

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DOS PONTOS CRÍTICOS DE DRENAGEM NA AVENIDA JOAQUIM BATISTA DE OLIVEIRA NO MUNICÍPIO DE FORMOSO DO ARAGUAIA - TO: UM ESTUDO PARA MITIGAÇÃO DE PROBLEMAS DE INUNDAÇÕES**

**ANALYSIS AND SIZING OF CRITICAL DRAINAGE POINTS ON JOAQUIM BATISTA DE OLIVEIRA AVENUE IN THE MUNICIPALITY OF FORMOSO DO ARAGUAIA - TO: A STUDY FOR MITIGATION OF FLOODING PROBLEMS**

**Marlon Silva Santos**

Acadêmico, Universidade de Gurupi (UNIRG), Brasil

E-mail: [marlonssantos@unirg.edu.br](mailto:marlonssantos@unirg.edu.br)

**Camila Ribeiro Rodrigues**

Mestre, Universidade de Gurupi (UNIRG), Brasil

E-mail: [camilaribeiro@unirg.edu.br](mailto:camilaribeiro@unirg.edu.br)

Recebido: 01/05/2025 – Aceito: 15/05/2025

## **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo analisar e dimensionar os pontos críticos de drenagem urbana na Avenida Joaquim Batista de Oliveira, localizada no município de Formoso do Araguaia – TO, a fim de propor soluções para mitigar os problemas recorrentes de alagamentos. A pesquisa foi motivada pelo crescimento urbano desordenado, que resultou em impermeabilização do solo e consequente aumento do escoamento superficial. Foram utilizados métodos de modelagem hidrológica e hidráulica, além de ferramentas como Google Earth Pro, Plúvio 2.1 e Hidro Terraço 1.0, para coleta de dados e cálculos da vazão máxima nos pontos analisados. Os resultados demonstraram a necessidade de implantação de bocas de lobo para captação eficiente das águas pluviais. O estudo também discutiu os conceitos e componentes dos sistemas de micro e macrodrenagem, além de apresentar alternativas sustentáveis, como o ecopavimento e os telhados verdes. Conclui-se que o planejamento eficiente e o uso de tecnologias adequadas são fundamentais para garantir a segurança, a sustentabilidade e a qualidade de vida nas áreas urbanas.

**Palavras-chave:** Drenagem urbana; Escoamento superficial; Inundações; Sustentabilidade; Infraestrutura pluvial.

## **Abstract**

This study aims to analyze and measure critical urban drainage points on Joaquim Batista de

Oliveira Avenue, located in the municipality of Formoso do Araguaia – TO, in order to propose solutions to mitigate recurring flooding problems. The research was motivated by disorderly urban growth, which resulted in soil impermeability and a consequent increase in surface runoff. Hydrological and hydraulic modeling methods were used, as well as tools such as Google Earth Pro, Plúvio 2.1 and Hidro Terraço 1.0, to collect data and calculate maximum flow at the points analyzed. The results demonstrated the need to install storm drains to efficiently capture rainwater. The study also discussed the concepts and components of micro and macro drainage systems, in addition to presenting sustainable alternatives, such as eco-paving and green roofs. It is concluded that efficient planning and the use of appropriate technologies are essential to ensure safety, sustainability and quality of life in urban areas.

**Keywords:** Urban drainage; Surface runoff; Floods; Sustainability; Rainwater infrastructure.

## 1. Introdução

Com o crescimento acelerado das cidades e a expansão desordenada dos centros urbanos, os problemas relacionados à drenagem urbana tornaram-se cada vez mais frequentes e complexos. A impermeabilização do solo, resultado direto da urbanização, reduz a capacidade de infiltração da água da chuva, aumentando o volume e a velocidade do escoamento superficial. Esse cenário favorece a ocorrência de alagamentos, erosões e degradação da infraestrutura urbana, afetando diretamente a qualidade de vida da população.

Segundo a SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), os problemas recorrentes de drenagem urbana são consequência direta do modelo de desenvolvimento urbano adotado nas últimas décadas, especialmente da ocupação desordenada das áreas ribeirinhas. Além disso, observa-se que os projetos de drenagem priorizam o escoamento rápido das águas pluviais para fora das áreas urbanas, o que acaba por aumentar significativamente as vazões de pico e os riscos de inundação nas regiões a jusante, agravando os impactos negativos tanto para o meio ambiente quanto para a população.

De acordo com a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, os serviços de saneamento básico, conforme estabelecido pelas Leis Federais nº 11.445/2007 e nº 14.026/2020, têm como principais

funções garantir o acesso da população à água potável, promover condições sanitárias adequadas à saúde pública, preservar os recursos naturais, proteger o meio ambiente, reduzir os impactos ambientais negativos dos assentamentos humanos, restabelecer o ciclo hidrológico natural e assegurar água de qualidade e em quantidade suficiente para a manutenção da vida e dos ecossistemas.

Diante desse contexto, a implementação de sistemas de drenagem eficientes torna-se indispensável para o manejo adequado das águas pluviais. Este trabalho tem como objetivo analisar a vazão de escoamento superficial em pontos críticos da Avenida Joaquim Batista de Oliveira e verificar a necessidade de instalação de bocas de lobo, a partir de cálculos hidrológicos e critérios técnicos estabelecidos por normas e manuais de drenagem. A pesquisa busca contribuir para o planejamento urbano sustentável, propondo soluções que minimizem os impactos causados pelas chuvas em ambientes urbanos.

## **2. Revisão da Literatura**

### CONCEITOS BÁSICOS DE DRENAGEM URBANA

De acordo com a lei 11.445/2007, a drenagem urbana e manejo de águas pluviais é um conjunto de atividades realizadas, através da infra-estrutura e elementos responsáveis pela coleta, transporte, detenção ou retenção para controlar a intensidade da vazão em cheias, tratamento do fluído e destinação final.

Segundo Silva et.al (2019), devido ao crescimento e avanços da humanidade, a natureza sofreu diversas transformações em seus elementos de ações, com isso fortes chuvas, trouxeram a necessidade de criar elementos para ajudar no escoamento da água afim de solucionar problemas como as enchentes e inundações.

As águas urbanas fazem parte do sistema de água e esgotos sanitários, a drenagem urbana, manejo de águas pluviais, controle de inundações ribeirinhas e gestão dos sólidos tendo como principal objetivo a saúde e preservação ambiental (TUCCI, 2016).

Segundo Tucci (2016), deve-se realizar o planejamento de infra-estrutura de água afim de conter problemas como: a falta de tratamento de esgoto em que o efluente é despejado no rio sem o devido tratamento, aumento de vazão causando inundações relacionado ao aumento da impermeabilização e falta do sistema de drenagem, ocupação de leito de inundações ribeirinhas e aumento da carga de resíduos sólidos e da qualidade da água pluvial sobre os rios próximos das áreas urbanas.

De acordo com o Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2016), o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais são divididos de acordo com suas dimensões, em microdrenagem chamado de sistema inicial, responsável pela coleta e transporte sendo ele superficial e subterrânea, através de pequenas e médias galerias ( $\varnothing < 1,5$ ), a macrodrenagem inclui a microdrenagem e galerias de grande porte ( $\varnothing > 1,5$ ).

## COMPONENTES DA MICRODRENAGEM

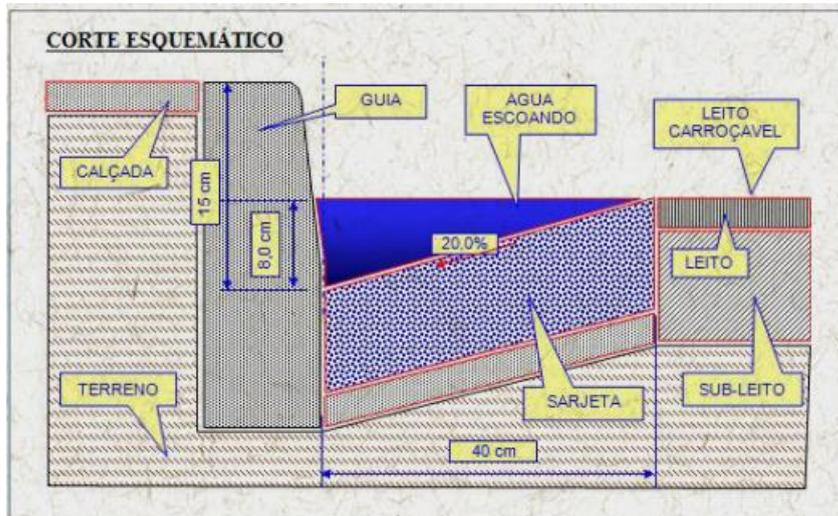
### Guias ou meio fio

Segundo a FUNASA (Fundação Nacional de Saúde), são elementos construídos por blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública (pista de rolamento) e o passeio (calçadas), com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública (Figura 1).

### Sarjetas

A norma DNIT 018/2023, denomina sarjetas como dispositivos de drenagem longitudinal construídos lateralmente às pistas de rolamento e às plataformas dos escalonamentos, destinados a interceptar os deflúvios, que escoando pelo talude, plataforma ou terrenos marginais podem comprometer a estabilidade dos taludes, a integridade dos pavimentos e a segurança do tráfego. Podem ser do tipo triangular, trapezoidal, retangular ou semicircular (Figura 1).

Figura 01 - Detalhamento do Conjunto guia e sarjeta



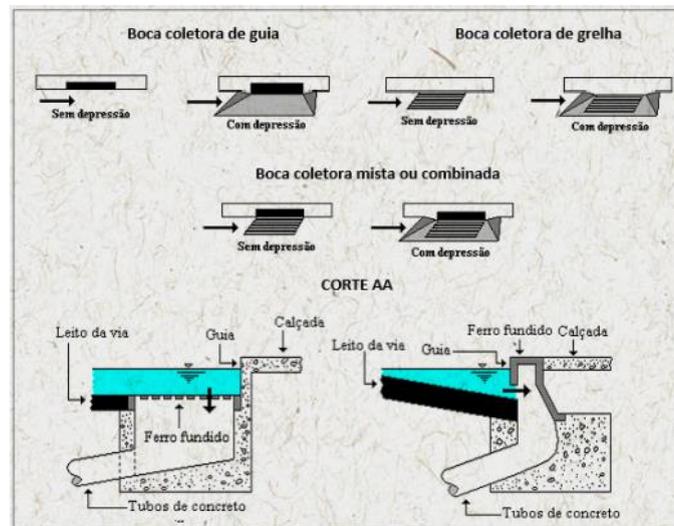
Fonte: FUNASA, 2016.

#### Boca de lobo ou bueiros

São elementos de captação das águas escoadas pelas sarjetas. Três métodos construtivos poderão ser utilizados, a depender do volume de água a ser captado, de sua capacidade de engolimento e de sua localização (FUNASA, 2016).

Os bueiros são obras destinadas a permitir a passagem livre das águas que ocorrem as estradas. Compõem-se de bocas e corpo. Corpo é a parte situada sob os cortes e aterros. As bocas constituem os dispositivos de admissão e lançamento, a montante e a jusante, e são compostas de soleira, muro de testa e alas Manual DNIT (2006).

Figura 02 - Método construtivo de bocas coletoras



Fonte: FUNASA, 2016.

## Galerias

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2016), galerias de drenagem pluvial, são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento determinados em projeto (Figura 3).

Figura 03 - Galeria de Drenagem Urbana

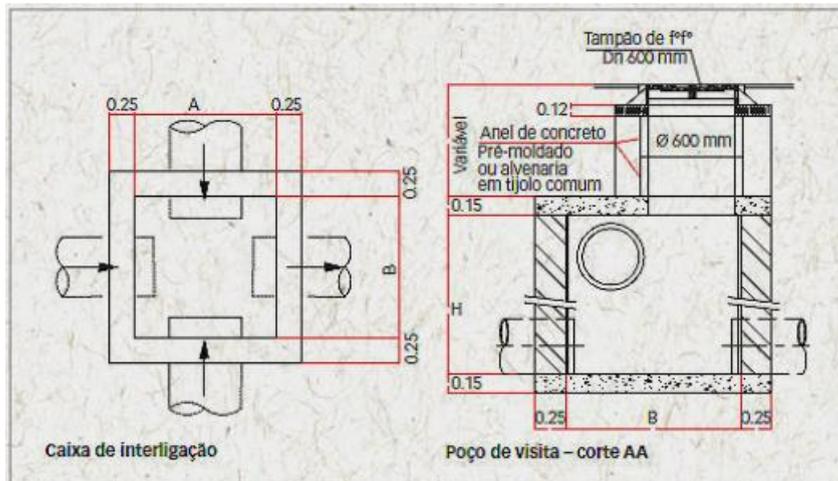


Fonte: <https://presservengenharia.com.br/wp-content/uploads/2018/03/Galeria-Miniatura-p.-inicial.jpg>

## Poços de visita

De acordo com GALLINA (2018), os são elementos constituintes as redes de esgoto ou drenagem. Servem para conectar pontos de ligação de trechos como mudanças de diâmetro, nível ou direção. Outra função é de acesso para a manutenção.

Figura 04 - Detalhe de caixa de interligação e poço de visita



Fonte: FUNASA, 2016.

### Dissipador

Dissipador é um condutor construído de concreto e pedra que tem por função diminuir a velocidade da água quando sai da tubulação que, caso fosse lançada diretamente ao solo, seu forte impacto poderia provocar erosões. É o ponto da conexão entre a micro e macro drenagem (FUNASA, 2016).

### Sarjetão

Segundo SILVA (2016) principal função de um sarjetão é realizar o direcionamento pluvial, não deixando que a água escoe para fora da sarjeta, indo para caminhos indesejáveis o que prejudicaria a eficiência dos dispositivos de drenagem utilizados.

## COMPONENTES DA MACRODRENAGEM

### Galerias de grandes dimensões

De acordo com as Diretrizes de Projeto para Macro drenagem de São Paulo – SP, as galerias de grandes dimensões são utilizadas em áreas densamente urbanizadas em virtude principalmente da limitação de espaço e das restrições impostas pelo sistema viário.

Figura 05 - Galeria de Macro drenagem

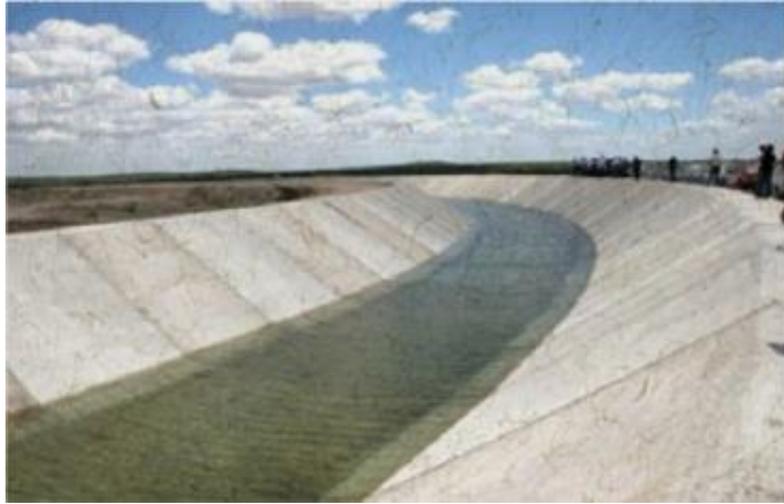


Fonte: FUNASA, 2016.

### Canais Artificiais

Os canais artificiais são definidos como valas escavadas que podem ou não ter algum tipo de revestimento para oferecer suporte, sendo projetados para o fluxo das águas. A seleção da seção transversal, da inclinação longitudinal e da inclinação dos taludes é determinada por fatores críticos, tais como a composição do solo, a configuração do terreno e o padrão de escoamento, conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico (FUNASA,2016).

Figura 06 - Canal artificial

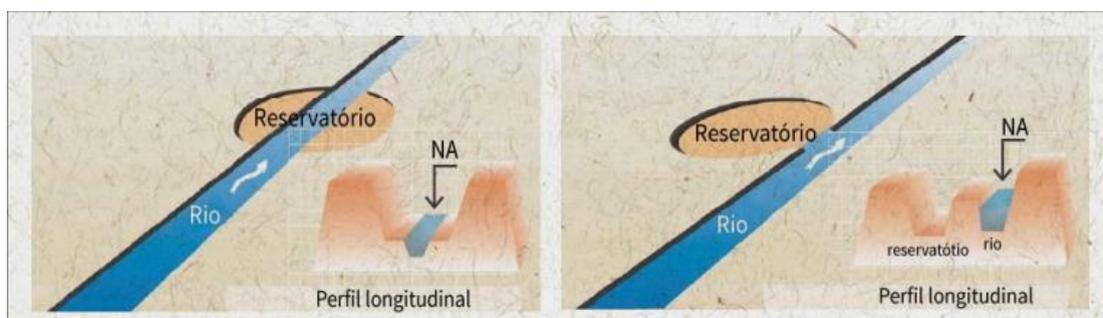


Fonte: FUNASA, 2016.

### Reservatórios de Detenção

Um reservatório de detenção, também conhecido como "piscinão", é descrito como um reservatório, podendo ser aberto ou fechado, cujo propósito é controlar a vazão de saída para um valor específico, com o intuito de mitigar os impactos downstream da vazão de entrada. Existem duas categorias de reservatórios de detenção: os "em linha" e os "fora de linha". Os reservatórios em linha são construídos ao longo do curso fluvial para retardar o tempo de escoamento, reduzindo os picos de vazão, e a água armazenada é devolvida ao canal por gravidade. Já os reservatórios fora de linha são construídos fora do curso do canal fluvial, geralmente em cotas mais baixas, e removem os volumes de água que excedem a capacidade de escoamento do canal. Parte da água armazenada é devolvida ao canal por gravidade ou por meio de bombas (FUNASA, 2016)

Figura 07 - Reservatórios de detenção



Fonte: FUNASA, 2016.

## PRINCIPAIS PROBLEMAS DE DRENAGEM URBANA

### INUNDAÇÕES

De acordo com a FUNASA (2016), é comum haver confusão entre os termos "inundação", "enchente", "alagamento" e "enxurrada", apesar de representarem conceitos distintos. Essas terminologias se complementam, pois todas têm efeitos imediatos, diretos e indiretos na saúde humana. Uma inundação ocorre quando as águas de um curso d'água transbordam, alcançando a planície de inundação ou área de várzea. Uma enchente é caracterizada pelo aumento do nível de água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, mas sem extravasar. Um alagamento refere-se ao acúmulo temporário de água em determinados locais devido a deficiências no sistema de drenagem. Por fim, uma enxurrada é um escoamento superficial concentrado, com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas dominadas pelos processos fluviais.

Figura 08 - Enchente, inundação e alagamento



## EROSÃO URBANA

Segundo NASCIMENTO (1994), os solos que cobrem a superfície terrestre são resultado de processos de erosão ao longo de centenas de anos, onde o relevo   erodido em algumas áreas e os sedimentos depositados em outras. A a o do tempo sobre esses sedimentos   responsável pela formação dos solos. Ele destaca que a erosão é um fen meno natural, havendo um equilíbrio entre a formação dos solos (pedogênese) e a erosão (morfog nese). No entanto, esse equilíbrio é frequentemente perturbado pela intervenção humana na natureza, resultando em uma intensificação da erosão e danos aos solos, muitas vezes irreversíveis. Práticas agrícolas inadequadas e o uso impróprio do solo nas áreas urbanas expõem o solo aos elementos naturais, contribuindo para a erosão acelerada, conhecida como erosão antrópica, que pode transformar-se em grandes ravinas em poucos anos.

De acordo com FUREGATTI et.al (2021), a erosão hídrica é identificada como o principal tipo de erosão urbana, com ênfase na erosão linear. Afirmam ainda que a erosão linear é resultado do escoamento superficial concentrado,

manifestando-se inicialmente em formas como sulcos e podendo evoluir para ravinas e voçorocas conforme a erosão progride.

## POLUIÇÃO HÍDRICA

A Agência Nacional de Águas (ANA) do Brasil aborda a questão da poluição hídrica como um dos principais desafios para a gestão dos recursos hídricos no país. Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, para ANA a poluição hídrica é causada pela introdução de substâncias ou agentes contaminantes nos corpos d'água, comprometendo sua qualidade e tornando-os impróprios para usos diversos, como abastecimento humano, recreação, irrigação, entre outros.

A ANA destaca que a poluição hídrica pode ser originada por diversas fontes, incluindo lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento adequado, despejo de resíduos químicos e agrotóxicos, deposição de sedimentos, entre outros. Essa contaminação pode afetar não apenas a qualidade da água, mas também os ecossistemas aquáticos e a saúde humana.

### Fatores influenciadores da drenagem urbana

Segundo BIGHUETTI et.al (2021) referenciando VILLAR e PANDI (1993), a cobertura vegetal do solo desempenha um papel crucial na proteção do terreno, agindo como uma barreira contra a desagregação das partículas do solo e reduzindo o escoamento superficial. Eles destacam que os principais efeitos da presença de vegetação incluem a interceptação e retenção da água da chuva, o que protege o solo contra o impacto das gotas de chuva e, conseqüentemente, diminui a velocidade do escoamento superficial.

A declividade do terreno desempenha um papel significativo na dinâmica da drenagem urbana, especialmente em relação à velocidade do escoamento superficial. Uma vez que o escoamento é iniciado, a enxurrada tende a seguir morro abaixo, aumentando sua velocidade à medida que a declividade do terreno aumenta LANDERS (2002). Nesse contexto, a cobertura vegetal do solo pode

desempenhar um papel importante ao reduzir a velocidade do escoamento superficial, conforme explicado anteriormente. No entanto, em áreas com declividades significativas, mesmo a presença de cobertura vegetal pode não ser suficiente para conter o aumento da velocidade da enxurrada, destacando a importância de estratégias de controle de erosão e drenagem adequadas em áreas urbanas com terrenos íngremes.

Segundo FUREGATTI (2021), o clima desempenha um papel crucial na drenagem urbana, especialmente em relação à intensidade, duração e frequência das chuvas. Destaca-se que a intensidade das chuvas é o fator mais significativo na formação de processos erosivos, uma vez que as gotas de chuva ao atingirem a superfície desagregam partículas do solo, resultando no transporte de partículas e na adição de energia ao fluxo de água superficial.

#### Legislação e normas técnicas relacionadas à drenagem urbana

Lei Orgânica do Município de Formoso do Araguaia. Redação dada pela ementa à Lei Orgânica nº 001/2014. Publicada em 05 de abril de 1990, são de competência comum do Município, Estado e União promover programas de construção de moradia e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico, o serviço público de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto são definidos como de interesse e competência comum ao Estado e Município, cabendo ao primeiro a titularidade e, ao segundo, a competência complementar.

Lei nº 261 de 20/02/1991, que dispõem sobre conteúdo do Art. 20. Os serviços de saneamento básico, tais como os de abastecimento de água, drenagem pluvial, coleta, tratamento e disposição final de esgotos e de lixo, operados por órgãos e entidades ambientais de qualquer natureza, estão sujeitos ao controle da Naturatins, sem prejuízo daquele exercício por outros órgãos competentes, devendo observar o disposto nesta Lei, seu regulamento e normas técnicas.

LEI Nº 11.445/07 ESTABELECE DIRETRIZES NACIONAIS PARA O SANEAMENTO BÁSICO, define saneamento básico como o conjunto de quatro serviços públicos: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário;

drenagem urbana; e manejo de resíduos sólidos urbanos (coleta e disposição final do lixo urbano). Disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado.

## TECNOLOGIAS E PRÁTICAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

De acordo com Almeida (2020), a implementação de sistemas de infiltração oferece uma solução multifacetada para o manejo das águas pluviais. Esses sistemas não apenas reduzem as taxas de escoamento superficial, mas também promovem a recarga dos lençóis freáticos. Compostos por elementos como poços, trincheiras e bacias de infiltração, proporcionam canais e áreas de armazenamento para a água da chuva. No entanto, é crucial considerar a permeabilidade do solo local, pois ela influencia diretamente na eficácia desses sistemas.

Segundo Olival et.al. (2017), o Ecopavimento representa uma inovação na pavimentação urbana, utilizando grelhas alveoladas de plástico reciclado para redefinir os padrões de sustentabilidade e eficiência. Ao redistribuir as cargas do tráfego, promove a permeabilidade do solo, permitindo a passagem de água e ar, e, por consequência, fomentando ecossistemas urbanos mais saudáveis. Sua distinção dos pavimentos convencionais não se resume apenas ao seu desempenho ambiental superior, mas também à sua estética atraente e à viabilidade econômica que oferece. Desde espaços residenciais a comerciais, o Ecopavimento se adapta com versatilidade, transformando não apenas ruas e estradas, mas também áreas de convívio em locais mais sustentáveis e harmoniosos.

Almeida (2020) nos lembra que os telhados verdes vão muito além de uma simples cobertura; são verdadeiros jardins suspensos que não apenas embelezam, mas também trazem uma série de benefícios. Ao integrar áreas de vegetação nos topos dos edifícios, criam-se espaços multifuncionais que agregam valor estético, promovem a ecologia urbana e oferecem melhorias

significativas em termos de conforto térmico e gestão sustentável da água pluvial.

## METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE PONTOS CRÍTICOS DE DRENAGEM

Segundo Santos (2009) a modelagem hidrológica e hidráulica é essencial para compreender os processos de drenagem em uma bacia. Esses modelos, baseados em abordagens físicas, permitem análises detalhadas e a quantificação de variáveis importantes para a gestão de recursos hídricos. Eles podem prever não apenas o escoamento superficial, mas também os processos erosivos, auxiliando na tomada de decisões e na implementação de práticas de conservação do solo. O monitoramento contínuo do comportamento hidrológico e o uso de modelos hidrossedimentológicos são ferramentas valiosas para gestores e pesquisadores.

Para uma gestão eficaz do risco de inundação urbana, é crucial que os responsáveis pela formulação de políticas compreendam a natureza e a probabilidade das diferentes formas de inundação, bem como seu impacto nas áreas urbanas. Isso inclui entender os tipos e causas de inundação, suas probabilidades de ocorrência e seus efeitos em termos de extensão, duração, profundidade e velocidade. Essa compreensão é essencial para o desenvolvimento de medidas preventivas e soluções que possam reduzir os danos causados por eventos específicos de inundação. Além disso, é importante considerar a evolução do risco de inundação ao longo do tempo e explorar como as decisões podem ser influenciadas pelas mudanças climáticas. A comunicação eficaz do perigo e do risco de inundação por meio de mapas é uma ferramenta valiosa para auxiliar na tomada de decisões, planejamento de emergências e desenvolvimento de políticas. No entanto, é crucial reconhecer as incertezas associadas às previsões de inundação, especialmente em relação às mudanças climáticas e à variabilidade do sistema hidrológico (Jha, Bloch, Lamond, 2012)

Júnior et. al. (2023) destaca a importância da modelagem hidrológica, utilizando softwares como o Storm Water Management Model (SWMM), como uma ferramenta de destaque na previsão de eventos em bacias, o que pode contribuir

significativamente para a redução de perdas humanas em desastres e evitar gastos ineficazes em obras.

## TÉCNICAS DE MITIGAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS DE DRENAGEM

De acordo com o Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba (2002), as medidas estruturais visam modificar o sistema de drenagem com o objetivo de reduzir o risco de enchentes, através da implementação de obras destinadas a conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos. Essas medidas incluem a construção de barragens, diques, canalizações, e reflorestamento, entre outras. As medidas estruturais são projetadas para reduzir o risco de enchentes, podendo ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas atuam no contexto global da bacia, buscando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia. No entanto, é importante ressaltar que as medidas estruturais não proporcionam proteção completa ao sistema, uma vez que seria necessário dimensionar contra a maior enchente possível, o que é inviável em muitas situações do ponto de vista físico e econômico. Em alguns casos, como no caso de um reservatório de amortecimento a montante, as medidas estruturais podem criar uma falsa sensação de segurança, incentivando a ocupação de áreas inundáveis, o que pode resultar em danos significativos no futuro.

O Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba (2002) ainda ressalta que as medidas não estruturais são aquelas que se concentram em conviver com as enchentes ou em estabelecer diretrizes para minimizar o problema, sem modificar diretamente o risco das enchentes naturais. Estas medidas englobam o zoneamento de áreas de inundações associado ao Plano Diretor Urbano, previsão de cheias, seguro de inundação, legislações diversas, entre outras. Em contraste com as medidas estruturais, as não estruturais buscam reduzir os impactos sem alterar fundamentalmente o curso natural das enchentes e, em alguns casos, estabelecer princípios para reverter os riscos ampliados pelas atividades humanas em relação às condições naturais.

Tais ações compreendem a definição de princípios básicos (filosofia), o estabelecimento de como esses princípios devem ser aplicados (legislação, normas e manuais técnicos) e a preparação da sociedade para a implementação e observância desses princípios tanto no presente quanto no futuro. Em termos de custos, geralmente, proteger uma área inundável por meio de medidas não estruturais é mais econômico do que empregar medidas estruturais.

## DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A DRENAGEM URBANA EM FORMOSO DO ARAGUAIA – TO

Formoso do Araguaia, município localizado na região sul do estado do Tocantins, apresenta características geográficas distintas que influenciam diretamente a gestão de suas águas pluviais e a drenagem urbana.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Formoso do Araguaia possui uma topografia predominante em Formoso do Araguaia é caracterizada por áreas planas intercaladas por suaves elevações. Essa configuração topográfica influencia diretamente o escoamento das águas pluviais na cidade, determinando os padrões de alagamento.

A combinação entre a proximidade com o Córrego Papagaio e a topografia local desempenha um papel crucial na drenagem urbana de Formoso do Araguaia. Por um lado, a presença do córrego oferece oportunidades para a implementação de estratégias de drenagem que aproveitam os recursos hídricos locais, como a criação de áreas de retenção e infiltração ao longo das margens do córrego. Por outro lado, a topografia plana da região pode aumentar os desafios relacionados ao escoamento das águas pluviais em áreas urbanas, especialmente em períodos de chuvas intensas.

Diante desse contexto, a gestão adequada das águas pluviais e a implementação de infraestrutura de drenagem eficiente tornam-se elementos essenciais para garantir a resiliência urbana e a qualidade de vida da população de Formoso do Araguaia. Estratégias como a construção de sistemas de drenagem pluvial integrados, a criação de áreas verdes permeáveis e a adoção de práticas de

manejo sustentável das águas pluviais podem contribuir significativamente para minimizar os impactos dos alagamentos e promover o desenvolvimento urbano sustentável na cidade.

### **3. Metodologia**

A metodologia adotada para a análise e dimensionamento dos pontos críticos de drenagem urbana na Avenida Joaquim Batista de Oliveira no município de Formoso do Araguaia, será desenvolvida por meio de um conjunto de etapas que envolvem a coleta de dados, análise de campo, modelagem e dimensionamento dos sistemas de drenagem. O processo será dividido nas seguintes fases:

#### **1. Determinação do Local de Estudo:**

A área de estudo será delimitada pela Avenida Joaquim Batista de Oliveira e suas áreas adjacentes, abrangendo os trechos com histórico de alagamentos e os pontos de captação de água pluvial existentes. Será realizado um levantamento topográfico detalhado da área, utilizando o Google Earth Pro, para mapear as cotas, declividades e demais características relevantes para a análise da drenagem.

#### **2. Determinação do Tempo de Duração da Chuva (tc):**

Para determinar os pontos de contribuição de vazão que acarretam o alagamento dos pontos críticos escolhidos, foi utilizado o software Google Earth Pro. A partir desse programa também foi possível estabelecer a topografia da Região.

#### **3. Determinação do Valor para as Chuvas Intensas (I):**

Para adotar o período de retorno, foi utilizado a tabela disponibilizada pelas instruções do Manual de Hidrologia Básica do DNIT (2005). A partir disto utilizando o software Plúvio 2.1 determinou-se os parâmetros locais para os valores de "a"; "b"; "K" e "c".

#### **4. Determinação do Valor da Área de Contribuição:**

A partir do Google Earth Pro, foi possível estabelecer os valores para os trechos e a largura das ruas. Este valor representa a área que contribui para o escoamento da água pluvial nos pontos críticos e é fundamental para o cálculo da vazão máxima.

#### 5. Determinação do Valor da Vazão Máxima:

A vazão máxima dos pontos críticos de drenagem será calculada utilizando o método racional, que considera a intensidade da chuva, a área de contribuição e o coeficiente de escoamento superficial da região. Este valor representa a quantidade máxima de água que precisa ser escoada em cada ponto crítico para evitar alagamentos.

#### 6. Determinação das Dimensões das Sarjetas e Galerias:

Com base na vazão máxima calculada, serão dimensionadas as sarjetas necessárias para escoar a água pluvial de forma eficiente. Serão utilizados critérios técnicos e normas vigentes para determinar as dimensões ideais das sarjetas (largura, profundidade e declividade) e das galerias (diâmetro e declividade).

#### 7. Determinação da Vazão Máxima Escoada

Será realizado o cálculo a partir dos valores do coeficiente de rugosidade, raio do triângulo, área do triângulo e declividade. Esta análise permitirá identificar os pontos críticos de drenagem e verificar se o sistema existente é capaz de escoar a vazão máxima calculada.

### **4. Resultados e Discussão**

Conforme discutido local para o estudo está localizado no município de formoso do Araguaia, situado na rotatória em frente à Casa Bela Materiais para construção (Ponto A), na avenida Joaquim Batista com a avenida Perimetral e em frente à Auto Escola Destak (Ponto B). Como mostra a figura 9 e 10.

Figura 09 - Ponto de alagamento em frente da Casa Bela



Fonte: Google Earth, 2025.

Figura 10 - Ponto de alagamento em frente da Auto Escola Destak

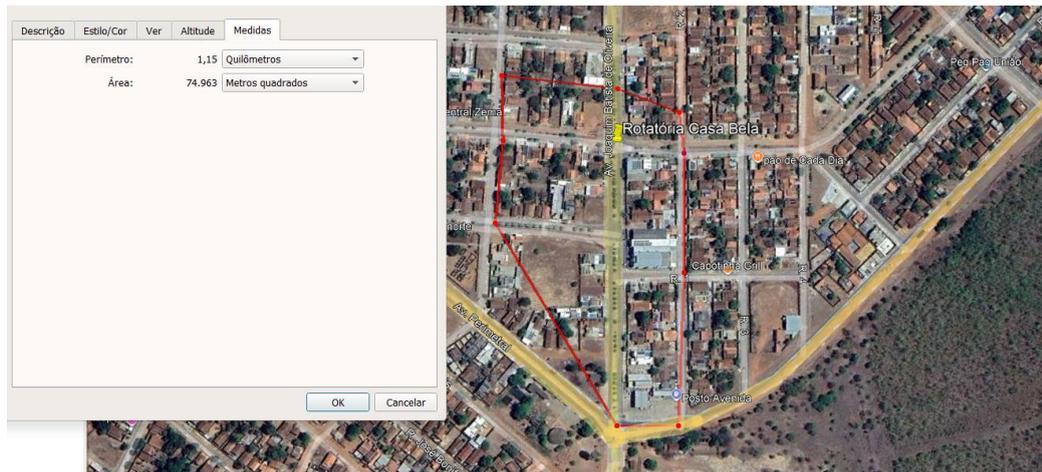


Fonte: Google Earth, 2025.

Por meio do software Google Earth Pro, foram definidos todos os pontos de contribuição de vazão que acarretam o alagamento dos pontos escolhidos.

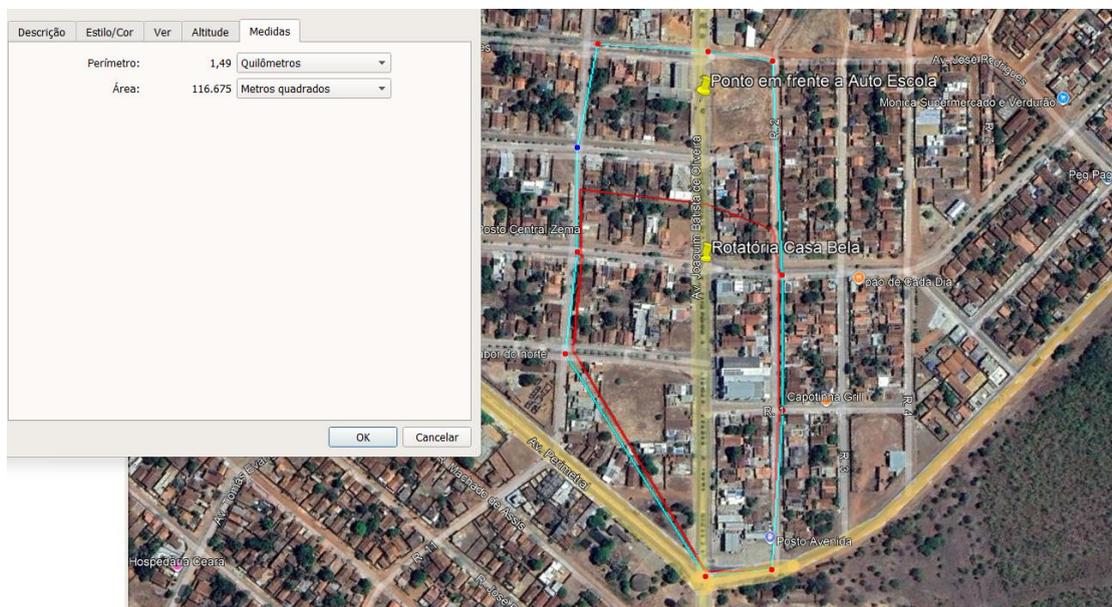
Também utilizando o programa, foram determinados o perímetro ( $L=1,15$  km) para o ponto A e ( $L=1,49$  km) em ponto B, foi determinado também a área das bacias de contribuição, conforme as imagens abaixo.

Figura 11 - Perímetro e área da bacia de contribuição, do ponto A



Fonte: Google Earth, 2025.

Figura 12 - Perímetro e área da bacia de contribuição, do ponto B.



Fonte: Google Earth, 2025.

Ainda utilizando o Google Earth Pro, foi possível estabelecer a topografia da região, onde o aplicativo traçou os desníveis existentes nessa região para o ponto A

(H=832,06 m) (H=1.163,83 m) para o ponto B, conforme mostra a imagem abaixo.

Figura 13 - Desnível existente na região do ponto A e B.



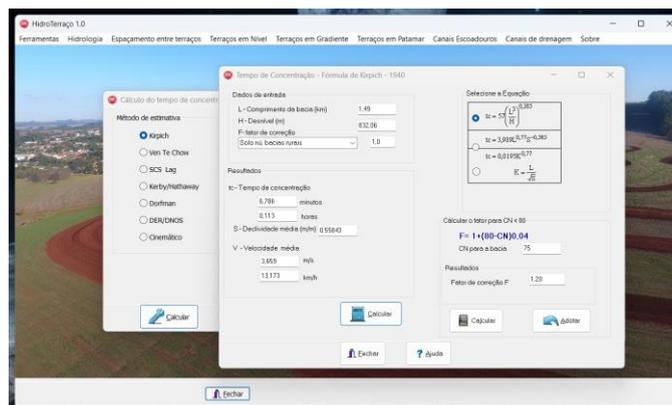
Fonte: Google Earth, 2025.

$$[t_c (\text{Ponto A}) = 57 * ( [1,15] ^{3/832,06} ) ] ^{0,385} = 5,03 \text{ min}$$

$$[t_c (\text{Ponto B}) = 57 * ( [1,49] ^{3/832,06} ) ] ^{0,385} = 6,79 \text{ min}$$

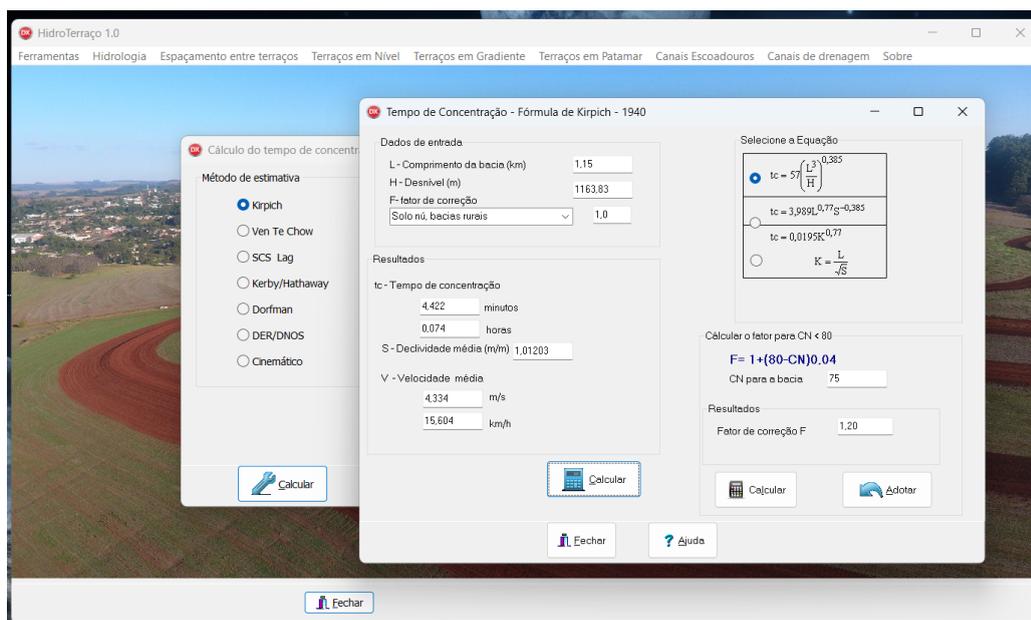
Utilizando o software Hidro Terraço 1.0, foi possível tirar a prova real desse resultado encontrado para o tempo de duração da chuva, conforme mostra a imagem abaixo:

Figura 14 - Resultado encontrado para o tempo de concentração da chuva, ponto A.



Fonte: HidroTerraço 1.0, 2024.

Figura 15 - Resultado encontrado para o tempo de concentração da chuva, ponto B.



Fonte: HidroTerraço 1.0, 2024.

Para adotar o valor do período de retorno, foi utilizado a tabela disponibilizada pelas instruções do Manual de Hidrologia Básica do DNIT (2005), na qual afirma que, para dispositivos de drenagem superficial, utiliza-se um TR de 5 anos, conforme mostra a imagem a baixo.

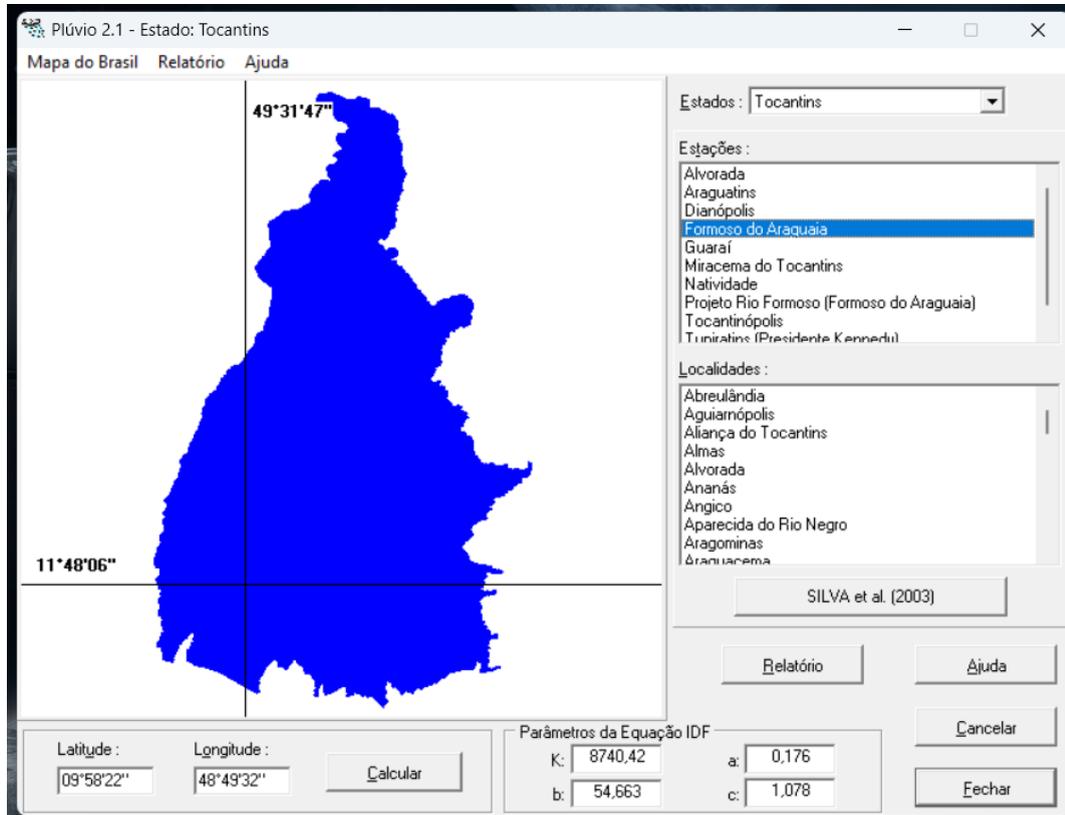
Figura 15 - Tempo de decorrência a ser utilizado

OBRAS	TR ADOTADO	FUNCIONAMENTO
Drenagem profunda e subsuperficial	10 anos	
Dispositivos de drenagem superficial	5 anos	Canal
Bueiros tubulares e Celulares	15 anos	Canal
Verificação de Bueiros tubulares e Celulares	25 anos	Orifício
Ponte, pontilhão	50 a 100 anos	Canal

Fonte: DNIT, 2025.

O próximo passo foi determinar os parâmetros locais e, para tanto, utilizou-se o software Plúvio 1.0, onde foi estabelecido um valor para “a”; “b”; “K” e “c”, conforme mostra a imagem abaixo:

Figura 16 - Parâmetros locais.



Fonte: Plúvio 2.1, 2025.

$$I = [(8740,42 \cdot 5)]^{0,176} / [(21,87 + 54,663)]^{1,078} = 108,08 \text{ mm/h}$$

Utilizando o software Google Earth Pro, foi possível estabelecer o valor para o trecho e a largura da rua, conforme mostrou as imagens 09, 10, 11 e 12 do presente trabalho. Portanto, o valor do cálculo foi de:

$$A \text{ (Ponto A)} = 180 \text{ m} \cdot 16 \text{ m} = 2880 \text{ m}^2$$

$$A \text{ (Ponto B)} = 252 \text{ m} \cdot 16 \text{ m} = 4032 \text{ m}^2$$

Para determinar o valor do coeficiente de rugosidade, foi utilizado a seguinte tabela:

Figura 17 - Valores do coeficiente de escoamento médio superficial.

Tipo de Superfície	Valor Recomendado	Faixa de Variação
Concreto, asfalto e telhado	0,95	0,90 – 0,95
Paralelepípedo	0,70	0,58 – 0,81
Blockets	0,78	0,70 – 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,02 – 0,05
Solo compactado	0,66	0,59 – 0,79
Matas, parques e campos de esporte	0,10	0,05 – 0,20
Gramma solo arenoso	0,10	0,08 – 0,18
Gramma solo argiloso	0,20	0,15 – 0,30

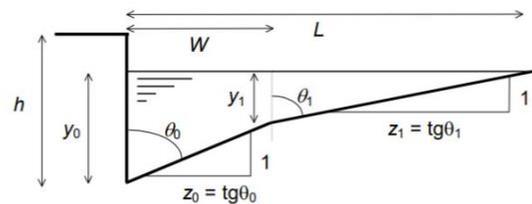
Fonte: RODRIGUES, Camila Ribeiro, 2024.

$$Q \text{ (Ponto A)} = 0,278 * 0,90 * 108,08 * 0,0029 = 0,078 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ (Ponto B)} = 0,278 * 0,90 * 108,08 * 0,004032 = 0,109 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar os valores da largura e da altura da sarjeta, foi utilizado a seguinte imagem:

Figura 18 - Dimensões padronizadas de uma sarjeta.



Profundidade máxima	h = 15 cm
Lâmina d'água máxima maximorum	y = 15 cm
Lâmina d'água máxima para evitar transbordamento	y <sub>0</sub> = 13 cm
Largura	W = 60 cm
Declividade mínima	l = 0,004 m/m
Velocidade mínima do escoamento	v <sub>min</sub> = 0,75 m/s
Velocidade máxima do escoamento	v <sub>max</sub> = 3,50 m/s

Fonte: RODRIGUES, Camila Ribeiro, 2024.

$$\text{Área do triângulo} = (0,16 \text{ m} * 0,60 \text{ m}) / 2 = 0,048 \text{ m}^2$$

$$\text{Hipotenusa do triângulo} = \sqrt{([0,16])^2 + ([0,60])^2} = 0,62 \text{ m}$$

$$\text{Raio} = 0,048 / 0,62 = 0,077 \text{ m}$$

Após foi realizado a determinação da vazão máxima escoada.

$$Q=1/0,016* [0,077]^{2/3}*0,048* [0,01]^{1/2}=0,054 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 5. Conclusão

Com base nos resultados obtidos, observou-se que a vazão máxima calculada foi de 0,078 m<sup>3</sup>/s no ponto A e 0,109 m<sup>3</sup>/s no ponto B, valores que indicam uma significativa contribuição de escoamento superficial. Diante disso, constata-se a necessidade da implantação de bocas de lobo nesses pontos, como elementos fundamentais para a captação eficiente das águas pluviais. A adoção dessa solução de drenagem urbana é essencial para evitar alagamentos, reduzir a sobrecarga nas redes existentes e promover a sustentabilidade do sistema, alinhando-se às boas práticas de planejamento e manejo das águas em áreas urbanizadas.

## Referências

**AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal. 2. ed. Brasília: ADASA; UNESCO, 2023.** 324 p. ISBN 978-65-992701-1-6. Disponível em: [https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area\\_de\\_atuacao/drenagem\\_urbana/regula%C3%A7%C3%A3o/Manual\\_de\\_drenagem\\_e\\_manejo\\_de\\_aguas\\_urbanas/Manual\\_Drenagem\\_Adasa\\_Digital.pdf](https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/drenagem_urbana/regula%C3%A7%C3%A3o/Manual_de_drenagem_e_manejo_de_aguas_urbanas/Manual_Drenagem_Adasa_Digital.pdf) Acesso em: 10 maio. 2025.

BRASIL. Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília: Congresso Nacional, 2007.  
DE, M.; DE RODOVIAS, D.

**CIDADES E INUNDAÇÕES.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/927951468152965134/pdf/667990PUB0v20P00Box385314B00PUBLIC0.pdf>>. Acesso em: 29 abril. 2024.

**DIRETRIZES DE PROJETOS PARA MACRODRENAGEM.** Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/dp\\_h16\\_diretrizes\\_de\\_projetos\\_para\\_macro drenagem.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/dp_h16_diretrizes_de_projetos_para_macro drenagem.pdf). Acesso em: 26 abril. 2024.

**DNIT MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA COORDENAÇÃO-GERAL DE ESTUDOS E PESQUISA INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS Publicação IPR -724.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724\\_manual\\_drenagem\\_rodovias.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf)>. Acesso em: 25 abril. 2024.

**DRENAGEM e MANEJO das ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS CADERNOS TEMÁTICOS SANEAMENTO BÁSICO.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Drenagem+e+Manejo+das+%C3%81guas+Pluviais+Urbanas.pdf/72c03623-99ee-40d8-b1e8-107c182daf8e?version=1.0>>. Acesso em: 19 abril. 2024.

GALLINA, E. B. Avaliação do custo na implantação de poços de visita e caixas de inspeção de concreto e PEAD em redes coletoras de esgotamento sanitário: um estudo de caso. **repositorio.animaeducacao.com.br**, 2018. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/2011b454-84c2-4e33-9cc1-f7621df9dbba>. Acesso em: 25 abril. 2024.

**GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS SUDERHSA Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental PROGRAMA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO RIO IGUAÇU NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA MANUAL DE DRENAGEM URBANA Região Metropolitana de Curitiba-PR.** [s.l: s.n.]. 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: 10 maio. 2025.

HERNANI, L. et al. **A Erosão e seu Impacto.** Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124240/1/A-erosao-e-seu-impacto-2002.pdf>>. Acesso em: 27 abril. 2024.

JÚNIOR, J. DE M. S. et al. **Modelagem de Sistema de Drenagem com Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID).** Paranoá, v. 16, n. 34, p. 1–21, 22 ago. 2023. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/47384/38371>. Acesso em: 30 abril. 2024.

L. S. NASCIMENTO, M. A. EROSÕES URBANAS EM GOIÂNIA - DOI 10.5216/bgg.v14i1.4334. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 14, n. 1, p. 76–101, 2008.

DOI: 10.5216/bgg.v14i1.4334. Disponível em:  
<https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/4334>. Acesso em: 26 abril. 2024.

**NASCIMENTO, G. O. A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA: um estudo de caso na cidade de Rio Real -**

**Bahia.** repositorio.animaeducacao.com.br, 14 dez. 2021. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/7cc96b91-3347-4b1b-883a-6c8ebb29166b>. Acesso em: 26 abril. 2024.

**OLIVAL, C. et al. SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEIS.** Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4148202/mod\\_resource/content/1/GRUPO%20F\\_RELATORIO\\_FINAL.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4148202/mod_resource/content/1/GRUPO%20F_RELATORIO_FINAL.pdf). Acesso em: 27 abril. 2024.

**Qualidade da água.** Disponível em: <[https://www.gov.br/ana/pt-](https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua)

[br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua](https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua)>. Acesso em: 26 abril. 2024.

**SANTANA, D.; ALMEIDA, D. UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS A DRENAGEM URBANA DAS ÁGUAS PLUVIAS E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE SANTANA.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<https://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/08/A-DRENAGEM-URBANA-DAS-%C3%81GUAS-PLUVIAS-E-SUA-RELA%C3%87%C3%83O-COM-O-MEIO-AMBIENTE-E-A-SA%C3%9ADE-P%C3%9ABLICA-NO-MUNIC%C3%8DPIO-DE-SANTANA.pdf>>. Acesso em: 19 abril. 2024.

**SANTOS, Laércio. MODELOS HIDRÁULICOS-HIDROLÓGICOS: Conceitos e Aplicações. RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física, Recife-PE, ano 2009, v. 2, n. 3, p. 3, 20 maio 2009.** Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/232624/26638>. Acesso em: 28 abril. 2024.

**SILVA, Rodrigo. MICRODRENAGEM: ESTUDO DE CASO DA AVENIDA TANCREDO NEVES COM A RUA PERNAMBUCO, NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO SAPUCAÍ – MG.** Disponível em:

<http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/159/1/TCC%202%20FINAL.pdf%20%283%29%20%281%29.pdf>. Acesso em: 26 abril. 2024.

**SUMIE, P. et al. Análise dos fatores de influência dos processos erosivos, a partir do estudo da feição da Quinta da Bela Olinda, na cidade de Bauru/SP.**

[s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://pluris2020.faac.unesp.br/Paper1245.pdf>>. Acesso em: 27 abril. 2024.

TUCCI, C. E. M.; RUBEM LA LAINA PORTO; MÁRIO T DE BARROS. **Drenagem urbana**. Porto Alegre (Rs): Abrh, 1995. Disponível em: [https://www.academia.edu/88304820/Tucci\\_Porto\\_e\\_Barros\\_2005\\_Drenagem\\_Urbana?uc-sb-sw=5817249](https://www.academia.edu/88304820/Tucci_Porto_e_Barros_2005_Drenagem_Urbana?uc-sb-sw=5817249). Acesso em: 19 abril. 2024.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA FACULDADE DE ENGENHARIA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA ISIS DE CASTRO ALMEIDA SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE DRENAGEM URBANA: UMA PROPOSTA PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO PEDRO, EM JUIZ DE FORA -MG JUIZ DE FORA -MG 2020.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2020/10/TFC2-lsis-de-Castro-Almeida1.pdf>>. Acesso em: 28 abril. 2024.

**Vista do CONJUNTO DE DRENAGEM URBANA NAS CIDADES E SUA IMPORTÂNCIA NA REDUÇÃO DE INUNDAÇÕES E ENCHENTES.** Disponível em: <<https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/693/730>>. Acesso em: 24 abril. 2024.