REVISTA CIENTÍFICA EVOLUA

ISSN: 3078-6533

Vol. 5, **No.** 1. **2025**

Doi: 10.5281/zenodo.15783703

DRENAGEM PLUVIAL EM ÁREAS URBANAS CRÍTICAS: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO SANTO ANTÓNIO, HUAMBO

STORM DRAINAGE IN CRITICAL URBAN AREAS: CASE STUDY IN THE SANTO ANTÓNIO NEIGHBORHOOD, HUAMBO

DRENAJE TORMENTAL EN ÁREAS URBANAS CRÍTICAS: ESTUDIO DE CASO EN EL BARRIO SANTO ANTÓNIO, HUAMBO

Anselmo Macário Canganjo Lunguana[1*]; Romualdo António dos Santos [2]; Daniel Ukuessunga Benjamim[3*].

ORCID: 0000-0002-5233-0074; ORCID: 0009-0006-4642-1654; ORCID: 0000-0002-3221-8480.

*

*Email de correspondência: alunguana@gmail.com

Recebido: 20/05/2025

Aceito: 02/06/2025

Publicado: 02/07/2025

RESUMO

O presente artigo desenvolve uma proposta técnica para a melhoria da drenagem pluvial em áreas urbanas críticas, tendo como estudo de caso o bairro Santo António, localizado no município do Huambo, Angola a iniciativa surge da necessidade de mitigar os recorrentes problemas de alagamentos que afetam a zona, especialmente ao longo da Avenida Nuno Alves, em virtude da ausência de infraestrutura adequada de escoamento. Para o desenvolvimento do estudo, recorreu-se a métodos teóricos, empíricos e matemáticos, com base no método racional para o cálculo da vazão de projeto. O dimensionamento foi validado por meio de simulações computacionais utilizando os softwares Hcanales e Sisccoh, e complementado com planilhas, gráficos e tabelas elaboradas no Microsoft Excel.. Os resultados obtidos indicam soluções técnicas viáveis que podem ser adotadas em futuras intervenções, reforçando a importância de que todo sistema de drenagem urbana seja previamente dimensionado antes de sua execução, independentemente da localização.

Palavras-chave: Drenagem pluvial, dimensionamento, escoamento urbano

[1] Mestre em ciências. Instituto Superior Politecnico da Caála. Departamento de Engenharias e tecnologia Cidade: Caála. Huambo. Angola.

[2] Licenciado em engenheira civil. Instituto Superior Politecnico da Caála. Departamento de Engenharias e tecnologia Cidade: Caála. Huambo. Angola.

[3] Mestre em ciências. Instituto Superior Politecnico da Caála. Departamento de Engenharias e tecnologia Cidade: Caála. Huambo. Angola.

ABSTRACT

This article presents a technical proposal aimed at improving stormwater drainage in critical urban areas, using the Santo António neighborhood, located in the municipality of Huambo, Angola, as a case study. The initiative arises from the need to mitigate the recurring flooding problems that affect the area, particularly along Avenida Nuno Alves, due to the lack of adequate drainage infrastructure. To carry out the study, theoretical, empirical, and mathematical methods were employed, based on the Rational Method for calculating design flow. The hydraulic design was validated through computational simulations using the Hcanales and Sisccoh software, and supplemented with spreadsheets, graphs, and tables developed in Microsoft Excel. The results indicate technically feasible solutions that can be applied in future interventions, highlighting the importance of conducting prior hydraulic design for all urban drainage systems before implementation, regardless of the location.
.

Key-words: Stormwater drainage, hydraulic design, urban runoff.

RESUMEN

Este artículo desarrolla una propuesta técnica para mejorar el drenaje pluvial en zonas urbanas críticas, utilizando como caso de estudio el barrio de Santo António, ubicado en el municipio de Huambo, Angola. La iniciativa surge de la necesidad de mitigar los recurrentes problemas de inundaciones que afectan la zona, especialmente a lo largo de la Avenida Nuno Alves, debido a la falta de infraestructura de drenaje adecuada. El estudio se desarrolló utilizando métodos teóricos, empíricos y matemáticos, basados en el método racional para el cálculo del caudal de diseño. El diseño se validó mediante simulaciones por computadora con los programas Hcanales y Sisccoh, y se complementó con hojas de cálculo, gráficos y tablas creadas en Microsoft Excel. Los resultados obtenidos indican soluciones técnicas viables que pueden adoptarse en futuras intervenciones, lo que refuerza la importancia de prediseñar cualquier sistema de drenaje urbano antes de su implementación, independientemente de su ubicación.

Palabras clave: Drenaje pluvial, dimensionamiento, escorrentía urbana
.

Introdução

Em tempos de urbanização acelerada, onde cada chuva transforma ruas em rios improvisados, projetar soluções eficazes de drenagem deixou de ser uma opção técnica para se tornar uma urgência social.

A urbanização impõe transformações profundas à paisagem e à dinâmica urbana, promovendo o adensamento populacional desordenado, a impermeabilização excessiva do solo e a eliminação de áreas de infiltração. A ausência de alternativas eficazes para o escoamento das águas pluviais, somada à canalização inadequada de cursos d'água, compromete o equilíbrio do sistema hidrológico natural. Como consequência direta, intensificam-se os eventos hidrológicos extremos: o escoamento superficial torna-se mais veloz, os picos de vazão ocorrem de forma antecipada e com maior intensidade, e os riscos de inundações, enchentes e colapsos na infraestrutura urbana se tornam cada vez mais frequentes e severos (Bonfim 2023). Em contextos de precipitações intensas, bacias hidrográficas inseridas em regiões com elevado grau de urbanização apresentam maior suscetibilidade a eventos hidrológicos extremos, a exemplo de enxurradas, inundações e alagamentos, comprometendo a segurança urbana e a funcionalidade do espaço construído. (SNIS, 2022).

Os impactos da urbanização e do uso inadequado do solo refletem-se na diminuição da capacidade natural de retenção das águas pluviais, exigindo, assim, o escoamento para outras áreas. Esse processo intensifica a velocidade do fluxo superficial, transferindo os efeitos negativos para as regiões a jusante. Com a redução do tempo de concentração, observa-se um aumento no pico de vazão nesses locais, o que contribui significativamente para a ocorrência de inundações em diversas zonas urbanas (Caldeira e Lima 2020; Righetto *et al.,* 2017). Portanto, torna-se essencial o dimensionamento adequado, bem como a correta execução, utilização e manutenção das vias rodoviárias, a fim de assegurar a eficiência e a continuidade operacional do sistema de drenagem de águas pluviais.

No contexto do bairro Santo António, na cidade do Huambo, constata-se a inexistência de dispositivos de drenagem pluvial dimensionados segundo critérios técnicos que considerem as particularidades hidrológicas e topográficas locais. Diante dessa problemática, o presente estudo tem como objectivo geral Desenvolver uma proposta técnica para a melhoria da drenagem pluvial em áreas urbanas críticas, com base no estudo de caso do bairro Santo António, município do Huambo. De forma específica busca-se: (i) diagnosticar o estado atual do sistema de drenagem de águas pluviais no bairro Santo António; (ii) projectar um sistema de drenagem pluvial otimizado, por meio do dimensionamento hidráulico com o software SiSCCoH; e (iii) propor o traçado do canal nas vias com maior incidência de alagamentos.

Desenvolvimento

A drenagem urbana desempenha um papel fundamental no ordenamento das cidades, sendo crucial para a mitigação de danos ao patrimônio público e privado frente a eventos hidrológicos extremos, como as chuvas intensas. Embora nem sempre frequentes, essas ocorrências são previsíveis e demandam infraestrutura adequada.

A recorrência de inundações em diversas cidades brasileiras é agravada tanto pelo alto volume pluviométrico quanto pela impermeabilização excessiva do solo urbano, que compromete a capacidade de infiltração e eleva significativamente o risco de alagamentos e prejuízos socioeconômicos (Pinheiro *et al.,* 2024)

Angola em particular o Huambo, à semelhança de diversas regiões em desenvolvimento, depara-se com desafios estruturais significativos no que concerne à gestão integrada dos sistemas de drenagem e de saneamento básico. A experiência do Brasil, consubstanciada na promulgação da Lei n.º 14.026/2020 que estabelece o novo marco legal do saneamento básico, evidencia a relevância de um enquadramento jurídico sólido como instrumento de fomento ao investimento, à modernização da infraestrutura e à salvaguarda da saúde pública.

No contexto Angolano, impõe-se com urgência a consolidação de políticas públicas que reconheçam o saneamento básico como um direito fundamental e um vetor essencial para o ordenamento e a sustentabilidade urbana. A inexistência ou insuficiência de sistemas eficientes de drenagem pluvial e de esgotamento sanitário compromete não apenas a integridade ambiental das cidades, como também expõe as populações a riscos sanitários graves e a eventos hidrometeorológicos adversos,

como as inundações. Torna-se, pois, imprescindível o estabelecimento e o fortalecimento de instrumentos legais e institucionais que assegurem o acesso equitativo e seguro aos serviços de saneamento, em consonância com os princípios do desenvolvimento sustentável e da justiça social.

Uma das metas prioritárias estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em cooperação com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), consiste na universalização do acesso a serviços seguros e adequados de saneamento e higiene até o ano de 2030. Esta ambiciosa diretriz internacional, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), representa não apenas um compromisso com a dignidade humana, mas também um imperativo estratégico para a promoção da saúde pública, a redução das desigualdades e a sustentabilidade ambiental em escala global.

Diante desse panorama, a microdrenagem compreende o conjunto de sistemas encarregados da captação e condução inicial das águas pluviais provenientes das vias públicas, loteamentos e demais áreas urbanizadas, direcionando-as para o sistema de macrodrenagem. Este último é responsável pelo escoamento em maior escala, utilizando-se de canais naturais ou artificiais, galerias de grande porte e outras estruturas complementares, essenciais para o adequado gerenciamento hídrico no meio urbano (CHEN *et al.,* 2021).

Ao observar que, de forma recorrente, os problemas de infraestrutura urbana e a carência de sensibilização quanto à importância da educação ambiental contribuem significativamente para a ocorrência de alagamentos, especialmente em comunidades vulneráveis como o bairro Santo António, na província do Huambo, torna-se evidente a urgência de um planejamento urbano direcionado a essas áreas. As inundações, além de impactarem diretamente a mobilidade e a saúde pública, geram inúmeros transtornos à população local, em grande parte devido ao mau funcionamento dos sistemas de drenagem, frequentemente obstruídos pela ausência de limpeza e manutenção adequadas (Guimarães *et al.,* 2021).
A ausência de manutenção adequada nos sistemas de drenagem, aliada ao manejo inadequado de resíduos por parte da população e ao acelerado crescimento populacional, constitui um dos principais agravantes dos problemas relacionados à drenagem urbana. Esses fatores comprometem significativamente a segurança e a qualidade de vida da população durante períodos chuvosos, ao mesmo tempo em que contribuem para a degradação das vias públicas e a danificação dos dispositivos hidráulicos, em razão do acúmulo de resíduos sólidos em locais inadequados,(Pinheiro *et al.*, 2024). Assim, a manutenção correta, para o melhor funcionamento do sistema, faz com que não ocorra a diminuição da vida útil dos elementos relacionados à microdrenagem local (kourtis; tsihrintzis, 2021).

No âmbito do presente estudo, desenvolvido no bairro Santo António, tal premissa está directamente alinhada aos objectivos de diagnóstico e dimensionamento de um sistema eficiente de drenagem pluvial. A proposta contempla, além do projecto hidráulico, acções de conservação voltadas à mitigação de alagamentos em áreas críticas, assegurando a funcionalidade e a durabilidade da infraestrutura implantada.

Material e Métodos

O estudo fundamenta-se em uma abordagem metodológica mista, integrando métodos teóricos, empíricos e estatístico-matemáticos. Do ponto de vista **teórico**, aplica-se o método histórico-lógico para analisar a evolução dos sistemas de drenagem, o método indução-dedução para partir de conceitos gerais até soluções específicas, e o método análise-síntese para organizar criticamente as informações coletadas. Na vertente **empírica,** utilizam-se a observação direta dos fenômenos de drenagem em campo, a aplicação de questionários a usuários das vias, e a revisão documental de normas técnicas e relatórios oficiais. Por fim, adota-se o **método estatístico-matemático** para tratar os dados quantitativos da amostra, composta por 100 participantes selecionados de forma intencional, com o objetivo de garantir representatividade na análise do escoamento superficial no bairro Santo António.

Caracterização da zona de estudo

O bairro Santo António está geograficamente localizado na zona sul do município do Huambo, apresentando-se adjacente à aldeia Viação e ao bairro Capango. Essa área integra o perímetro urbano em expansão, caracterizando-se por uma ocupação predominantemente residencial e por uma crescente demanda por infraestrutura urbana adequada, especialmente no que se refere aos sistemas de drenagem pluvial.

Fiaura 1- Delimitacão do Bairro Santo António



Fonte: Google earth, 2025

Os solos predominantes na área em estudo são do tipo argiloso ferralítico, os quais apresentam baixa capacidade de infiltração da água pluvial. Essa característica edáfica contribui significativamente para a formação de lâminas de escoamento superficial e consequentes alagamentos na plataforma viária, resultando na degradação progressiva da infraestrutura urbana. Além dos impactos físicos sobre a via, esses alagamentos favorecem a proliferação de vetores de doenças de origem hídrica, como o paludismo. Tais condições comprometem a mobilidade urbana, dificultando o tráfego de veículos automotores e a circulação segura de pedestres e residentes, bem como dos visitantes da localidade.

O bairro apresenta uma considerável cobertura florestal, com uma extensão de aproximadamente 312.726,86 m² (32,27 hectares), a qual desempenha funções ambientais essenciais, como a regulação do microclima, a manutenção da umidade relativa do ar e a moderação do regime de chuvas. Além disso, a vegetação arbórea contribui significativamente para a proteção do solo contra processos erosivos, atuando como um elemento estabilizador da paisagem e mitigador do escoamento superficial (ver Figura 2.3).

Figura 2: Pequena floresta do bairro Santo António

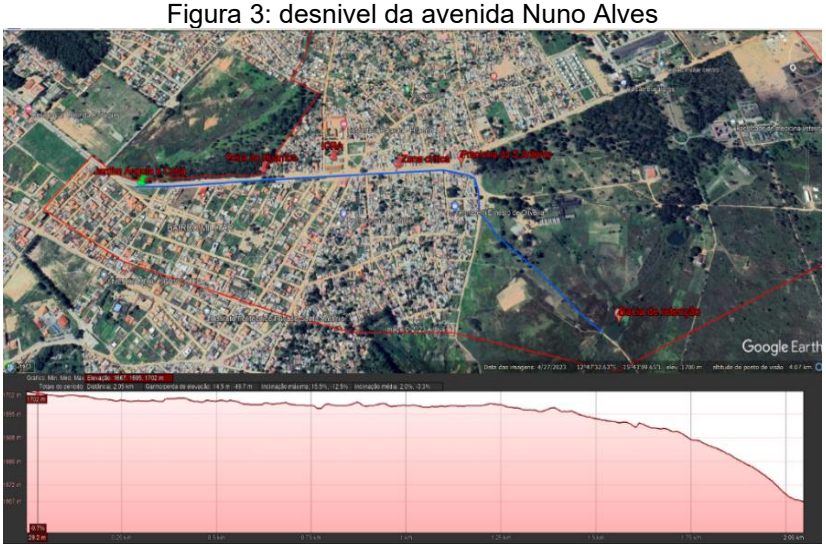


Fonte: Google Earth, 2025

Topografia

Com base nas pesquisas de campo e nos levantamentos topográficos realizados, foram identificados diversos desníveis significativos ao longo da área em estudo. As altitudes variam conforme segue: o ponto entre Angola e Cuba apresenta uma cota de 1702 metros; na extremidade posterior da Feira do Huambo até o Instituto de Ciências Religiosas de Angola (ICRA), a cota é de 1695 metros; a zona crítica e a praça situam-se a 1688 metros; a via de acesso à bacia de retenção possui uma cota de 1680 metros; e, por fim, a bacia de retenção localiza-se no ponto mais baixo, com 1667 metros de altitude. Esses desníveis revelam a direção natural do escoamento superficial, conforme ilustrado na Figura 2.4.

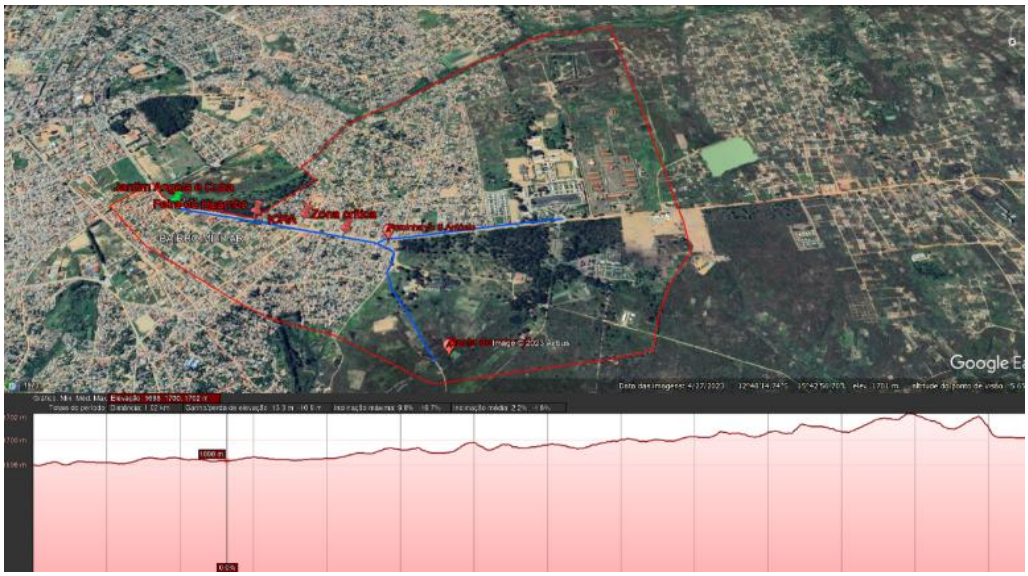
Figura 3: desnivel da avenida Nuno Alves



Fonte: Google Erth 2025

A análise altimétrica da área em estudo revela uma significativa variação de cotas topográficas. O ponto mais elevado localiza-se nas imediações do Quartel-General da Região Militar Centro, com altitude de 1702 metros. Em direção à pequena área florestal adjacente à Faculdade de Medicina Veterinária, observa-se uma leve redução altimétrica para 1700 metros. Já na região da pracinha, situada numa cota de 1688 metros, verifica-se um declive considerável, indicando tendência ao escoamento superficial nesta direção, conforme ilustrado na Figura 2.5. A distância linear entre o Quartel-General e a pracinha é de aproximadamente 1050 metros, enquanto o trecho entre a pracinha e o Jardim Angola e Cuba estende-se por cerca de 1110 metros, consolidando um gradiente topográfico favorável ao escoamento das águas pluviais.

Figura 4: ilustra o desnivel da avenida Nuno Alves



Fonte: Google Erth 2025

Análise Crítica do Sistema de Drenagem Urbana de Águas Pluviais na Província do Huambo

A situação atual do saneamento básico na cidade do Huambo caracteriza-se por um sistema ineficiente, desarticulado e com implicações adversas em múltiplas esferas — desde a saúde pública e qualidade de vida da população até os impactos ambientais significativos. O modelo de saneamento atualmente existente é, em grande medida, remanescente da era colonial e sofreu intervenções pontuais e desestruturadas durante o prolongado período de conflito armado em Angola, sem, contudo, sanar as fragilidades estruturais persistentes (PEAPH, 2013).

De acordo com o Ministério da Energia e Águas (MINEA, 2006), o sistema de esgotamento sanitário colonial era baseado em fossas sépticas, com lançamento de efluentes para a rede pluvial ou, na ausência desta, para poços absorventes. Após a independência, agravada pela instabilidade decorrente da guerra civil, houve um declínio substancial nas ações de manutenção, limpeza e tratamento desses sistemas. Além disso, a ausência de fiscalização técnica nas construções intensificou a prática irregular do descarte de esgoto diretamente em redes pluviais ou corpos hídricos naturais, como rios e riachos.

Na tentativa de reverter este quadro, o Governo Provincial do Huambo (GPH, 2011) relata que, na década de 1990, foram feitos esforços no sentido de reabilitar o setor, incluindo a construção de dois coletores e a previsão de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) a leste da cidade. No entanto, a ETAR jamais foi concluída, e os coletores construídos encontram-se, atualmente, em estado de degradação, necessitando de reabilitação — a qual implicaria a destruição de vias recentemente pavimentadas.

No que tange à drenagem pluvial, a infraestrutura vigente remonta ao período colonial e apresenta sérias limitações operacionais. A reabilitação dos arruamentos da cidade, ocorrida entre 2007 e 2009, não incluiu a recuperação da rede pluvial, resultando em sobrecarga de escoamentos superficiais durante o período chuvoso (GPH, 2011).
Outro aspecto crítico é a ausência de informações quanto à gestão de efluentes líquidos oriundos das unidades industriais localizadas na cidade e em seu entorno, não havendo registros da existência de sistemas de tratamento vinculados a essas instalações.

No bairro Santo António, especificamente, a inexistência de uma rede de drenagem pluvial funcional leva cerca de 30% dos moradores a recorrerem à construção de fossas sépticas como alternativa paliativa para conter as águas domésticas, evitando, assim, alagamentos na frente de suas residências.

Determinação dos parâmetros da Rede de Drenagem

A definição precisa dos parâmetros de drenagem requer a consideração das precipitações mensais máximas, uma vez que estas influenciam diretamente o dimensionamento das infraestruturas hidráulicas.

Observa-se que os meses de janeiro e dezembro concentram os maiores índices pluviométricos ao longo do ano, representando os períodos críticos para o escoamento superficial e, portanto, fundamentais para o planejamento eficaz do sistema de drenagem (ver tabela 1).

Mês	Lâmina precipitada (mm/ mês)
Janeiro	2225
Fevereiro	1170
Março	971
Abril	827
Setembro	335
Outubro	481
Novembro	1853
Dezembro	2580

Fonte - INAMET 2020

Para o dimensionamento dos caudais de enchente na seção de drenagem, procedeu-se à delimitação rigorosa da área de contribuição, à determinação da intensidade da precipitação com base nos dados pluviométricos apresentados na Tabela 4 e à adoção do coeficiente de escoamento superficial, considerando as características físicas e de uso do solo da área em estudo. A geometria trapezoidal foi selecionada

para o canal de drenagem em função de sua comprovada eficiência hidráulica e da facilidade de manutenção. O dimensionamento foi realizado com base no Método Racional, integrando cálculos manuais e modelagem computacional por meio do software Hcannales (Sisccoh), o que possibilitou obter resultados tecnicamente satisfatórios. A Figura a seguir apresenta a delimitação da área de contribuição, destacada em amarelo.

Figura 5 - Delimitação da área em estudo



Fonte: Google Eart 2025

Conforme apresentado na figura anterior, a área de contribuição divide-se em dois setores principais: o primeiro estende-se do monumento Angola e Cuba até à pracinha, abrangendo uma superfície de 27,28 hectares; o segundo compreende o trecho entre o Quartel General e a pracinha, com uma área de 25,08 hectares. Essa delimitação é crucial para o dimensionamento hidráulico, visto que define os volumes de escoamento superficial a serem conduzidos pelo sistema de drenagem proposto.

Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento superficial foi definido com base nos parâmetros estabelecidos na tabela de referência, considerando as características físicas e de impermeabilização da área em estudo, assegurando maior precisão no dimensionamento hidráulico (ver tabela 2).

Descrição da Área	C
Área comercial/edificaçoes muito densas: partes centrais, densamente contruídas, em cidades com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 - 0,95
Área comercial/edificaçoes não muito densas: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitação, mas com ruas e calçadas	0,60 - 0,70

pavimentadas.	
Área residencial:	
Residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
Unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
Lotes com > 2000 m²	0,30 - 0,45

Fonte: ASCE, 1969.

Caudal

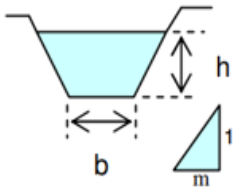
Para o cálculo do caudal, foi adotado o método racional. Sendo que ele permite a determinação do caudal máximo de enchentes.

Equação 1**:** $$\mathbf{Q1} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{360}} * \mathbf{C} * \mathbf{I} * \mathbf{A1} \quad \textbf{(1)}$$

Sendo que: Q_1 = Caudal 1; C = coeficiente de escoamento; I = Declividade do terreno; A = Área.

Características geométricas do canal

O escoamento em canais desempenha um papel fundamental em sistemas de grande escala, como drenagem urbana, saneamento básico e preservação ambiental. Trata-se de um fenômeno hidrodinâmico que varia espacial e temporalmente, sendo influenciado por parâmetros como lâmina d'água, área molhada e raio hidráulico. Para o dimensionamento da seção hidráulica, aplicaram-se as equações consagradas da mecânica dos fluidos, conforme ilustrado na figura a seguir.

Forma da seção	Área (A) (m^2)	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$(b+m.h).h$	$b+2.h.\sqrt{1+m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b+2.m.h$

Fonte: MILOGRANA, J, (2001)

Sendo que: b= base menor; m= talude da parede do canal; h= altura; A= área do trapézio, m².

Pendente do Canal

Equação (2): $$\mathbf{S} = \frac{\textbf{Cota máx} - \textbf{Cota mín}}{\mathbf{L}} \quad (2)$$

Sendo que: L = Longitude

Resultados e Discussão

O planejamento urbano envolve a construção e a manutenção dos sistemas que permitem o escoamento das águas pluviais nas cidades (Ribeiro e Coelho 2024).
Os resultados obtidos evidenciam que, historicamente, a abordagem adotada para drenagem no bairro Santo António tem seguido a lógica tradicional de escoamento rápido das águas pluviais, centrada exclusivamente na evacuação imediata para evitar alagamentos. Essa perspectiva, embora comum, baseia-se em infraestruturas convencionais como canais a céu aberto, bueiros e redes de galerias pluviais (Conserva, 2021). Contudo, verifica-se que essa solução pontual tem se mostrado insuficiente frente à intensidade dos eventos pluviométricos atuais, pois desconsidera práticas sustentáveis de controle do escoamento superficial, como retenção e infiltração. O dimensionamento inadequado e a ausência de estratégias integradas contribuíram para a sobrecarga do sistema, agravando as ocorrências de inundações nas zonas críticas da área analisada.

A aplicação do software Sisccoh na simulação hidráulica permitiu uma análise precisa e confiável do escoamento superficial na área de estudo. Por meio do processamento computacional dos dados hidrometeorológicos e geométricos, foi possível delimitar com exatidão as bacias de contribuição, estimar os caudais máximos de enchente e dimensionar adequadamente a seção dos canais propostos.

Para a simulação do comportamento hidráulico do escoamento superficial, foi utilizado o software Sisccoh, adotando-se a configuração para escoamento livre em canal uniforme com secções regulares. A geometria escolhida foi a secção trapezoidal, devido à sua eficiência no escoamento e facilidade de manutenção. Definiu-se o canal como artificial, revestido em concreto com acabamento fino, utilizando-se um coeficiente de Manning de 0,015, compatível com essa tipologia. Em seguida, foram inseridos os dados obtidos manualmente (área de contribuição, intensidade pluviométrica e coeficiente de escoamento) para validar os resultados computacionais. A integração entre o cálculo manual e o modelo digital assegurou maior precisão, confiabilidade e robustez à proposta de drenagem urbana para a área crítica estudada (ver tabela 3 e 4).

SiSCCoH – Sistema de Cálculos de Componentes Hidráulicos (Secções Regulares)	
Dados de Entrada (Área crítica 1)	
Vazão (m^3/s)	0,32
Profundidade (m)	0,4
Coeficiente de Manning	0,015
Largura inferior (m)	0,6
Inclinação lateral (h/V)	0,5
Resultados Obtidos	
Área molhada (m^2)	0,32
Coeficiente de Manning	0,015

Declividade (m/m)	0,0017
Inclinação lateral (h/V)	0,6
Largura superior (m)	1
Largura do Fundo (m)	0,6
Número de Froud	0,564
Profundidade do Fluxo	0,4
Vazão (m^3/s)	0,32
Velocidade (m/s)	1

SiSCCoH – Sistema de Cálculos de Componentes Hidráulicos (Secções Regulares)	
Dados de Entrada	
Vazão (m^3/s)	0,30
Profundidade (m)	0,4
Coeficiente de Manning	0,015
Largura inferior (m)	0,6
Inclinação lateral (h/V)	0,5
Resultados	
Área molhada (m^2)	0,32
Coeficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,001543683
Inclinação lateral (h/V)	0,5
Largura superior (m)	1
Largura do Fundo (m)	0,6
Número de Froud	0,529
Profundidade do Fluxo	0,4
Vazão (m^3/s)	0,3
Velocidade (m/s)	0,938

A Tabela apresentada sintetiza os resultados hidráulicos obtidos para a seção do canal, com base nos caudais de entrada de 0,32 m³/s e 0,30 m³/s, após a aplicação dos parâmetros de rugosidade (conforme Tabela 5) e das declividades longitudinais (Tabelas 6 e 7), de acordo com o revestimento em concreto adotado.
Conforme recomenda a literatura técnica (MOP 120 – Manual de Hidráulica de Canais, 2005), a velocidade média do escoamento deve situar-se entre um valor mínimo, capaz de evitar o acúmulo de sedimentos, e um valor máximo, que previna a ocorrência de erosão nas paredes e no leito do canal, respeitando a condição (Vmin < V < Vmax). O cumprimento deste critério assegura a eficiência hidráulica e a durabilidade da infraestrutura de drenagem proposta.

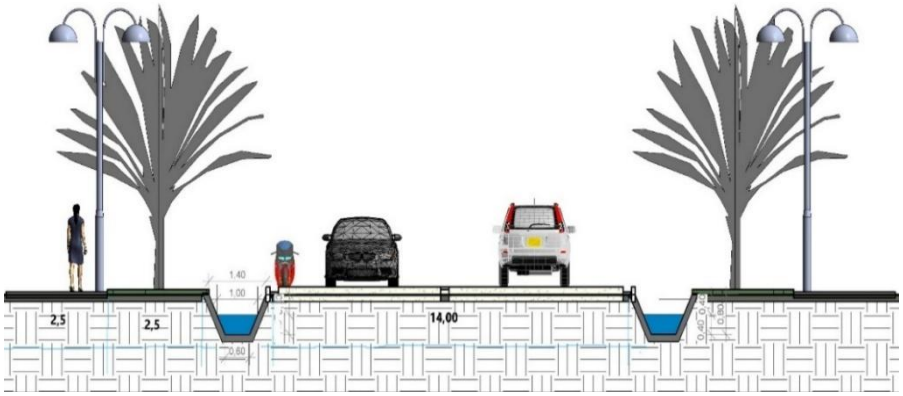
Desenho do canal de drenagem

A concepção do canal de drenagem apresentada neste tópico fundamenta-se na análise das características topográficas da área de intervenção, considerando tanto o perfil longitudinal quanto o transversal do terreno.

Essa abordagem visa otimizar o aproveitamento dos declives naturais, assegurando maior eficiência hidráulica e melhor integração ao meio urbano.

O projeto é ilustrado em três perspectivas complementares: (i) vista superior, evidenciando o alinhamento do canal ao longo da Avenida Nuno Alves; (ii) corte transversal, detalhando a geometria da seção e os componentes funcionais do sistema de drenagem; e (iii) vista frontal, que apresenta a inserção do canal no contexto urbano, com destaque para os dispositivos de drenagem transversal que asseguram o escoamento eficiente das águas pluviais.

Figura 6 : Corte transvesal da zona crítica



. Figura 7 : Vista frontal da Avenida Nuno Alves



Figura 8 : Detalhes sobre



Conclusões

1. Foi realizado um diagnóstico abrangente da rede de drenagem pluvial existente no bairro, a partir de observações directas em campo, que permitiram identificar as principais causas da estagnação das águas ao longo das vias.
2. Diante desse cenário, foi elaborado um conjunto de medidas estratégicas de manutenção voltadas à proteção e preservação do canal projectado, com prioridade para as áreas mais críticas.
3. O canal projectado apresenta capacidade hidráulica para escoar vazões de 0,32 m³/s e 0,30 m³/s, com velocidade média de 1 m/s, valores que se encontram dentro dos limites técnicos recomendados pela literatura especializada, confirmando a eficiência do dimensionamento proposto para o controlo do escoamento superficial em cenários críticos.

Referências Bibliográficas

1. Bonfim, Michelle Tuane Gomes. (2023). Estado da arte da drenagem urbana no município de Goiânia-GO.

2. Caldeira, Luiz Antônio Cardoso, e Diogo Pedreira Lima. (2020). Drenagem urbana: uma revisão de literatura. *Engineering Sciences*.

3. Chen, W. et al. (2021). The capacity of grey infrastructure in urban flood management: A comprehensive analysis of grey infrastructure and the green - grey approach. International Journal of Disaster Risk Reduction.

4. Conserva, C. (2021). *Águas urbanas: expansão do território e drenagem na Serrinha do Paranoá DF*. Editora Autografia.

5. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2005). *Manual de Hidráulica de Canais: Projeto de canais e estruturas hidráulicas (MOP-120)* (1ª ed.). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS).

6. Guimarães, L. F. et al. (2021). The challenges of urban river restoration and the proposition of a framework towards river restoration goals. Journal of Cleaner. https://www.unicef.org/angola/comunicados. Acesso em: 20 Março 2025

7. Kourtis, I. M.; Tsihrintzis, V. A. (2021). Adaptation of urban drainage networks to climate change: A review. Science of the Total Environment.

8. Pinheiro, Ana Kariny Fernandes, Kerolane Moreira do Nascimento, Luandesson Fernandes da Silva, e Antônio Ricardo Mendes Barros. (2024). Projecto de sistema de drenagem: uma abordagem técnica e ambiental. *Engenharia & Ação* 2(1):1-23 (e0597). doi:10.29327/2404569.2.1-2.

9. Ribeiro, Andressa Alves, e Rodrigo Coelho.(2024). Tecnologias Alternativas de Drenagem Urbana para o Controle de Inundações: Revisão de literatura com foco na prevenção de tragédias urbana. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro* 9.

10. SNIS – Secretaria Nacional de Saneamento. (2022). *Diagnóstico temático: Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas – Gestão de risco*. Brasília, DF: SNIS. Disponível em http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-aguas-pluviais (Acesso em Fevereiro de 2025).

11. UNICEF. 2,1 Bilhões de pessoas não têm acesso a água potável em casa, e mais do dobro de pessoas não tem acesso a saneamento seguro. (2017).