

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

SOLUÇÃO PYTHON PARA DRENAGEM URBANA: DIMENSIONAMENTO EM PIUMHI

Rafael Leonel de Castro¹; Germano de Oliveira Mattosinho²

Abstract: Urban drainage remains a critical challenge for mid-sized cities facing rapid urbanization and increasing impermeable surfaces. This study presents the development of an educational computational tool built in Python, designed for the hydraulic sizing of street gutters and stormwater inlets. Based on Object-Oriented Programming (OOP) principles, the system is structured into eight modular classes, each representing a distinct stage of the drainage design process. The tool was applied in a case study in the municipality of Piumhi, Minas Gerais (Brazil), an area affected by recurrent flooding and drainage issues. Results showed significant gains in speed, accuracy, and reliability, reducing common errors associated with manual calculations. Moreover, the tool supports future scenario simulations, considering urban expansion and projected population growth, thereby enabling more informed and sustainable decision-making. By enhancing both the planning and evaluation of drainage systems, this solution contributes to improving the resilience and efficiency of urban water infrastructure. Ultimately, the integration of computational technologies into urban engineering emerges as a promising pathway to address complex hydrological challenges with greater adaptability and social impact.

Keywords: urban drainage; hydraulic design; Python programming.

Resumo: Diante dos desafios crescentes da drenagem urbana em cidades de médio porte, este estudo apresenta o desenvolvimento de uma Solução Computacional Didática em Python, voltada ao dimensionamento de sarjetas e à quantificação de bocas de lobo. Estruturada com base em Programação Orientada a Objetos (POO), a ferramenta organiza o processo de cálculo em oito classes específicas, cada uma representando uma etapa do dimensionamento hidráulico. O sistema foi aplicado em um estudo de caso no município de Piumhi – MG, onde problemas recorrentes de escoamento pluvial têm gerado prejuízos à população. Os resultados apontaram para ganhos significativos em agilidade, precisão e confiabilidade, além de reduzir falhas comuns no processo manual. A solução também permite simular cenários futuros de urbanização, considerando o aumento da impermeabilização e o crescimento populacional projetado. Dessa forma, contribui não apenas para o aprimoramento de projetos de drenagem existentes, mas também para a tomada de decisões mais embasadas e sustentáveis. Conclui-se que o uso de tecnologias computacionais no planejamento urbano representa um caminho promissor para enfrentar os desafios da infraestrutura hídrica com maior eficiência, adaptabilidade e impacto social positivo.

Palavras-chave: drenagem urbana; dimensionamento hidráulico; programação Python.

1) Afiliação: IFMG Piumhi, Av. Severo Veloso, 1880, Bela Vista, Piumhi / MG, rafaelvb02@gmail.com

2) Afiliação: IFMG Piumhi, Av. Severo Veloso, 1880, Bela Vista, Piumhi / MG, germano.mattosinho@ifmg.edu.br

INTRODUÇÃO

A alta impermeabilização do solo é uma das consequências graves do processo de urbanização, sendo que antes, as águas oriundas de precipitação e de uso do homem, em grande parte eram absorvidas pelo solo e agora, com a redução dessa área de infiltração, ocorre consequentemente o aumento do escoamento superficial.

Os transtornos causados por um sistema de drenagem inexistente ou ineficiente é visível principalmente em dias mais chuvosos. Fato este que pode ser comprovado no município de Piumhi - MG e que foi registrado pela própria população nas datas de 15/10/2018 e 19/02/2019, conforme Figuras 1 e 2. Vale ressaltar que tais problemas já foram sanados pelo município com a atualização do sistema de drenagem urbana em 2022, s.m.j.

No entanto, o estudo de caso em Piumhi serve como um exemplo prático da necessidade de ferramentas robustas para o planejamento e a validação de tais intervenções, permitindo simular e otimizar soluções para desafios similares.

Figura 1 – Alagamento na Rua Amazonas em Piumhi - MG



Fonte: Facebook, 2019.

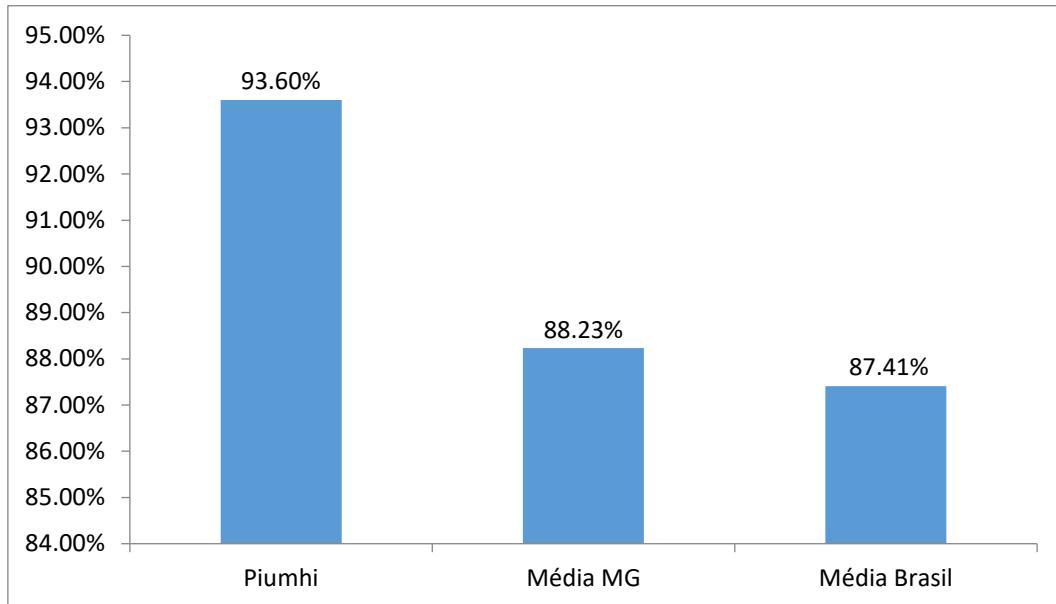
Figura 2 – Ponte alagada na Rua Amazonas em Piumhi - MG



Fonte: Facebook, 2019.

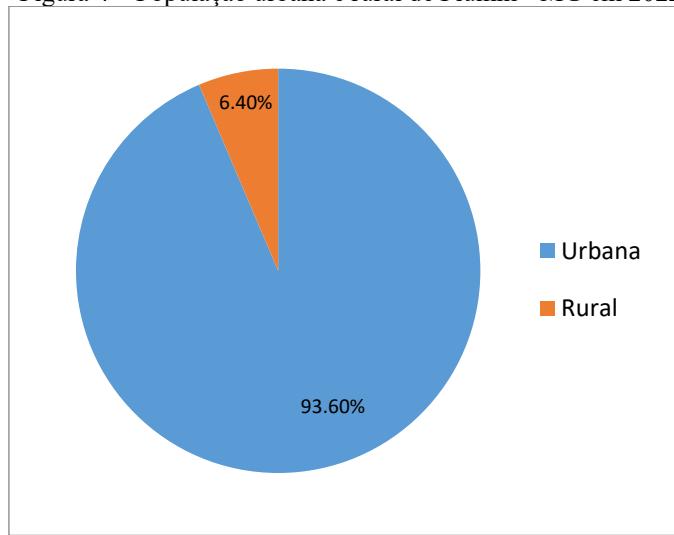
O crescimento populacional acelerado e o aumento da migração de habitantes da zona rural para a zona urbana, conforme apontado nas Figuras 3, 4 e 5 reforça a importância deste estudo. Esse fenômeno resulta em maior impermeabilização do solo e pressiona as infraestruturas existentes, agravando problemas relacionados à drenagem pluvial.

Figura 3 - Taxa de urbanização em 2022: população urbana de Piumhi - MG comparada à população média de MG e Brasil



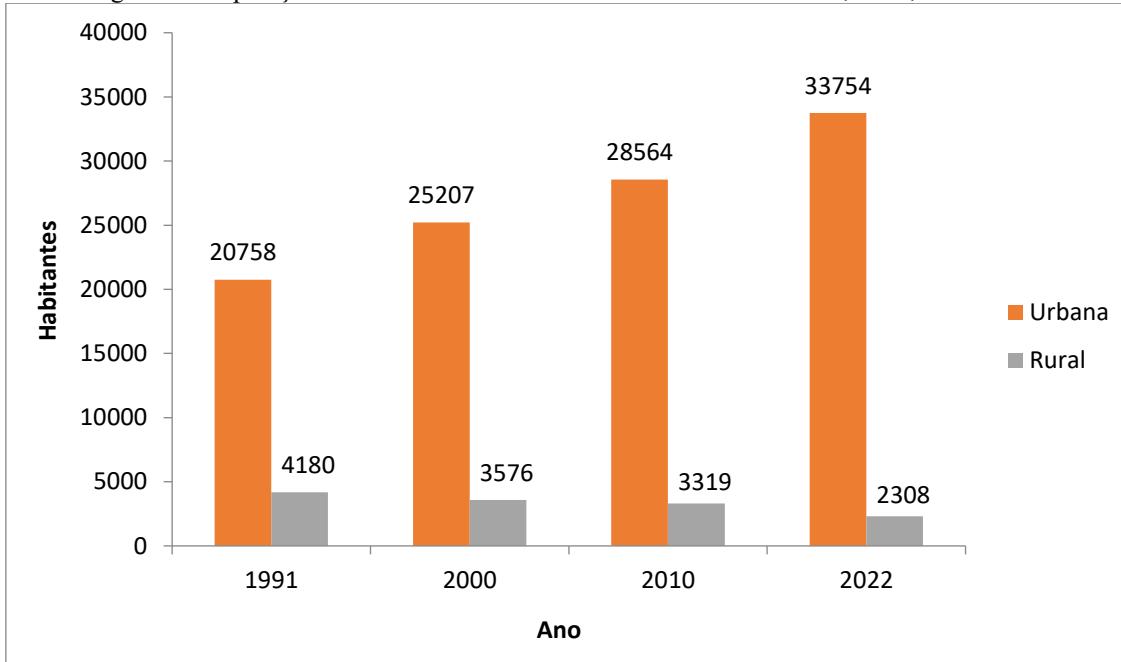
Fonte: IBGE, 2022, adaptado pelo autor, 2025.

Figura 4 – População urbana e rural de Piumhi - MG em 2022



Fonte: IBGE, 2022, adaptado pelo autor, 2025.

Figura 5 – População urbana e rural de Piumhi - MG nos anos de 1991, 2000, 2010 e 2022



Fonte: IBGE, 1991; 2000; 2010; 2022, adaptado pelo autor, 2025.

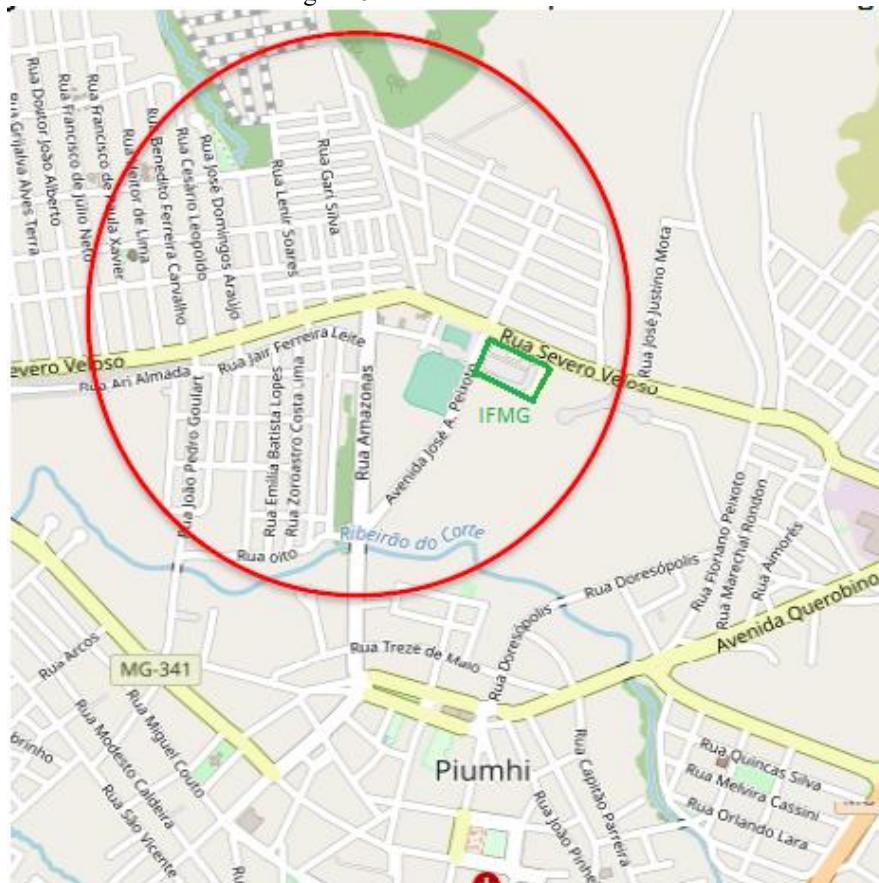
Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de soluções eficazes, acessíveis e didáticas que possam auxiliar profissionais da engenharia na elaboração de projetos de drenagem urbana. A utilização de ferramentas computacionais baseadas em linguagens de programação, como o Python, apresenta-se como uma alternativa promissora, tanto para o aprendizado quanto para a aplicação prática no dimensionamento de elementos como sarjetas e bocas de lobo.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma solução computacional didática em Python voltada para o dimensionamento de sistemas de microdrenagem urbana, com aplicação prática em um estudo de caso no município de Piumhi - MG. A ferramenta foi construída com base na metodologia de Programação Orientada a Objetos (POO), estruturada em classes que representam cada etapa do processo de cálculo. Com isso, busca-se otimizar o tempo de projeto, minimizar erros humanos e permitir a simulação de diferentes cenários urbanos futuros.

METODOLOGIA

Por meio de um projeto de pesquisa financiado por bolsa no IFMG Campus Piumhi – MG, foi identificado a necessidade de soluções para locais com irregularidades no sistema de drenagem urbana, que estavam gerando problemas de inundações em bairros próximos ao campus (Silva et al., 2020; Silva e Mattosinho, 2021). Essa problemática evidenciou a relevância de se propor ferramentas computacionais que auxiliem no dimensionamento e melhoria desses sistemas. A Figura 6 ilustra a área problemática circulada em vermelho.

Figura 6 – Possível área de influência.



Fonte: Google Maps, 2019.

Para o desenvolvimento da solução computacional foi utilizado o editor IDLE, que integra a instalação padrão do Python. Esse Ambiente de Desenvolvimento Integrado oferece simplicidade e eficiência para a construção e execução dos códigos, atendendo perfeitamente ao perfil do projeto, do autor da solução computacional e aos objetivos propostos, além de garantir um ambiente de escrita acessível e funcional. A estrutura do programa foi dividida em oito classes principais, cada uma representando uma etapa distinta do processo de dimensionamento da microdrenagem urbana.

A implementação da solução computacional foi estruturada da seguinte forma:

- Classe **LerTabela**, projetada para fazer a leitura e o processamento de uma tabela de constantes IDF (Intensidade-Duração-Frequência) com base no município e na estação pluviométrica selecionada, esses dados são fundamentais para calcular a intensidade das chuvas em diferentes regiões;
- Classe **IntensidadePluviométrica**, responsável por calcular e fornecer a intensidade da chuva para uma cidade específica, utilizando os parâmetros de intensidade-duração-frequência (IDF);
- Classe **Localidade**, serve como ponto de entrada para reunir dados específicos de cada localidade e integrar os cálculos gerais do sistema. Por exemplo, uma vazão de um trecho será calculada utilizando o coeficiente de escoamento e os dados de intensidade pluviométrica fornecidos por esta classe;

- Classe **Trecho**, cada trecho representa uma conexão entre pontos da rede, caracterizada por atributos como área de contribuição, comprimento e cotas (montante e jusante). Além disso, essa classe gerencia relações hierárquicas entre trechos (montante e jusante), permitindo que o programa construa e analise a rede de drenagem de forma integrada;
- Classe **Sarjeta**, tem como objetivo principal modelar e realizar os cálculos relacionados às características e ao comportamento hidráulico das sarjetas em uma rede de drenagem urbana. Ela interage com outras classes, como Localidade e Trecho, para calcular capacidades, verificações e identificar necessidades de dispositivos como bocas de lobo;
- Classe **BocaDeLobo**, projetada para gerenciar as características e os cálculos relacionados às bocas de lobo em sistemas de drenagem urbana. Ela troca informações com as classes Localidade, Sarjeta e Trecho para determinar a quantidade de boca de lobo necessária em cada trecho de acordo com o tipo;
- Classe **ProfissionalEngenharia**, integra e aplica os cálculos detalhados previamente nas outras classes, utilizando fórmulas, verificações e parâmetros específicos para realizar análises práticas no dimensionamento de microdrenagem urbana;
- Classe **Main** foi desenvolvida para centralizar e coordenar a execução do programa de dimensionamento de microdrenagem urbana. Ela é responsável por integrar as demais classes do sistema, organizando o fluxo de dados e cálculos necessários para realizar as análises de retorno, desde a entrada de informações iniciais até a finalização dos cálculos. Essa classe funciona como o ponto principal de interação do usuário com o programa, solicitando entradas, gerenciando objetos de outras classes e exibindo os resultados.

Em suma, a solução computacional segue o seguinte passo a passo:

Inicialmente, o usuário é guiado no cadastramento dos trechos que compõem a rede de drenagem. Para cada trecho, são solicitadas informações como o nome do trecho, nome da rua, área de contribuição, comprimento, cotas a montante e a jusante, além da opção de considerar uma vazão futura estimada, para simular o crescimento urbano. Caso o trecho receba contribuição de outros trechos a montante, o sistema solicita que o usuário informe quais são esses trechos, permitindo a construção de uma rede interligada. Após o cadastramento completo, os trechos são automaticamente ordenados conforme suas conexões hidráulicas, formando uma rede coerente para os cálculos subsequentes.

Em seguida, é iniciado o processo de cálculo da vazão gerada em cada trecho, levando em consideração a intensidade da chuva, o coeficiente de escoamento e a área de contribuição. A partir da vazão total, é feita a verificação da capacidade da sarjeta. O cálculo considera a capacidade teórica e aplica fatores de redução, com interpolação automática caso o coeficiente para determinada declividade não esteja disponível nas tabelas de referência. Verificações como a altura da lâmina d'água e a velocidade do escoamento na sarjeta também são realizadas, permitindo ao usuário ajustar variáveis como largura da sarjeta ou material de revestimento sempre que os limites hidráulicos são excedidos.

Se a sarjeta não for suficiente para suportar toda a vazão escoada, o sistema parte para o dimensionamento das bocas de lobo. Para isso, o usuário pode informar diretamente o tipo de boca de lobo desejado ou solicitar que o programa avalie todos os tipos disponíveis, retornando a quantidade necessária para cada um deles. Isso permite comparar alternativas e escolher a mais viável.

Os resultados são organizados e exportados automaticamente em arquivos “.xlsx”. As planilhas incluem dados como nome do trecho, tipo e posição da boca de lobo, capacidade de esgotamento e quantidade recomendada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a elaboração e execução da solução computacional foi utilizado a versão Python 3.8.1 (lançado em 18 de dezembro de 2019) e para garantir o seu funcionamento adequado é necessário instalar as bibliotecas externas Pandas (versão 2.0.3) e Tabulate (versão 0.9.0). Essas bibliotecas desempenham papéis fundamentais, como a manipulação eficiente de tabelas e a apresentação de dados de maneira estruturada. Contudo, vale ressaltar, que o usuário pode adequar o código às novas bibliotecas e/ou novas versões das mesmas que necessariamente precisam ser utilizadas.

O código fonte estará disponível na plataforma Github, assim que finalizado seu resgistro, pelo link: https://github.com/rafa120296/TCC_Rafael-Solucao_Computacional_Piumhi.git

A execução da solução computacional pode ser realizada de duas maneiras principais:

1. Através do IDLE do Python:

- Abra o IDLE do Python.
- No menu superior, clique em File e em seguida em Open.
- Localize a pasta que contém os arquivos da solução computacional e selecione o arquivo da classe Main.
- Após abrir o arquivo, vá em Run no menu superior e clique em Run Module (ou pressione a tecla F5). A solução computacional será executada e o usuário poderá interagir com as opções disponíveis diretamente na interface do IDLE.

2. Através do Prompt de Comando do Windows:

- Abra o Prompt de Comando do Windows.
- Navegue até a pasta que contém os arquivos da solução computacional utilizando o comando “cd caminho_da_pasta” (substitua “caminho_da_pasta” pelo diretório onde as classes estão salvas).
- Execute o comando “python main.py” isso iniciará a execução da solução computacional diretamente no terminal.

Essas duas opções oferecem flexibilidade ao usuário, permitindo que escolha a interface mais conveniente para executar a solução computacional.

Após a construção da ferramenta, realizou-se a validação dos resultados por meio da comparação com uma planilha de cálculo já existente e com dados que foram coletados em campo através do Programa Institucional de Bolsa de Pesquisa – IFMG, Edital 005/2019, onde foi desenvolvido o projeto Análise de Drenagem Urbana Implementando Modelagem GIS em Piumhi-MG.

Verificou-se que os valores de vazão, capacidade das sarjetas e quantidade de bocas de lobo obtidos pelo programa coincidiram com os resultados manuais da planilha, com pequenas variações atribuídas ao uso da interpolação automática e maior precisão numérica no ambiente computacional.

Além da equivalência nos resultados, a ferramenta apresentou vantagens significativas em termos de agilidade, padronização dos cálculos e prevenção de erros humanos, especialmente em análises com múltiplos trechos interligados.

Outro destaque foi a possibilidade de simular diferentes cenários de dimensionamento, considerando, por exemplo, o crescimento da área urbana e a introdução de vazões futuras. Essa funcionalidade permitiu identificar proativamente potenciais pontos de estrangulamento na rede e otimizar o planejamento da infraestrutura para demandas futuras.

Embora o cálculo da vazão excedente acumulada entre trechos interligados represente uma importante direção para desenvolvimentos futuros, a versão atual do programa assegura que a vazão total de cada trecho seja devidamente atendida por meio da sugestão de instalação de bocas de lobo conforme a demanda local, evitando sobrecarga no trecho seguinte e garantindo a funcionalidade do sistema em sua aplicação atual. Essa abordagem foi adotada para assegurar segurança e funcionalidade mesmo diante de limitações no tempo de desenvolvimento e no nível de domínio da linguagem de programação.

A solução desenvolvida apresenta uma abordagem intuitiva, reduz o tempo necessário para o dimensionamento e diminui a probabilidade de erros manuais durante o processo. Essa solução computacional pode ser adaptada e aplicada a diferentes localidades, auxiliando gestores e engenheiros na tomada de decisões.

Com base no artigo de Melo *et al.* (2020), que apresenta o desenvolvimento de um plugin em Python para facilitar a entrada de dados georreferenciados no software QGIS, destaca-se a relevância dessa ferramenta no contexto da engenharia urbana. O plug-in foi concebido para permitir que operadores, mesmo sem conhecimentos técnicos avançados, possam inserir informações coletadas em campo diretamente no sistema de informação geográfica, simplificando o processo de atualização de redes de infraestrutura, como esgoto e drenagem.

Essa solução não apenas otimiza o gerenciamento de dados críticos de infraestrutura urbana, mas também é especialmente vantajosa para cidades com recursos limitados. No presente trabalho, a proposta de Melo *et al.* (2020) encontra aplicação direta no contexto da drenagem urbana, reforçando como a automação e a integração de tecnologias podem aprimorar processos de engenharia e melhorar a qualidade dos serviços urbanos.

Comparação entre cálculos e intervenções realizadas em Piumhi - MG

Em 2019, a Rua Amazonas, localizada em Piumhi - MG, enfrentava sérios problemas de alagamento, conforme registrado nas Figuras 1 e 2. Esses eventos destacaram a necessidade urgente de intervenções no sistema de drenagem urbana, evidenciando a insuficiência da infraestrutura existente para lidar com os volumes de precipitação.

Entre 2020 e 2022, o município realizou intervenções significativas na área, incluindo a instalação de novas bocas de lobo e melhorias na infraestrutura já existente. Essas ações visaram mitigar os problemas de alagamento tanto na Rua Amazonas quanto na Rua Severo Veloso, que apresentava vários trechos sem bocas de lobo. A ausência desses dispositivos gerava acúmulo excessivo de água pluvial, parte da qual era direcionada para a Rua Amazonas, agravando os problemas de drenagem na região.

Com base nos dados obtidos durante a pesquisa, foi possível comparar a quantidade de bocas de lobo implantadas nessas intervenções com a quantidade calculada por meio da planilha desenvolvida no projeto de pesquisa. Os resultados indicaram que o número atual de bocas de lobo

atende à vazão de projeto, sem ocorrência de escoamento excedente, *a priori*, evidenciando a eficácia das intervenções realizadas.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma ferramenta computacional para o dimensionamento de sistemas de microdrenagem urbana demonstrou ser uma alternativa eficaz e acessível para auxiliar profissionais da engenharia civil, especialmente em municípios de pequeno e médio porte que enfrentam dificuldades recorrentes com alagamentos e infraestrutura deficiente. A aplicação da solução no município de Piumhi-MG permitiu reproduzir cenários reais, demonstrando que a ferramenta é capaz de processar dados de forma automatizada, realizar cálculos hidráulicos com precisão e apresentar os resultados de forma clara e organizada.

Ao adotar uma abordagem estruturada e modular, baseada em classes, foi possível organizar de forma eficiente e precisa cálculos complexos, como os relacionados à vazão, capacidade das sarjetas e escolha das bocas de lobo, estabelecendo um sistema robusto e de fácil utilização.

Este trabalho enfatiza o papel fundamental da programação na engenharia civil, não apenas como uma ferramenta complementar, mas como um recurso essencial para a resolução de problemas urbanos e o planejamento de soluções mais eficientes e sustentáveis.

Embora o programa tenha alcançado seus objetivos iniciais, ele também abre portas para aprimoramentos futuros, como a inclusão de análises custo-benefício, a integração com bases de dados climáticos, a automação no ajuste de parâmetros e dimensionamento completo do sistema de drenagem urbana, por exemplo com foco em loteamentos. Dessa forma, a solução computacional se apresenta como uma contribuição significativa para o avanço das tecnologias aplicadas à engenharia civil, à drenagem urbana e ao planejamento sustentável e inteligente das cidades.

REFERÊNCIAS

104 FM | Piumhi MG. Disponível em: <https://www.facebook.com/104fmoficial. 2019>. Acesso em: 20 out. 2020.

CASTRO, R. L. *Solução computacional didática para cálculo de drenagem urbana em Python: um estudo de caso Piumhi - MG*. Trabalho de Conclusão de Curso—IFMG Campus Piumhi.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Censo 2010*. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=31&dados=29>. Acesso em: 29 nov. 2024.

MELO, H. C. et al. *City Information Modeling (CIM) concepts applied to the management of the sewage network*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 588, p. 042026, 21 nov. 2020.

SILVA, G. S. DA et al. *Diagnóstico básico do sistema de drenagem em Piumhi – mg com aplicação de modelagem gis*. In: TULLIO, F. B. M. (Ed.). *Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil*. Ponta Grossa / PR: Atena Editora, 2020. p. 39–53.

SILVA, G. S.; MATTOSINHO, G. DE O. *Diagnóstico básico do sistema de drenagem em Piumhi com aplicação de modelagem gis*. ForScience, v. 9, n. 2, p. 17, 5 out. 2021.