

Proposta de dimensionamento hidráulico para sistema de drenagem pluvial em área rural do município de Uberlândia/MG

Ana Vitória Lourenço de Oliveira¹, Alice Rosa da Silva² & Bruno de Oliveira Lázaro³

Resumo: A rápida expansão de Uberlândia/MG levou ao surgimento de diversos loteamentos no entorno do centro urbano, tal como Condomínio Chácara Copaíba III, onde a ausência de pavimentação e de infraestruturas de drenagem pluvial acarretam problemas de acúmulo de água, processos erosivos e transtornos aos moradores. Assim, o presente trabalho propôs um sistema de drenagem pluvial adequado às condições locais, a fim de mitigar os impactos oriundos do escoamento pluvial na via que corta o condomínio. Para isso, foi feita a coleta de dados fisiográficos, juntamente com um levantamento bibliográfico para posterior dimensionamento de uma estrutura capaz de coletar e conduzir a água da chuva de forma eficiente. Mediante os parâmetros calculados, chegou-se à proposição de um sistema composto por um par de sarjetas conectadas a uma caixa de passagem da qual saem 5 tubulações que direcionam a vazão coletada até o ponto de descarga. Desse modo, a estrutura proposta demonstra ter a capacidade de remediar os problemas oriundos do escoamento pluvial no condomínio.

Abstract: The rapid expansion of Uberlândia/MG led to the emergence of several housing developments around the urban center, such as Condomínio Chácara Copaíba III, where the lack of paving and stormwater drainage infrastructure causes problems of water accumulation, erosion processes, and inconvenience to residents. Therefore, this work proposed a stormwater drainage system suitable for local conditions, to mitigate the impacts of rainwater runoff on the road that crosses the condominium. To this end, physiographic data was collected in situ, along with a literature review, for the subsequent design of a structure capable of efficiently collecting and conveying rainwater. Based on the calculated parameters, a system was proposed consisting of a pair of gutters connected to a manhole from which 5 pipes direct the collected flow to the discharge point. Thus, the proposed structure demonstrates the ability to remedy the problems arising from rainwater runoff in the condominium.

Palavras-Chave: drenagem pluvial; engenharia hidráulica; dimensionamento.

Keywords: stormwater drainage; hydraulic engineering; sizing.

INTRODUÇÃO

Uberlândia é a segunda maior cidade de Minas Gerais, destacando-se por sua infraestrutura de habitação, saneamento e telecomunicações, atraindo grandes investimentos e um número expressivo de pessoas. Contudo, o ritmo de desenvolvimento da infraestrutura municipal não consegue acompanhar o crescimento acelerado dos novos loteamentos que se expandem rapidamente ao redor do centro urbano, de forma que o município enfrenta problemas como enchentes e alagamentos que são consequência do aumento do escoamento superficial da água pluvial decorrente da falta de planejamento urbano, sobretudo em relação ao manejo inadequado da rede de drenagem e da redução de áreas permeáveis (ROSA, 2023). Assim, fica evidente a importância da drenagem

1) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia (aninhadeoliveira6688@gmail.com)

2) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia (alicers@ufu.br)

3) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia (bruno.lazaro@ufu.br)

pluvial que constitui um dos pilares do saneamento básico segundo a Lei nº 14.026 de 2020, a qual prevê que os planos de saneamento básico devem estar em conformidade com os planos diretores municipais, porém Uberlândia não possui um Plano Diretor de Drenagem Urbana voltado ao planejamento e gestão de águas pluviais, ainda que tal instrumento conste como uma das diretrizes ambientais previstas no plano diretor municipal (UBERLÂNDIA, 2006).

Em 2017, a rede de drenagem municipal passou para a responsabilidade do Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE, o qual ficou incumbido das ações de ampliação, manutenção, aprovação e fiscalização dos projetos de drenagem (DMAE, 2024). Contudo, a cidade ainda possui desafios referentes à boa gestão e planejamento de sua rede pluvial, de modo que o dimensionamento adequado dos sistemas de drenagem é imprescindível, sobretudo, para novos loteamentos, a fim de implementar sistemas capazes de reduzir os problemas que impactam a vida da população e no meio ambiente (ROSA, 2023). Neste contexto, insere-se o condomínio de chácaras Copaíba III, localizado na zona oeste do município, o qual possui uma única via não pavimentada onde ocorre um intenso escoamento superficial durante o período chuvoso levando ao acúmulo de água, abertura de sulcos e enxurradas, além do carreamento de sedimentos para a parte baixa do terreno que pode acelerar a degradação do curso d'água ali presente – córrego Laranjeiras.

Tal situação vem se intensificando devido as chuvas cada vez mais irregulares e intensas, de modo que a comunidade local anseia por uma solução. Portanto, observou-se que uma possível alternativa para o problema seria a implementação de sistema de sarjetas de drenagem ligadas, através de uma caixa de passagem, a tubulações que operam como condutos livre para descarregar a vazão coletada no curso d'água local. Portanto, o presente trabalho propôs o dimensionamento hidráulico de um sistema de drenagem pluvial para o condômino Chácaras Copaíba III, a fim de minimizar os danos causados pelo escoamento de água pluvial nos períodos de chuva intensa.

MÉTODOS

A metodologia aplicada consistiu na caracterização da área de estudo, concomitantemente ao levantamento bibliográfico de informações para o dimensionamento do sistema de drenagem, conforme a Figura 1.

Neste contexto, buscando fazer uma caracterização geral da área, verificou-se que o condomínio chácaras Copaíba III começou a ser ocupado de forma irregular em 2012, contudo em 2022 a associação de moradores conseguiu na justiça a regularização dos lotes que hoje abrigam cerca de 146 moradores. No total são 12 hectares distribuídos em 117 lotes ao longo de uma única via com cerca de 922 m (Figura 2).

Na sequência, foi feito uma breve análise do perfil de elevação da via através do software Google Earth Pro, de modo que a cada 50 metros considerou-se um ponto no terreno, os quais foram posteriormente plotados no Excel e podem ser observados na Figura 3, por meio da qual foi possível calcular a declividade média da via, sendo está de 0,0328 m/m, enquanto entre o ponto final desta até o córrego Laranjeiras, a declividade é de 0,075 m/m.

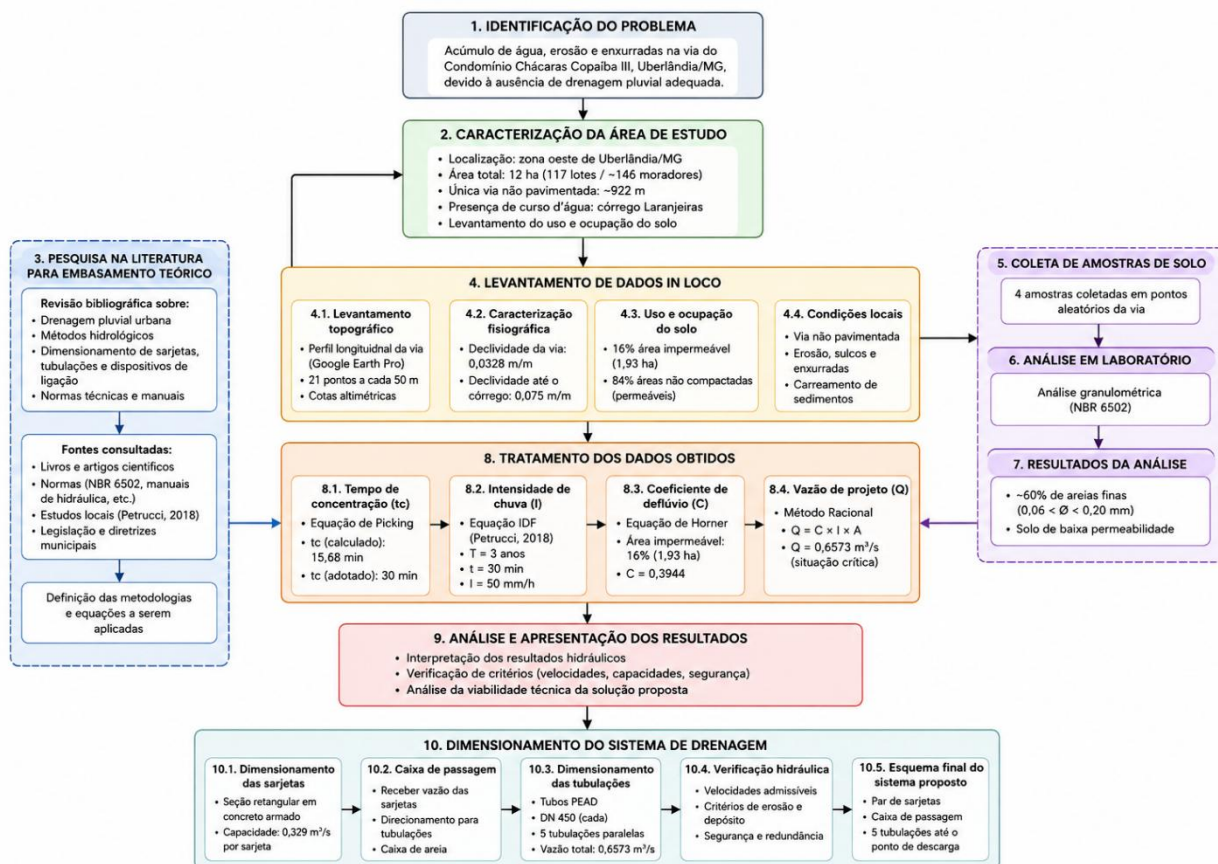


Figura 1 – Fluxograma metodológico da pesquisa.



Figura 2 – Localização e caracterização da área de estudo.

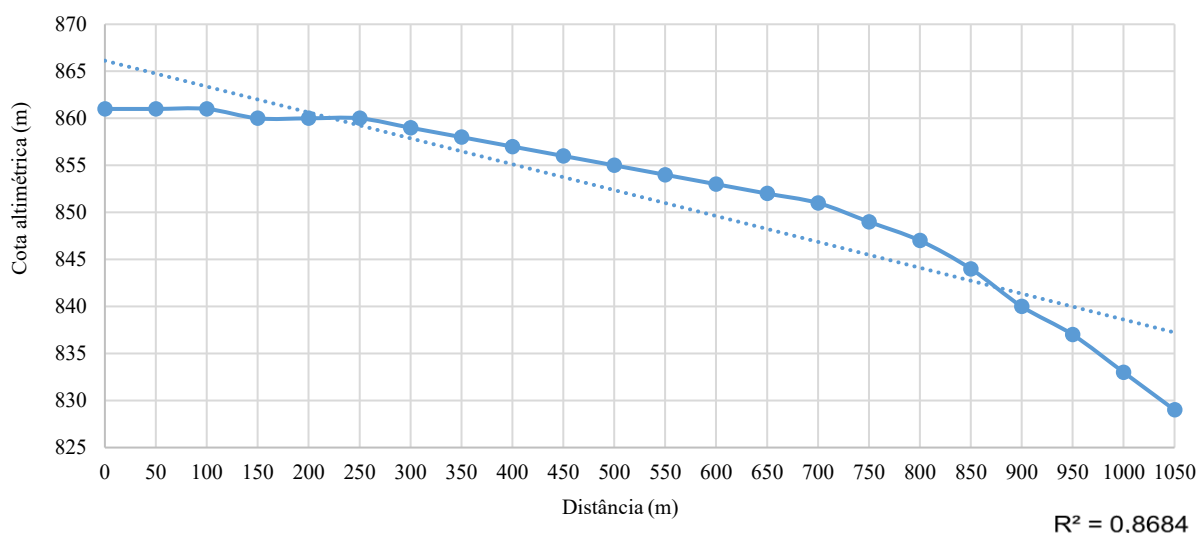


Figura 3 – Perfil longitudinal da via analisada.

Somado a isso, realizou-se também a análise granulométrica de 4 amostras de solo coletadas em pontos aleatórios na superfície da via, foi possível verificar que cerca de 60% do material é composto majoritariamente por areias finas ($0,06 < \phi < 0,20\text{mm}$), segundo a NBR 6502, possuindo, portanto, uma baixa permeabilidade. Posteriormente, foi aplicada a equação de Picking (equação 1) a fim de determinar o tempo de concentração (min).

$$t_c = 5,3 \cdot \left(\frac{L^2}{i}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

Em que L representa o comprimento do talvegue (km) e i a declividade média do talvegue (m/m) (NETO A. et. al., 1998) foi obtido um t_c de 15,68 min. Entretanto, apesar de possuir um solo de menor permeabilidade, mais de 80% da bacia é composta por áreas não compactadas, de modo que a presença de poucas áreas impermeabilizadas aumenta o tempo com que a água escoar ao longo da via. Assim, a aplicação de um valor maior para t_c garante uma melhor representação da situação prática, de modo que o t_c aplicado foi de 30 min.

Dando continuidade aos cálculos, foi necessário precisar a intensidade de chuva no local por meio dos estudos de Petrucci (2018) para determinação do comportamento das variáveis climatológicas de Uberlândia/MG, de modo que foi aplicada a equação IDF (Curva Intensidade-Duração-Frequência) característica da cidade (Equação 2).

$$I = \frac{330,4083 \cdot T^{0,1452}}{t^{0,6164}} \quad (2)$$

Onde I é a intensidade de chuva (mm/h), T o período de retorno (anos) e t a duração da chuva (min).

Por se tratar de uma área com potencial elevado de urbanização, optou-se pelo uso de um T de 3 anos, buscando atender aos objetivos do projeto sem gerar um sistema superdimensionado.

Assim, sendo t igualado ao t_c aplicado de 30 min, foi calculada uma intensidade de chuva igual a 47,62 mm/h ou 50 mm/h, valor que corresponde a uma chuva classificada como *muito forte*.

Dando sequência, o coeficiente de deflúvio da área foi determinado por meio da equação de Horner (Equação 3) (NETO A. et. al., 1998).

$$C = 0,364 \cdot \log t + 0,0042 \cdot r - 0,145 \quad (3)$$

Com isso, sabendo que o local possui 1,93 ha de áreas impermeabilizadas, que corresponde a cerca de 16% da área total do condomínio (r) e aplicando t de 30 minutos, foi obtido um C de 0,3944. Por fim, tomando de base todos os cálculos feitos anteriormente, foi possível aplicar o método racional (Equação 4) para determinação da vazão hidrológica.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad (4)$$

Onde C corresponde ao coeficiente de deflúvio (adimensional), I é a intensidade de chuva com duração igual ao tempo de concentração (mm/h) e A é a área da bacia de drenagem (ha), de modo a ser obtido uma vazão Q em m^3/s (NETO A. et. al., 1998). Aplicando os valores anteriormente calculados para as variáveis C , I e A , foi obtido uma vazão de $0,6573 \text{ m}^3/\text{s}$, o que descreve uma situação crítica de escoamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo dos resultados supracitados, foi possível dar início ao dimensionamento do sistema, começando pelo par de sarjetas retangulares em concreto armado em abas as margens o longo de toda a extensão da via, de modo que cada uma destas foi dimensionada para comportar metade da vazão hidrológica calculada, ou seja, $0,329 \text{ m}^3/\text{s}$. Assim, realizando as manipulações matemáticas na equação de Manning (Equação 5).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Na qual n indica o coeficiente de rugosidade de Manning, A a área da seção transversal (m^2), R_H o raio hidráulico (m) e i é a declividade de fundo do canal (m/m) (NETO A. et. al., 1998), foi possível determinar uma altura e base de 0,25 m e 0,50 m, respectivamente para cada sarjeta.

Partindo deste resultado, verificou-se que a velocidade de escoamento é de $2,63 \text{ m/s}$ ($Q = A \cdot V$), valor não se adequa aos resultados teóricos de Porto (2006) para revestimentos em concreto – 4,0 e 6,0 m/s.

Contudo, por se tratar de um valor inferior à faixa indicada, essa velocidade permite o menor desgaste e risco de erosão da estrutura, garantindo estabilidade do canal. Já do ponto de vista da

deposição de sedimentos, observou-se por meio de uma análise do número de Reynolds que, mesmo nesta velocidade, há turbulência suficiente para garantir o transporte de partículas, reduzindo o acúmulo de sedimentos ao longo das sarjetas. Por fim, fez-se um acréscimo de 20% na altura da sarjeta (PORTO, 2006), ou seja, 0,05 m na altura calculada, permitindo uma folga na capacidade de vazão do canal, sendo obtido uma altura de projeto de 0,30 m. A seguir é possível observar uma representação geral da estrutura proposta (Figura 4).



Figura 4 – Sarjeta proposta.

Na sequência, foi feito o dimensionamento da tubulação. Assim, considerando que a via termina a uma distância de 120 m do curso d'água, verificou-se a necessidade de se instalar parte do sistema de forma enterrada, para evitar que ele tomasse espaço do lote privado localizado ao fundo do condomínio, de forma que a vazão coletada pelas sarjetas é direcionada para um tubo Polietileno de Alta Densidade (PEAD) através de uma caixa de passagem.

Portanto, considerando uma seção circular, foram aplicadas as equações 6, 7 e 8 na equação de Manning (equação 5), sendo destacado que θ corresponde ao ângulo central do tubo, R_H o raio hidráulico (m), A_m a área molhada, D o diâmetro da seção circular (m) e y a altura da lâmina d'água no interior do tubo.

$$\theta = 2 \cdot \arccos \left(1 - \frac{2y}{D} \right) \quad (5)$$

$$A_m = D^2 \cdot \frac{(\theta - \sin \theta)}{8} \quad (6)$$

$$R_H = \frac{D \cdot \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)}{4} \quad (7)$$

Dessa forma, foi obtido um DN 450. No mais, realizou-se também a determinação da velocidade de escoamento no interior da tubulação, sendo obtido um valor de 5,79 m/s ($Q = A \cdot V$)

valor se torna admissível para tubos PEAD, o qual possui uma velocidade limite superior segura de até 7 m/s.

Destaca-se ainda que após a realização dos cálculos baseados em uma única tubulação de saída, determinou-se a implementação de um total de 5 tubos de mesma dimensão – DN 450 – ao sistema, buscando priorizar questões de segurança da estrutura, pois em caso de obstruções em uma das tubulações, as demais continuarão a operar sem maiores transtornos até a resolução do problema.

Por fim, para o dimensionamento da caixa de passagem, partiu-se do pressuposto de que tal estrutura teria de ter um formato retangular, bem como a função receber e direcionar a vazão das sarjetas para as tubulações, de forma que foram considerados critérios geométricos e construtivos para seu dimensionamento.

Assim, o comprimento transversal da estrutura foi igualado ao comprimento do trecho final da via, enquanto que largura e a profundidade foram determinadas visando garantir a facilidade de acesso de operadores ao local para a realização de manutenção e limpeza, de modo que ambas as dimensões foram estabelecidas com 1,2 m. Por fim, foi adicionado um detalhe construtivo no fundo da estrutura, buscando formar uma caixa de areia para acúmulo de sedimentos (Figura 5).

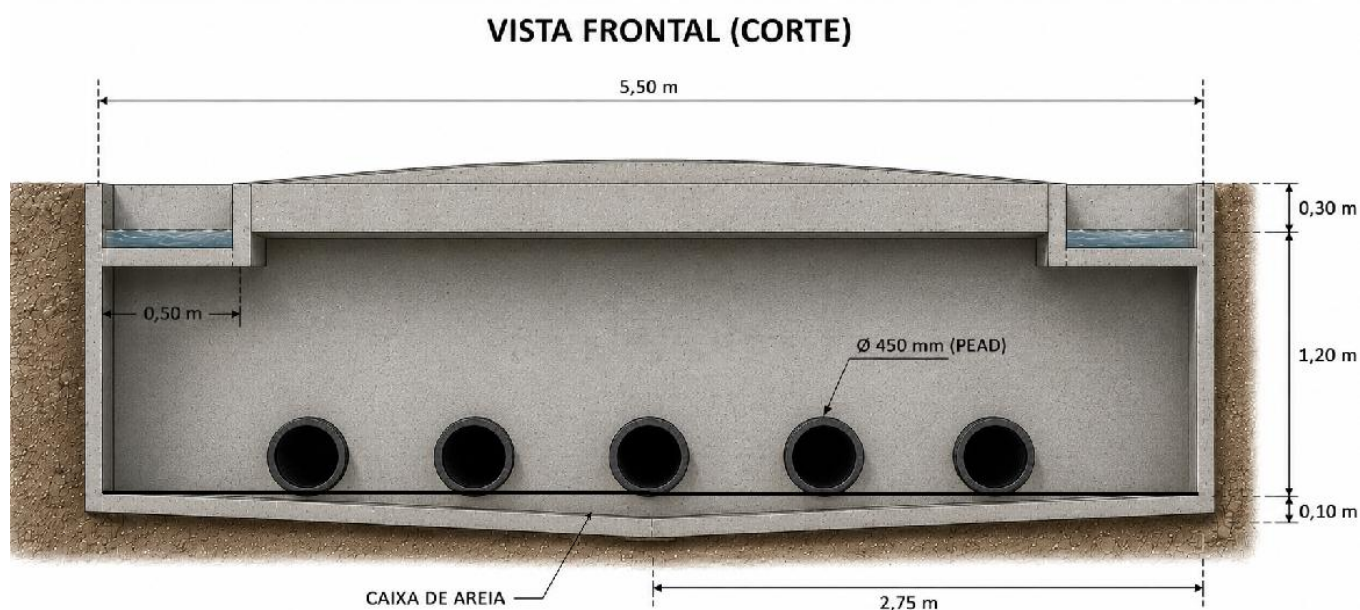


Figura 5 – Esquema ilustrativo da caixa de areia.

CONCLUSÃO

Num contexto de chuvas cada vez mais irregulares e intensas, somado a ausência de normativas específicas para a drenagem pluvial urbana, a proposição de estruturas para coleta de água da chuva dimensionadas com base em dados e análises práticas das áreas de estudo se tornam a melhor alternativa para a remediação de eventos como alagamentos e enxurradas, os quais geram riscos e prejuízos à população.

Portanto, o presente trabalho objetivou uma solução plausível para os problemas que impactam na vida dos moradores do Condomínio Chácara Copaíba III, sendo proposto um sistema de drenagem composto por um par de sarjetas retangulares, uma caixa de passagem e 5 tubulações para a condução da vazão que escoar pela via durante chuvas intensas, sendo obtidos resultados satisfatórios e condizentes com a realidade do local.

Logo, as análises e discussões descritas ao longo deste trabalho poderão fomentar novas pesquisas e soluções para resolução de problemas atrelados a este pilar do saneamento, o qual é por vezes negligenciado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2022). "*NBR 6502: Solos e Rochas - Terminologia*." Rio de Janeiro: ABNT.

BRASIL (2020). "*Lei nº 14.026, de 16 de julho de 2020*." Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE (2024). "*Rede pluvial - serviços DMAE*." Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/rede-pluvial/>. Acesso em: nov. 2024.

NETO, A.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. (1998). "*Manual de Hidráulica*." São Paulo: Edgard Blücher, 8ª ed., 669 p.

PETRUCCI, E. (2018). "*Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa*." Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 245 p.

PORTO, R. M. (2006). "*Hidráulica básica*." São Carlos: EESC/USP, 4ª ed., 540 p.

ROSA, T. A. C. (2023). "Elaboração de um sistema de drenagem urbana de um loteamento na cidade de Uberlândia com uso do programa SWMM."

UBERLÂNDIA (2006). "*Lei Complementar nº 432 de 19 de outubro de 2006: Aprova o Plano Diretor do município de Uberlândia e estabelece diretrizes para sua implantação*." Uberlândia.