

Devido à topografia da região, o volume de água pluvial escoa no sentido a essas vias, à medida que a vazão de precipitação ultrapassa a capacidade de engolimento das bocas de lobo o excesso de água se acumula em determinados pontos. Outro fator que interfere na retenção de água é a baixa permeabilidade do solo, causada, principalmente pela quantidade de construções existentes ao entorno e no local de estudo.

## Dimensionamento da Vazão Excedente

Para a obtenção da vazão de precipitação, utilizaram-se algumas equações, já mencionadas anteriormente e que serão detalhadas a seguir.

Inicialmente, determinou-se a intensidade de precipitação por meio da equação de chuvas intensas (IDF) válidas para o município de Umuarama-PR. Os valores dos coeficientes foram obtidos com base no software *Plúvio 2.1*, de acordo com a Tabela 3:

**Tabela 3 - Parâmetros da Equação IDF.**

Pluviômetro	K	A	B	C
Umuarama	1752,27	0,148	17	0,840

**Fonte: Fendrich, 1998.**

Para o desenvolvimento desta equação, o tempo de recorrência ou período de retorno adotado foi de 10 anos, conforme recomenda Fendrich (1997) por se tratar de uma área comercial.

Posteriormente, determinou-se o valor a ser utilizado para o coeficiente de deflúvio igual a 0,80 (pavimentos de asfalto), de acordo com as características da superfície da bacia.

Utilizando os parâmetros estipulados para a equação de chuvas intensas, obteve-se uma intensidade de precipitação igual a  $138,00 \text{ mmh}^{-1}$ . Por fim, a partir dos valores obtidos, calculou-se a vazão de precipitação por meio do método racional, que relaciona a precipitação com o coeficiente deflúvio e a área da bacia, sendo determinada pela seguinte equação:

$$Q_{\text{máx}} = 0,278 \cdot 0,80 \cdot 138,00 \cdot 0,255 = 7,83 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (\text{Equação 8})$$

A vazão excedente foi de  $6,05 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , dada pela diferença da vazão de precipitação e da vazão de engolimento das galerias existentes, conforme equação 1. Sendo a capacidade de engolimento total das bocas de lobo estimada em  $1,78 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , e a de precipitação de  $7,83 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Analizando os dados, verifica-se que a capacidade de engolimento das galerias existentes não atende completamente a demanda requisitada.

## Dimensionamento da Vazão Regularizada pelas Bocas de Lobo

A primeira etapa do dimensionamento da vazão regularizada pelas galerias, refere-se ao levantamento de dados realizado *in loco* mediante a utilização do GPS eTrex Legend® H (Garmin). O levantamento detectou a existência de 149 bocas de lobo, em sua maioria com soleiras medindo 0,40 m variando, no entanto, de 0,25 m a 0,47m e com uma altura média de 0,06 m.

Por meio do levantamento *in loco*, pôde-se efetuar uma composição esquemática, contendo dados sobre a locação, condições e características das bocas de lobo, conforme a tabela 4, que segue:

**Tabela 4 – Levantamento das bocas de lobo da área estudada.**

<b>Cód. Bocas de Lobo (1)</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>		<b>Soleira</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>	<b>Vazão</b>
	<b>N</b>	<b>E</b>	(cm)	(cm)	(cm)	<b>m3/s</b>
BLG 01	264628	7370542	37,00	17,00	5,00	0,01349
BLG 02	264634	7370550	37,00	17,00	4,00	0,00966
BLG 03	264711	7370513	37,00	17,00	5,00	0,01349
BLG 04	264704	7370498	37,00	17,00	4,00	0,00966
BLG 05	264774	7370465	37,00	17,00	7,00	0,02235
BLG 06	264755	7370457	37,00	19,00	4,00	0,01020
BLG 07	264787	7370409	37,00	19,00	10,00	0,04032
BLG 08	264770	7370405	37,00	19,00	7,00	0,02361
BLG 09	264811	7370327	37,00	19,00	6,00	0,01874
BLG 10	264795	7370324	37,00	19,00	7,00	0,02361
BLG 11	264808	7370287	43,00	18,00	4,33	0,01210
BLG 12	264822	7370230	40,00	17,00	6,00	0,01849
BLG 13	264672	7371750	47,00	15,00	4,00	0,01047
			39,00	18,00	7,00	0,02361
BLC 01	264660	7370174	37,00	-	6,33	0,01002
			40,00	-	6,67	0,01171
			40,00	-	6,33	0,01083
BLC 02	264654	7370174	40,00	-	6,33	0,01083
			37,00	17,00	4,00	0,00966
BLG 14		7370096	37,00	17,00		
BLG 15	264628	7370094	37,00	17,00	4,00	0,00966
BLG 16	264594	7370087	39,00	17,00	3,00	0,00645
BLS 01	264586	7370083	37,00	-	4,67	0,00635
BLG 17	264408	7370124	37,00	17,00	6,00	0,01774
BLG 18	264361	7370142	40,00	16,00	4,00	0,00979
<b>Cód. Bocas de Lobo (1)</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>		<b>Soleira</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>	<b>Vazão</b>
	<b>N</b>	<b>E</b>	(cm)	(cm)	(cm)	<b>m3/s</b>
BLG 19	264395	7370270	39,00	17,00	8,00	0,02808
BLG 20	264382	7370266	39,00	17,00	12,00	0,05159
BLS 02	264468	7370229	25,00	-	7,33	0,00843
BLS 03	264478	7370187	Obstrução			0,00000
BLG 21	264520	7370377	37,00	16,00	5,00	0,01311

Cód. Bocas de Lobo (1)	COORDENADAS UTM		Soleira (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Vazão m3/s
	N	E				
BLC 03	264537	7370405	40,00	-	8,00	0,01539
			40,00	-	7,00	0,01259
BLC 04	264533	7370411	40,00	-	3,00	0,00353
			40,00	-	2,00	0,00192
BLC 05	264514	7370413	40,00	-	3,33	0,00413
			37,00	17,00	2,00	0,00341
			40,00	-	7,00	0,01259
BLC 06	264502	7370405	40,00	-	7,33	0,01349
			37,00	17,00	1,00	0,00121
			37,00	17,00	6,00	0,01774
BLC 07	264508	7370411	40,00	-	5,00	0,00760
			30,00	-	6,00	0,00750
BLC 08	264601	7370360	40,00	-	3,67	0,00478
			40,00	-	7,00	0,01259
BLS 04	264593	7370363	37,00	-	7,00	0,01165
			40,00	-	3,67	0,00478
BLC 09	264597	7370348	37,00	-	4,00	0,00503
			40,00	-	4,67	0,00686
BLC 10	264606	7370365	40,00	-	7,00	0,01259
			40,00	-	7,67	0,01444
BLS 05	264616	7370367	37,00	-	2,00	0,00178
			40,00	-	6,67	0,01171
BLC 11	264623	7370360	37,00	17,00	9,00	0,03259
			40,00	-	7,00	0,01259
BLS 06	264637	7370276	40,00	-	6,67	0,01171
			40,00	-	8,00	0,01539
BLC 12	264624	7370275	40,00	-	4,00	0,00966
			37,00	17,00	4,00	0,00340
BLS 07	264650	7370272	25,00	-	6,33	0,00677
BLS 08	264654	7370254	25,00	-	7,33	0,00843
BLS 09	264692	7370267	25,00	-	3,33	0,00258
BLS 10	264735	7370278	32,00	-	6,33	0,00866
BLS 11	264766	7370287	31,00	-	6,67	0,00908
BLS 12	264726	7370297				

Cód. Bocas de Lobo (1)	COORDENADAS UTM		Soleira (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Vazão m3/s
	N	E				
BLS 13	264604	7370260	25,00	-	7,00	0,00787
BLS 14	264613	7370244	25,00	-	7,67	0,00903
BLS 15	264597	7370239	25,00	-	7,33	0,00843
BLG 22	264559	7370229	37,00	6,00	5,00	0,00931
BLG 23	264555	7370227	37,00	7,00	4,00	0,00694
BLG 24	264606	7370241	37,00	7,00	4,00	0,00694
Cód. Bocas de Lobo (1)	COORDENADAS UTM		Soleira (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Vazão m3/s
	N	E				
BLS 16	264535	7370221	25,00	-	6,67	0,00732
BLS 17	264514	7370216	25,00	-	5,67	0,00574
BLS 18	264507	7370231	25,00	-	5,00	0,00475
BLS 19	264531	7370239	38,00	-	10,00	0,02043
BLS 20	264589	7370255	26,00	-	8,00	0,01000
BLS 21	264805	7370211	39,00	-	5,00	0,00741
BLG 25	264698	7370288	39,00	18,00	4,00	0,01020
BLG 26	264497	7370330	37,00	16,00	1,00	0,00117
BLG 27	264504	7370344	37,00	17,00	1,00	0,00121
BLG 28	264512	7370358	37,00	16,00	1,00	0,00117
BLC 13	264428	7370645	40,00	-	8,00	0,01539
			40,00	-	8,00	0,01539
BLC 14	264538	7370601	40,00	-	9,00	0,01836
			40,00	-	8,00	0,01539
BLC 15	264432	7370472	39,00	-	5,67	0,00895
			39,00	-	8,00	0,01500
BLC 16	264453	7370647	40,00	-	5,33	0,00837
			40,00	-	4,00	0,00544
BLC 17	264366	7370694	40,00	-	5,00	0,00760
			40,00	-	5,00	0,00760
BLC 18	264359	7370680	40,00	-	7,00	0,01259
			40,00	-	9,00	0,01836
BLC 19	264381	7370669	40,00	-	7,00	0,01259
			40,00	-	7,00	0,01259
BLC 20	264630	7370715	40,00	-	7,00	0,01259
			40,00	-	7,00	0,01259

Cód. Bocas de Lobo (1)	COORDENADAS UTM		Soleira (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Vazão m3/s
	N	E				
BLC 21	264326	7370704	40,00	-	7,00	0,01259
			40,00	-	5,00	0,00760
BLC 22	264398	7370594	40,00	-	5,67	0,00918
			40,00	-	11,00	0,02481
BLC 23	264389	7370591	40,00	-	10,00	0,02150
			40,00	-	6,00	0,00999
BLS 22	264524	7370590	39,00	-	9,00	0,01790
BLG 29	264424	7370597	37,00	17,00	5,00	0,01349
			40,00	-	7,00	0,01259
BLC 24	264449	7370633	40,00	-	7,00	0,01259
			41,00	23,00	1,00	0,00148
BLS 23	264503	7370604	40,00	-	6,00	0,00999
BLG 30	264412	7370583	37,00	17,00	6,00	0,01774
			40,00	-	4,67	0,00686
BLC 25	264445	7370470	40,00	-	7,33	0,01349
			40,00	-	4,00	0,00544
BLC 26	264448	7370454	40,00	-	7,00	0,01259
			40,00	-	8,00	0,01539
			40,00	-	7,00	0,01259

Cód. Bocas de Lobo (1)	COORDENADAS UTM		Soleira (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Vazão m3/s
	N	E				
BLC 27	264457	7370489	40,00	-	7,00	0,01259
			40,00	-	6,00	0,00999
BLC 28	264462	7370498	40,00	-	6,00	0,00999
			40,00	-	7,00	0,01259
BLC 29	264473	7370499	40,00	-	7,67	0,01444
			40,00	-	7,00	0,01259
BLC 30	264422	7370467	44,00	-	7,00	0,01385
BLS 24	264420	7370448	40,00	-	6,00	0,00999
BLC 31	264369	7370661	40,00	-	6,00	0,00999
			40,00	-	3,00	0,00353
BLS 25	264372	7370428	40,00	-	8,33	0,01635

Cód. Bocas de Lobo (1)	COORDENADAS UTM		Soleira (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Vazão m3/s
	N	E				
BLS 26	264319	7370412	40,00	-	14,00	0,03562
BLS 27	264192	7370600	40,00	-	7,67	0,01444
BLS 28			Obstrução			0,00000
BLS 29			Obstrução			0,00000
BLS 30			Obstrução			0,00000
BLS 31	264242	7370637	44,00	-	7,00	0,01385
BLS 32	264248	7370661	40,00	-	14,33	0,03689
BLS 33	264237	7370413	40,00	-	10,33	0,02258
BLG 31	264187	7370590	35,00	14,00	4,00	0,00857
BLS 34	264401	7370522	40,00	-	8,33	0,01635
BLS 35	264258	7370633	40,00	-	11,00	0,02481
BLS 36	264293	7370642	40,00	-	6,67	0,01171
BLS 37	264357	7370436	40,00	-	9,67	0,02045
BLS 38	264326	7370688	39,00	-	9,00	0,01790
BLG 32	264449	7370133	37,00	17,00	4,00	0,00966
BLG 33	264478	7370168	37,00	17,00	5,00	0,01349
BLS 39	264339	7370334	40,00	-	9,00	0,01836
BLS 40	264403	7370395	40,00	-	9,00	0,01836
BLS 41	264668	7370072	37,00	-	2,00	0,00178
BLG 34	264635	7370064	40,00	17,00	4,33	0,00613
BLG 35	264502	7370381	40,00	18,00	2,00	0,00365

**Fonte: autoras, 2017.**

<sup>(1)</sup> Legenda: BLG — Boca de Lobo com Grelha / BLS — Boca de Lobo Simples / BLC - Boca de Lobo Combinada.

A capacidade de engolimento das bocas de lobo foi calculada conforme equação proposta por Fendrich (1997), exemplificada para:

- Boca de lobo na guia

$$Q = 1,7 \times 0,37 \times 0,02^{3/2} = 0,001 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (\text{Equação 9})$$

- Boca de lobo combinada

$$Q = 1,7 \times 0,37 \times 0,02^{3/2} + Q = 1,7 \times 0,37 \times 0,02^{3/2} = 0,002 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (\text{Equação 10})$$

- Boca de lobo com grelha

$$Q = 1,7 \times (0,37 + (0,16 \times 2)) \times 0,05^{3/2} = 0,013 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (\text{Equação 11})$$

Posteriormente, elaborou-se um mapa que demonstra a localização das bocas de lobo, de acordo com as coordenadas obtidas no presente estudo.

Dentre os principais aspectos observados, destacam-se as reduções da altura das bocas de lobo devido ao recapeamento asfáltico, obstruções causadas por resíduos sólidos, tampas desalinhadas e sobrepostas. Tais fatores reduzem o escoamento das águas pluviais, tornando o sistema de drenagem falho e ineficiente. As Figuras 6 e 7 exemplificam alguns desses aspectos.

**Figura 6 – Boca de lobo (BLG 15)      Figura 7 – Boca de lobo (BLS 03).**



**Fonte: Autoras, 2017.      Fonte: Autoras, 2017.**

A obstrução causada por resíduos sólidos acarreta na redução substancial da capacidade de engolimento dos dispositivos, além disso, esses resíduos podem atingir e poluir o corpo de água receptor.

A falta de manutenção e conservação também é motivo de preocupação, pois oferece riscos iminentes à população, conforme apontado na figura 8.

**Figura 8 – Boca de lobo (BLC 18) com tampas desalinhadas.**



**Fonte: autoras, 2017.**

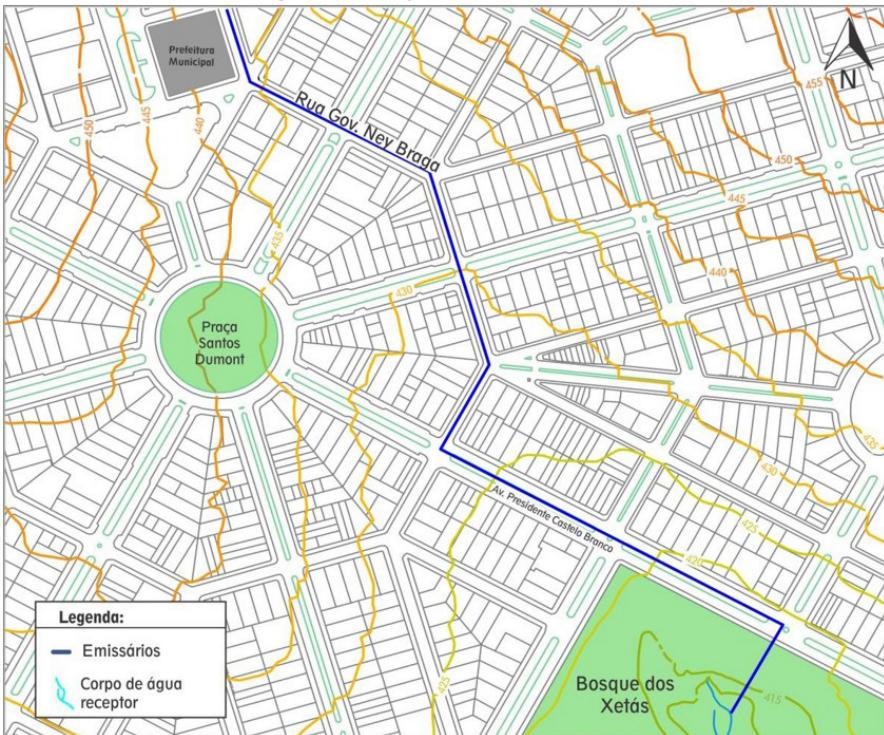
Outro fato que corrobora com a ideia do processo de enchentes é o detalhamento de suporte das galerias ligadas às bocas de lobo. Por meio de consultas realizadas junto a Prefeitura Municipal, obteve-se o traçado da rede existente no município e os diâmetros das galerias. Entretanto, as únicas informações obtidas sobre sistema de drenagem implantado no município, são da década de 70. Em sua maioria são galerias independentes com diâmetros variando entre 600 mm e 1600 mm, calculados para uma demanda que não é contundente com a real situação.

## Dimensionamento dos Emissários

Considerando a declividade natural do terreno, o trajeto dos emissários foi delimitado pelo alinhamento da Rua Desembargador Lauro Lopes, Rua Governador Ney Braga e Avenida Presidente Castelo Branco, perfazendo uma distância de 1,02 Km.

O lançamento das águas pluviais será realizado no córrego Mimosa, afluente do Ribeirão Pinhalzinho, localizado no Bosque dos Xetás, de acordo com a figura 9, que segue:

**Figura 9 – Trajeto dos emissários.**



**Fonte: Prefeitura Municipal de Umuarama, adaptado pelas autoras, 2017.**

Utilizando a fórmula de Manning, estabeleceu-se uma declividade longitudinal das vias de 2% e um coeficiente de rugosidade (tubos de concreto) de 0,015.

Empregando-se os parâmetros acima se obteve um diâmetro igual a 1,44 m. Desse modo, com base nos diâmetros comerciais, pode-se utilizar um conduto de 1500 mm, o que pode inferir no controle da vazão excedente.

## Medidas Auxiliares

A implantação de medidas auxiliares requer uma análise ampla e comparativa, pois, devem-se considerar fatores econômicos, ambientais e operacionais.

Entretanto, na ausência de informações mais detalhadas, o presente estudo propõe apenas uma reflexão sobre a integração dessas medidas com as ações corretivas, já discutidas anteriormente.

No que se refere à aplicação dos pavimentos permeáveis, conforme Figura 10, a pesquisa baseou-se em áreas de tráfego com baixa intensidade, ou seja, estacionamentos e praças. A área de contribuição do pavimento permeável corresponde a aproximadamente 0,0086 Km<sup>2</sup>, o que consiste em 3,37% da área total da bacia.

**Figura 10 – Área de Contribuição – Pavimento Permeável.**



**Fonte:** Prefeitura Municipal de Umuarama, adaptado pelas autoras, 2017.

Por se tratar de uma área pequena, quando comparada com a área da bacia, a contribuição desses dispositivos em relação à capacidade de infiltração é relativamente baixa. Além disso, há a possibilidade de ocorrer uma redução parcial ou total dessa capacidade devido às características de permeabilidade do solo.

Ainda, deve ser levado em consideração que as medidas auxiliares possuem aspectos que influenciam diretamente na durabilidade e eficiência dos dispositivos, dentre eles está a conservação e a limpeza. No entanto, os pavimentos permeáveis requerem uma manutenção periódica maior, quando comparado com outras medidas.

Com base nessas informações, entende-se, a princípio, que a implantação dos pavimentos permeáveis não será suficiente para atender a demanda, tornando-se apenas uma medida de auxílio para a gestão pública. Percebe-se que este caso é

necessário a aplicação de métodos de dimensionamento e análise mais avançados que permitam a avaliação desses dados.

Por outro lado, a implantação das grelhas quadriculadas possui menor complexidade, pois, não dependem de características do solo, visto que a capacidade de engolimento das bocas de lobo é insuficiente e, que será necessária a implantação de emissários. A instalação das grelhas tem o objetivo de aumentar a capacidade de captação da água escoada, além de evitar que detritos maiores entrem nas galerias.

Desse modo, é possível locar as grelhas no leito carroçável próximas aos pontos críticos de enchentes. A figura 11 ilustra o local e a forma como esses dispositivos podem ser implantados.

**Figura 11 – Implantação das grelhas.**



Fonte: autoras, 2017.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no referencial teórico e nos resultados obtidos apresentados neste trabalho, identificaram-se alguns fatores que contribuem para a ineficácia do sistema de drenagem e, consequentemente, para a ocorrência de enchentes na zona central do município de Umuarama-PR. Assim, com base neste estudo, conclui-se que:

- Devido a ser uma área urbana comercial pode existir uma baixa permeabilidade no solo, causada pela quantidade de construções existentes no local, configurando-se como um fator incisivo na retenção de água na superfície.
- Ao analisar-se a vazão de precipitação, verificou-se que o volume do escoamento superficial encaminhado para o sistema de drenagem foi de  $7,83 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , valor este quatro vezes superior à capacidade de engolimento das bocas de lobo que totalizaram  $1,78 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

- Durante o levantamento realizado *in loco*, também foi possível averiguar a existência de outros fatores que acarretam na redução substancial da capacidade de engolimento dos dispositivos, tais como, a falta de manutenção, reduções da altura das bocas de lobo devido ao recapeamento asfáltico e obstruções causadas por resíduos sólidos.

Como solução para o controle da vazão excedente, bem como diminuição dos problemas ocasionados pelas enchentes, sugere-se a implantação de emissários, por possuir maior viabilidade devido às características da área. Por meio do dimensionamento, inferiu-se um conduto com diâmetro de 1500 mm suficiente para adequar o problema de enchentes no local.

Em relação às medidas auxiliares, foram levantadas reflexões acerca da integração de ações corretivas com as ações compensatórias. Após análise, as grelhas quadriculadas se mostraram como um dispositivo viável, de forma a atender os objetivos do trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas. **NBR 10160:2005 Tampões e grelhas de ferro fundido dúctil – Requisitos e método de ensaios**. 2005.
- AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Manual de Hidráulica**. 8.ed., São Paulo, Edgard Blucher, 1998.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 2. ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1998.
- BORGES, Ruth Silveira; BORGES, Wellington Luiz. **Manual de instalações prediais hidráulico-sanitárias e de gás**. 4. ed. São Paulo, PINI, 1992.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2.ed. São Paulo, Oficina de textos, 2014.
- COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2013.
- COSTA, Helder; TEUBER, Wilfried. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma abordagem geral**. Rio de Janeiro, SEMADS, 2001. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/File/08-Enchentes.pdf>>. Acesso em: 29 março 2017.
- COSTA RIBEIRO, Alfredo; SIQUEIRA, Eduardo Queija de; MENEZES FILHO, Frederico Carlos Martins. **Curso Básico de Hidrologia Urbana**: nível 3. Brasília, ReCESA, 2007.
- FENDRICH, Roberto *et al.* **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba, Champagnat, 1997.

FENDRICH, Roberto. **Chuvas Intensas para Obras de Drenagem (No Estado do Paraná)**. Curitiba, Champagnat, 1998.

FUMINAS. **Grelhas**. Disponível em: <[http://www.fuminas.com.br/grelhas\\_alto.asp](http://www.fuminas.com.br/grelhas_alto.asp)>. Acesso em: 16 abril 2017.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1999.

HELLER, Léo; PADUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. V. 1. Belo Horizonte, UFMG, 2010.

LIMA, João Pedroso (org). **Hidrologia Urbana: Sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas - Série Cursos Técnicos**. Lisboa, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) /Universidade de Coimbra, 2013.

MARCHIONI, Mariana & Silva, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável – Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2010.

PAZ, Adriano Rolim. **Hidrologia Aplicada**. Apostila da Disciplina Hidrologia Aplicada. Caxias do Sul (RS), UERGS, 2004.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **PROSAB 4 - Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. v. 4. Rio de Janeiro, ABES, 2009.

SMITH, Willian. **Dictionary of greek and Roman Antiquities**. 2. ed. Boston, 1849.

SUDERHSA. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba-PR**. Curitiba, 2002.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. São Paulo, Navegar, 2002.

TOMAZ, Plínio. **Curso de manejo de águas pluviais**. Tempo de concentração. 2013. Disponível em <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_calculoshidricos/capitulo0\\_4.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidricos/capitulo0_4.pdf)>. Acesso em 28/03/2017.

TUCCI, Carlos Eduardo M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

TUCCI, Carlos Eduardo M. **Água no meio urbano: Livro da água doce - Instituto de pesquisa hidráulica**. Porto Alegre, UFGRS, 1997.

TUCCI, Carlos Eduardo M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2<sup>a</sup> Edição. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS, ABRH, 2001.

TUCCI, Carlos Eduardo M.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre, ABRH, 2003.