



Universidade Politécnica

APOLITÉCNICA

Licenciatura em Engenharia Civil

**Análise da Eficiência dos Sistemas de Drenagens Urbana:
Estudo de Caso na Cidade de Maputo – Bairro da Mafalala**

Discente: Titos Venâncio Muiambo Júnior

Tutor: Eng^o. Ivan Klausse Chicane

Maputo

2023

Titos Venâncio Muiambo Júnior

Análise da Eficiência dos Sistemas de Drenagens Urbana:

Projeto de final do curso apresentado ao Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologia da Universidade Politécnica A Politécnica como requisito parcial para obtenção de licenciado em Engenheiro Civil.

Maputo

2023

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu Titos Venâncio Muiambo Júnior, declaro por minha honra que esta monografia nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer grau acadêmico e que a mesma constitui o resultado do meu labor individual, estando indicadas ao longo do texto e nas referências bibliográficas todas as fontes utilizadas.

Titos Venâncio Muiambo Júnior

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, quero agradecer a Adeus por intermédio do meu consolador e pelo dom da vida, pela Bênção, pela graça que me concede dia-a-dia, dando forças de trilhar caminhos complexos da vida e por ter-me dado forças e perseverança para permanecer no curso. Aos meus queridos pais Titos Venâncio Muiambo e Élia da Glória Macie.

A toda minha família, o meu muito obrigado.

Agradeço também ao corpo docente, á direcção do curso e ao meu supervisor Eng^o. Ivan Klausse Chicane, que muito me ajudou na exploração deste tema; bem como pela paciência que teve comigo, e para além do seu infinito apoio e atenção, soube ajudar-me na elaboração do presente trabalho.

Quero agradecer também aos meus colegas do curso, e os colegas do grupo mais do que colegas foram as pessoas que me deram apoio e confiaram em mim.

Aos meus amigos e colegas pelo apoio incondicional durante a minha caminhada académica.

A todos, o meu muito obrigado.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial:

Aos meus pais Titos Venâncio Muiambo e Élia da Glória Macie, por terem-me gerado e que sabiamente souberam-me passar os princípios e valores da vida que contribuíram para a minha formação.

Aos meus irmãos Aron Gelvas Muiambo e Yolanda Patrícia Muiambo por terem contribuído com as suas experiências pessoais e me instruíram para solucionar problemas modernos de forma atualizada.

RESUMO

Para Cruz (2007), gestão da drenagem urbana na maioria dos municípios ainda não é vista e tratada com a devida importância pelos gestores, isso ocorre devido à ausência de um planejamento específico para o sector. Esta monografia tem como objectivo analisar a eficiência dos sistemas de drenagem urbana na Cidade de Maputo, considerando os desafios enfrentados pelo município em relação as enchentes e inundações.

O estudo aborda os principais problemas associados a drenagem urbana, como o crescimento populacional, o desenvolvimento urbano e as mudanças climáticas. Além disso, são discutidas estratégias e soluções para melhorar a eficiência dos sistemas de drenagem existentes, visando minimizar os impactos das enchentes e promover uma cidade mais resiliente.

Palavras-chaves: sistema de drenagem, inundações, crescimento populacional

Índice de Tabelas

TABELA 1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM FUNÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO	16
TABELA 2. PERÍODO DE RETORNO EM FUNÇÃO DA OCUPAÇÃO DA ÁREA	18

Índice de Figuras

FIGURA 1. CICLO DE ÁGUA EM ZONAS URBANAS. [EPA, 1998].....	9
FIGURA 2. CICLO DA ÁGUA EM ZONAS SUBURBANAS. [EPA, 1998].....	10
FIGURA 3. CURVA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NAS ÁREAS URBANAS.[TUCCI 2005].....	11
FIGURA 4. RESULTADO DAS INUNDAÇÕES NOS CENTROS URBANOS. [BANCO MUNDIAL, 2017]	12
FIGURA 5. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA DO TIPO UNITÁRIO. [LOURENÇO, 2014]	13
FIGURA 6. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA DO TIPO SEPARATIVO. [MARQUES ET AL., 2013 APUD LOURENÇO 2014]	14
FIGURA 7. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO BAIRRO DE MAFALALA NA CIDADE DE MAPUTO. [GOOGLE EARTH, 2024].....	20
FIGURA 8. VALAS DE DRENAGEM LOCALIZADA AV.ACORDOS DE LUSAKA. (2024). FOTOGRAFIA PESSOAL	22
FIGURA 9. ESQUEMA DE COLECTORES EM PERSPECTICAS. [RIBEIRO, 2018]	23
FIGURA 10. ESQUEMA DE COLECTORES EM CORTES. [RIBEIRO, 2018]	23
FIGURA 11. VALA DE DRENAGEM, BAIRRO DA MAFALALA, FAZ CRUZAMENTO COM A R. EUSÉBIA DA SILVA FERREIRA. (2024). FOTOGRAFIA PESSOAL	24
FIGURA 12. BOCA DE LOBO.(2016). FUNASA.	24
FIGURA 13. SARJETA LOCALIZADA NA R. EUSÉBIA DE SILVA FERREIRA. (2025). FOTOGRAFIA PESSOAL.....	25
FIGURA 14. GALERIA DE DRENAGEM [SILVA. 2015].....	25
FIGURA 15. SUMIDORES COM ENTRADA DE ÁGUA PELA PARTE DE CIMA. (2023). FOTOGRAFIA PESSOAL.....	26

Siglas

T = período de retorno (anos)

t = duração da precipitação (min)

K, a, b e c = parâmetros de ajuste, relativos à estação pluviométrica estudada.

P= a probabilidade de ocorrência em qualquer um dos anos estimados

J= a probabilidade de não ocorrência em qualquer um dos anos estimados

K=é o risco assumido para obra a ser projetada

n= vida útil da obra em anos

ÍNDICE

Declaração de Honra	i
Agradecimento	ii
Dedicatória	iii
Resumo.....	iv
AGRADECIMENTO	ii
DEDICATÓRIA.....	iii
RESUMO	iv
CAPÍTULO I – Introdução	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Contextualização	2
1.3 Objectivos.....	3
1.3.1 Objectivos específicos.....	3
1.4 Problematização	3
1.5 Justificativa.....	4
CAPÍTULO II – Revisão Bibliográfica	6
2.1 Conceitos básicos	6
2.2 Drenagem Urbana	7
2.3 Problemas e desafios da drenagem em áreas urbanas	8
2.4 Urbanização e seus efeitos	8
2.5 Mudanças climáticas e o efeito na urbanização	10
2.6 Situação de risco às inundações nas áreas urbanizadas.....	11
2.7 Impactos das inundações na Cidade de Maputo.....	11
2.8 Tipos de sistemas de drenagem.....	12
2.9 Estimativas básicas para o planeamento de um sistema de drenagem.....	15
2.9.1 Estimativa de escoamento superficial	15
2.9.2 Intensidade média de precipitação	16
2.9.3 Chuvas críticas e o período de retorno.....	17
CAPÍTULO III – Metodologia de pesquisa	19
3.1 Metodologia	19
3.1.1 Método de pesquisa.....	19
3.1.2 Pesquisa Bibliográfica	19
CAPITULO IV – Estudo de caso	20

4.1	Caraterização Geográfica	20
4.1.1	Clima.....	20
4.1.2	Situação demográfica do bairro	21
4.2	Infraestruturas de drenagem existentes da Cidade de Maputo	21
4.3	Componentes de sistemas de drenagem	22
4.4	Principais áreas afectadas por inundações	26
4.5	Estado de conservação e funcionamento das infraestruturas de drenagem.....	26
4.6	Estratégias e soluções para melhorar a eficiência	27
4.6.1	Medidas de controle de inundações	27
4.7	Técnicas de drenagem sustentáveis.....	28
4.8	Integração de sistemas de drenagem com planeamento urbano.....	28
4.9	Participação da comunidade e conscientização pública	29
CAPÍTULO V – Discussões e Análise dos Resultados		34
5.1	Análise da Eficiência dos Sistemas de Drenagem Urbanas	34
5.1.1	Determinação da capacidade de escoamento de um sistema de drenagem uma área urbanizada.	35
5.1.2	Dimensionamento da capacidade de escoamento de um sistema de drenagem.....	38
5.1.3	Identificação de pontos críticos.....	42
5.1.4	Análise da Eficiência de um sistema de Drenagem de águas pluviais.....	43
5.2	Manutenção e limpeza dos sistemas de drenagem	45
CAPITULO VI – Conclusões e Recomendações.....		47
6.1	Conclusão	47
6.2	Recomendações	49
BIBLIOGRAFIA.....		1
Apêndice		

CAPÍTULO I – Introdução

1.1 Introdução

O crescimento da população nas cidades urbanas moçambicanas tem sido constante e dessa forma, a demanda por um bom planejamento urbano é iminente. A falta de controle desse espaço urbano marca o efeito sobre a infraestrutura, e toda a população está exposta aos riscos devido a ocupação inadequada do solo.

O processo de urbanização, ao longo dos anos, tomou uma proporção cada vez maior, impulsionado pelas modernizações oriundas dos constantes avanços e das descobertas tecnológicas, desde as pequenas até as grandes cidades.

A urbanização descontrolada das cidades em áreas inapropriadas, associadas a práticas como o desmatamento, descarte de resíduos sólidos, impermeabilização do solo, tem provocado entre outros grandes impactos, o agravamento de desastres hidrológicos recorrentes como alagamentos (Pereira et al., 2018).

Rodrigues (2019) destaca que os desastres hidrológicos possuem entre suas causas primordiais a ação dos processos naturais, que envolvem excesso de água no sistema afetado, deficiência no sistema de drenagem urbana, atingindo principalmente a população que ocupam áreas sensíveis à drenagem e com restrições de uso e ocupação, como a exemplo superfícies inundadas.

Ocorre também a impermeabilização do solo, seja ela parcialmente ou totalmente, decorrente da construção de rodovias, edificações, residências, calçadas, dificultando ou até mesmo impedindo parcialmente ou totalmente o processo natural de absorção das águas pelo solo (Höltz, 2011).

Conforme (Villanueva *et al.* 2011), o processo de urbanização, que traz como consequência a impermeabilização do solo, é um sinal claro de prosperidade e crescimento de uma cidade, porém, por outro lado, isso significa uma maior demanda da necessidade da existência de um sistema de drenagem. O mesmo tem como papel transportar as águas pluviais coletadas em seu traçado até um corpo hídrico apropriado, como rios, lagos, córregos, para que essas águas continuem seu ciclo natural sem causar transtornos à população (Tucci, 2009).

O sistema de drenagem tem um papel fundamental na vida de uma cidade, independente do seu tamanho, pois carrega as águas que caem em toda cidade para as bacias hidrográficas. Isso evita possíveis alagamentos e previne enchentes (Tucci, 2012).

Sabe-se que, quando não se tem um sistema de drenagem eficiente para evitar a ocorrência dessa problemática, a cidade e, principalmente, a sua população sofrerão os impactos, tanto na qualidade de vida, já que transita em uma cidade com um nível alto de água em suas ruas, gerando transtornos; prejuízos financeiros, uma vez que, normalmente, em chuvas fortes, pode-se ocorrer o alagamento das ruas, das lojas, casas, veículos; e na saúde da população, esse é um dos impactos mais graves, pois pode afetar a saúde de uma cidade por completo, e, algumas vezes, de forma lenta e silenciosa, isso porque essas águas podem se tornar transmissoras de bactérias e vírus, já que trazem consigo uma mistura de lixo e muitas vezes esgotos das ruas. Este cenário é mais visível em países em vias de desenvolvimento e naqueles situados em regiões costeiras, e em particular às cidades ao longo da costa, ou que são atravessadas por grandes rios, onde as populações de baixa renda tendem a ocupar os locais propensos as inundações (Barbosa, 2006). Em Moçambique, as cidades de Maputo, Beira, Quelimane e as atravessadas por grandes rios, tais como cidades de Xai-Xai e Chokwé, constituem exemplos claros de locais em que maioria da população sofre frequentemente com inundações na época chuvosa (Baloi *et al.*, 2018).

1.2 Contextualização

Nos países em desenvolvimento, o rápido crescimento populacional urbano trouxe consigo a falta de organização e ordenamento do espaço urbano de forma adequada por parte dos governos municipais (Silva *et al.*, 2016). Em Moçambique, de acordo com os dados estatísticos do último censo, cerca de 33,4% da população moçambicana reside em zonas urbanas (INE, 2019).

Neste contexto, o rápido crescimento populacional urbano, que teve seu início na década 70, motivado pela independência nacional e pela guerra civil, não levou em conta o processo de ordenamento urbanístico, fazendo com que muitos bairros da maioria das cidades moçambicanas continuem a sofrer com as inundações durante a época chuvosa (ONU-Habitat, 2007) e (Bernardo, 2019).

Devido ao crescimento urbano ocorrem alterações no uso do solo, nomeadamente o aumento da impermeabilização, que mudam significativamente as condições de drenagem natural das águas pluviais (ciclo hidrológico - ciclo natural da água): a capacidade de infiltração e retenção da água pluvial no solo reduz; o escoamento superficial aumenta e os tempos de concentração são menores, originando caudais de ponta mais elevados. A consequência direta dos fenómenos

apontados é a ocorrência de inundações, causadas pela falta de capacidade dos sistemas de drenagem face ao aumento dos caudais a eles afluentes.

As sucessivas inundações, ano após ano, nas zonas urbanas provocam elevados danos. Em Moçambique existem registos de inundações que resultaram em elevadas perdas humanas e económicas: o caso das cheias de 2000 em Maputo, nas quais pessoas morreram e muitas outras perderam seus comércios, casas e muito mais.

Para Souza & Romualdo (s.d.), quando o crescimento urbano não é acompanhado por um aumento e distribuição equitativa dos investimentos em infraestrutura sociais e na democratização do acesso aos serviços urbanos, as desigualdades sócioespaciais são acentuadas, fazendo com que as famílias de baixa renda estejam expostas à situação de risco.

Fonte: DAEE/CESTESB-SP.

1.3 Objectivos

- Analisar a eficiência do sistema de drenagem urbana para escoamento das águas pluviais.

1.3.1 Objectivos específicos

- Avaliar o sistema de drenagem do Bairro da Mafalala, província de Maputo;
- Identificar os seus benefícios e inconveniências para a cidade e os seus habitantes;
- Avaliar o estado de conservação dos sistemas de drenagem do bairro;

1.4 Problematização

Com o constante crescimento e centralização de moradias e comércios, diversas áreas começaram a ser impermeabilizadas ocasionando e/ou intensificando as inundações e alagamentos nas cidades, o que representa um grave problema para as áreas urbanas, uma vez que atingem locais densamente ocupados, causando prejuízos e transtornos para a população. A cidade de Maputo vem apresentando esse problema, principalmente durante os períodos chuvosos, devido a diversos problemas de construções em área de preservação permanente, poluição e construções em locais inapropriados ocasionando prejuízos a população e ao meio ambiente. Segundo (Tucci 2014), o fenômeno de inundações em área urbana é consequência de vários processos tais como falta de planejamento do uso do solo, sistemas de drenagem ineficientes ou ausentes, falta de manutenção das drenagens, etc.

Segundo (Rosa 2018), o processo de urbanização, para além de causar problemas acima mencionados, deixa marcas permanentes nas respostas hidrológicas das áreas urbanizadas, apresentando efeitos no aumento do escoamento superficial e na diminuição da infiltração, tendo como consequência a ocorrência das inundações urbanas.

O bairro da Mafalala localizado na cidade de Maputo, não fica isento ao risco de inundações, devido ao seu elevado nível de lençol freático, densidade populacional, ocupação inapropriada do solo, construções desordenadas e a deposição do lixo em locais inapropriados, aliado a falta de ordenamento territorial e a ineficiência do sistema de drenagem. Por sua vez, (Fernández 2015) defende que, as inundações são um fenómeno natural impossível de evitar, mas seus efeitos são possíveis de mitigar, e dependendo da sua magnitude, podem ser perigosas, fazendo por isso, parte dos riscos naturais a que a sociedade esta exposta.

Diante do exposto torna-se acima, surge a necessidade de se: *analisar até que ponto os sistemas de drenagem urbana são eficientes no escoamento das águas pluviais para evitar inundações urbanas.*

1.5 Justificativa

Os alagamentos e inundações são fenômenos que necessitam de atenção devido a seus efeitos e periculosidade. Face à essas observações, é muito importante que se conheça os sistemas de drenagem, suas áreas críticas e vulneráveis à inundação em uma cidade e os danos que essas podem causar.

A análise de eficiência do sistema de drenagem urbanas na Cidade de Maputo, tem como papel essencial impulsionar a inovação, avaliando o impacto ambiental e social dos sistemas incluindo seu papel na gestão dos recursos hídricos e qualidade de água. Ainda no âmbito acadêmico, a sua avaliação fornece evidências e dados fundamentais para apoiar a tomada de decisão políticas, públicas e práticas de planejamento urbano relacionada a drenagem urbana.

Profissionalmente, a avaliação do sistema de drenagem, constitui uma grande relevância à medida que os profissionais científicos, a exemplo dos engenheiros hidráulicos e ambientais podem validar modelos com precisão a serem usados pelas políticas públicas para auxiliarem na avaliação do impacto ambiental das inundações. Essa avaliação fornece informações de como o meio ambiente é afectado e ajudar no desenvolvimento de estratégias para mitigar impactos negativos, ajudando no monitoramento e manutenção dos sistemas de drenagens urbanas existentes.

Essas avaliações são essenciais para comunidade abrangente e colaborativa, à medida que pudesse identificar áreas propensas a alagamentos e pontos de estrangulamento no sistema. Ajuda também a coletar os *feedbacks* dos moradores locais sobre problemas enfrentados e sugestões de melhoria e desenvolver um plano de acção para resolver problemas identificados e melhorar o sistema de drenagem, envolvendo a comunidade no processo de tomada de decisão.

CAPÍTULO II – Revisão Bibliográfica

2.1 Conceitos básicos

Sistema de drenagem

Conceitua que um sistema de drenagem é considerado um conjunto importante de elementos destinados a transporte das águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região e que escorrem sobre sua superfície, conduzindo estas a um destino.

Tem como principal objetivo, amenizar os prejuízos causados por inundações, reduzir os riscos que a população estará sujeita e por fim, possibilitar o desenvolvimento de forma harmônica, articulada e sustentável.

Os sistemas urbanos de drenagem de águas pluviais são um importante agente na gestão das águas pluviais e têm como objetivo primordial assegurar a recolha e o transporte das águas das chuvas, em condições apropriadas, para um meio receptor, de forma a evitar a ocorrência de inundações indesejáveis. Pode afirmar-se que a drenagem pluvial urbana não é só uma necessidade, mas uma prioridade por estar diretamente ligada à qualidade de vida e à segurança de pessoas e bens (Marques et al., 2013).

Os benefícios que advêm da correta implantação de um adequado sistema de drenagem pluvial são inúmeros podendo apontar-se alguns:

- Redução das áreas inundadas;
- Proteção do tráfego rodoviário e pedestre;
- Redução de gastos com manutenção das vias públicas e áreas adjacentes permeáveis e Impermeáveis;
- Escoamento rápido das águas superficiais;
- Eliminação da presença de águas estagnadas;
- Abaixamento do nível freático;
- Redução da erosão hídrica do solo

Drenagem urbana

É tida como o manejo das águas pluviais urbanas, considerando o ciclo das águas no plano terrestre do planeta, juntamente com os avanços nos métodos de actuação, em relação às técnicas usadas atualmente, tendo em vista os avanços técnicos decorrentes da evolução sobre a percepção hídrica (Christofidis *et al.* 2020).

Urbanização

É o crescimento populacional têm acarretado um aumento acentuado da superfície impermeabilizada, bem como a densidade populacional, causando diversos problemas socioambientais como poluição, cheias, alagamentos, inundações e vários danos sobre a vida humana e financeira (Souza, 2013).

Inundações urbanas

Extravasamento das águas de um curso de água ou em valas de drenagens para as áreas marginais, quando a vazão é superior à capacidade de descarga do canal em zonas urbanas (Santos, 2012).

Inundações urbanas são todas inundações que ocorrem na drenagem urbana por conta do efeito da impermeabilização do solo, da canalização do escoamento ou da obstrução e deposição do lixo nas valas de escoamento (Tucci, 2005).

Saneamento Básico

O saneamento básico é o conjunto de serviços essenciais para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, como tratamento e abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário, drenagem urbana de águas pluviais, limpeza urbana, coleta e destinação dos resíduos sólidos (Tucci, 2016).

2.2 Drenagem Urbana

Para (Brito et al. 2015), conceitua que um sistema de drenagem urbana tem como principal objetivo, amenizar os prejuízos causados por inundações, reduzir os riscos que a população estará sujeita e por fim, possibilitar o desenvolvimento de forma harmônica, articulada e sustentável, também é considerado um conjunto importante de elementos destinados a transporte das águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região e que escorrem sobre sua superfície, conduzindo estas a um destino final.

Para (Oliveira, 2019), é necessário que ocorra investimento em pesquisas na infraestrutura das cidades, para que se desenvolva de forma justa, uma qualidade de vida para as pessoas, com saneamento, moradia segura e drenagem de águas pluviais contra enchentes e inundações mais eficientes.

De maneira parecida, (Cruz, 2015) salienta que as vantagens encontradas nos estudos de drenagem urbana se apresentam, na redução de gastos com manutenção de vias públicas, além

da redução de danos as propriedades, escoamento rápido das águas nas superfícies alagadas, eliminação dos focos de lamaçais parados que resultam em focos de doenças, condições seguras de circulação por carros e pedestres durante as chuvas e amenização dos impactos causados pelas erosões e poluição de lagos e rios.

O objetivo da drenagem urbana é retirar a água das chuvas o mais rápido possível do perímetro urbano, evitando danos para a cidade e assegurando que não haja impactos aos corpos hídricos, receptores das águas pluviais.

Conforme (Silva *et al.* 2019), o conceito de drenagem urbana está condicionado às práticas da antiguidade de lidar com o problema das águas pluviais nas cidades, que resulta no procedimento da captação da água da chuva, buscando que esse procedimento ocorra o mais rápido possível, de forma eficiente para evitar danos.

2.3 Problemas e desafios da drenagem em áreas urbanas

Os sistemas de drenagem urbanas ainda seguem um padrão baseado apenas em eficiência hidráulica de condutores, apesar de já existir um reconhecimento de que este tipo de abordagem não resolve os problemas no longo prazo. Desta forma os sistemas de drenagem continuam sendo concebidos, dimensionados e projetados para falhar.

(Dutra & Vieira, 2020) descreve que a problemática nos sistemas de drenagem é a existência de quantidades recorrentes de resíduos sólidos, levados às redes pela lavagem de ruas e pela falta de educação ambiental da população, provocando a obstrução do sistema e conseqüentemente, agravando ainda mais os alagamentos localizados nas regiões. Ainda nessa perspectiva, (Cunha & Borja, 2018), acrescentam que pouco tem sido feito na busca de alternativas para a coleta, controle do lixo, resumindo-se em uma simples campanha de conscientização da população e em projetos isolados de estruturas de contenção de resíduos em cursos d'água, além da existência de sistema de coleta domiciliar e de limpeza urbana periódica. Um dos grandes desafios é que embora haja avanços significativos obtidos do conhecimento no desenvolvimento de técnicas e abordagens mais integradoras e o impacto da urbanização sobre os processos naturais, ainda não houve apropriação desse conhecimento na prática dos técnicos municipais e tomadores de decisão.

2.4 Urbanização e seus efeitos

A urbanização de uma cidade está intimamente ligada a ocupação e crescimento de um local, essa relação entre variáveis é descrita por (Farias & Mendonça, 2019), é uma forma de

estruturação de propriedade de um dado território, sendo que os processos sociais, culturais, econômicos e políticos só ocorrem sobre ação de necessidade. De forma parecida, (Pereira et al. 2018), destaca que os problemas socioambientais são ocasionados pela relação entre o crescimento acelerado, atrelado a ausência de um planejamento urbano eficiente. Isso significa mais construções em áreas, antes caracterizadas por apresentarem histórico de matas nativas, fazendo com que muitas cidades sofram prejuízos econômicos e ambientais por estarem localizadas sobre estas.

As transformações ocorridas no meio urbano, quando se trata da expansão das cidades foi descrita por (Tenório, 2017), esse crescimento é marcado por um processo de rápida ampliação de áreas construídas e pela fragmentação de uma infraestrutura básica de serviços sem acompanhamento adequado, estas se constituem em loteamentos ou conjuntos habitacionais populares, que em sua maioria são localizadas longe dos espaços do centro.

(Dutra e Vieira, 2020) acrescentam que a falta de saneamento básico, sendo específico quanto a deficiência de uma falta de sistema de drenagem, refletem, sobretudo em condições desastrosas no meio físico. Com isso, põem-se exposta a importância da figura do poder público, em agir junto com o plano diretor para orientação e estabelecimento de diretrizes sobre o uso e ocupação de um solo, concebendo assim uma busca pelo equilíbrio na relação entre construções e ambiente natural. Além desse ponto, será necessária a ação preventiva e não apenas a corretiva, no manejo das águas pluviais.

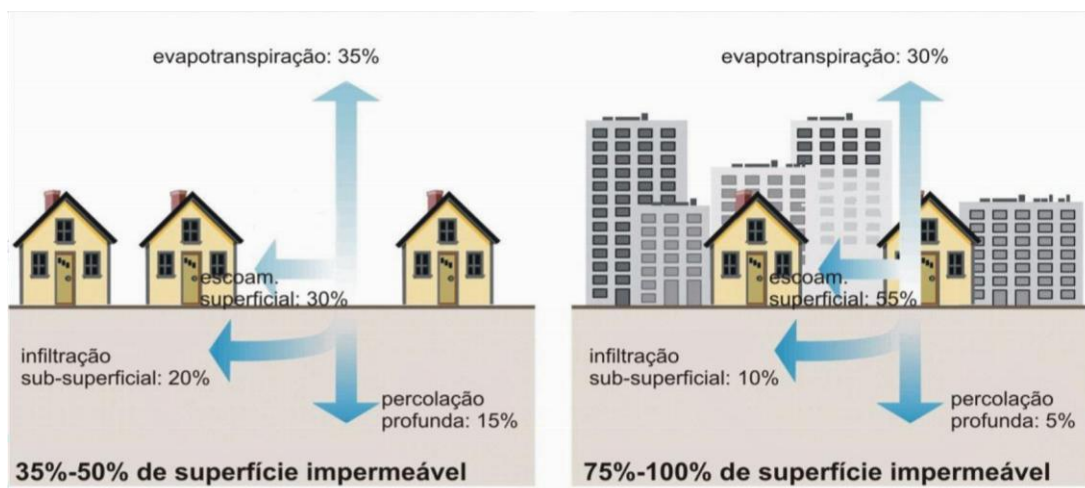


Figura 1. *Ciclo de água em zonas urbanas.* [EPA, 1998]

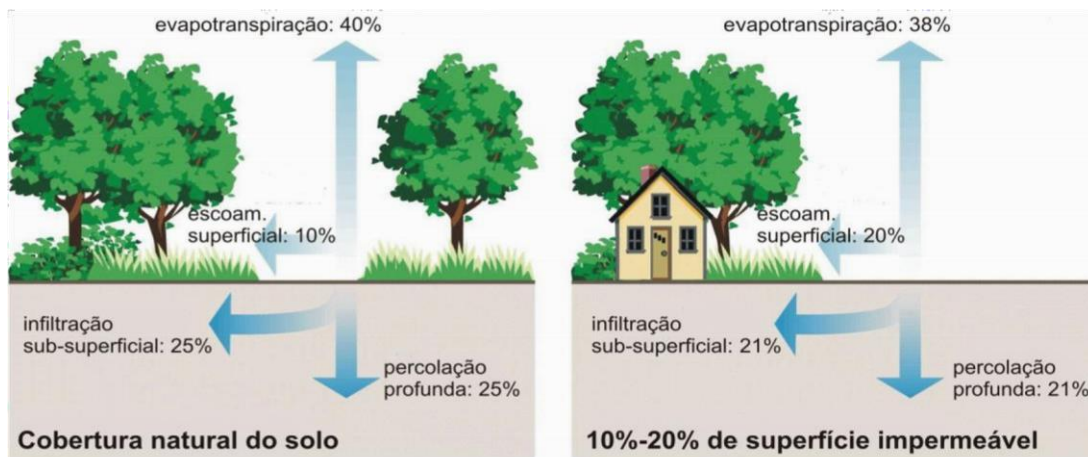


Figura 2. Ciclo da água em zonas suburbanas. [EPA, 1998]

2.5 Mudanças climáticas e o efeito na urbanização

Os efeitos das mudanças climáticas podem provocar impactos significativos no sistema de drenagem dos centros urbanos e tal situação agrava-se em áreas com urbanização desordenada e um sistema de drenagem bastante vulnerável. Esta ocupação hidrográfica resulta numa alteração profunda dos aspectos hidrológicos na parte edificada com graves repercussões no movimento da água.

As cidades tornam o solo menos permeável, eliminam árvores e modificam a geometria das linhas de escoamento. Tudo isso contribui para a rápida concentração das águas das chuvas que caem no solo e conseqüente agravamento das inundações nas cidades.

Em terrenos naturais ou bacias não urbanizadas, a água da chuva vai movimentando-se de acordo com a seqüência de processos hidrológicos comuns, nomeadamente, a retenção na copa das árvores, infiltração e retenção em depressões (Turton *et al.* 2006).

Devido ao efeito da urbanização, o escoamento superficial tenderá a ser maior e mais acelerado. Esta modificação é sobretudo provocada pela desflorestação, pela impermeabilização do solo, pela canalização dos escoamentos e pela acumulação de resíduos sólidos. A desflorestação, para além de eliminar o papel importante da intercetação exercida pela capagem das árvores na redução do escoamento directo, também deixa o caminho aberto para que gotas de chuva caiam directamente sobre o solo, causando a sua compactação devido à força do seu peso com a conseqüente redução da capacidade de infiltração do solo.

Em muitos casos, as autoridades, ao tentar resolver o problema do aumento de escoamento directo, implementam soluções baseadas na canalização das águas, para que se escoem o mais rapidamente possível para jusante, o que leva a que se exceda a capacidade de vazão das redes

de drenagem aí presentes, já por si enfrentando frequentes crises de insuficiência, o que resultará num consequente aumento na frequência de inundações na drenagem urbana e também da evapotranspiração devido ao corte de árvores. Estas interferências nos processos hidrológicos irão resultar numa modificação significativa do hidrograma de escoamento.

2.6 Situação de risco às inundações nas áreas urbanizadas

Com o rápido crescimento urbano das cidades e das zonas urbanizadas que vem se verificando nos últimos anos, isto é, em quanto as cidades crescem de modo a responder e acomodar o aumento populacional, muita das vezes o processo de urbanização ocorre de forma desordenada, causando mudanças significativas no uso e ocupação do solo mesmo em zonas consideradas de risco (Medeiros, 2019).

Todavia, (Peixoto, 2013) afirma que, o risco de inundação na área urbana está associado a impermeabilização do solo resultante da acção antrópica e da incapacidade dos sistemas de escoamento pluvial. Complementado a mesma ideia, (Tucci, 2005) afirma que, quanto maior for a densidade populacional numa determinada zona geográfica, maior é a impermeabilização do solo resultantes das construções e da ocupação desordenada do solo, conforme ilustra a figura abaixo.

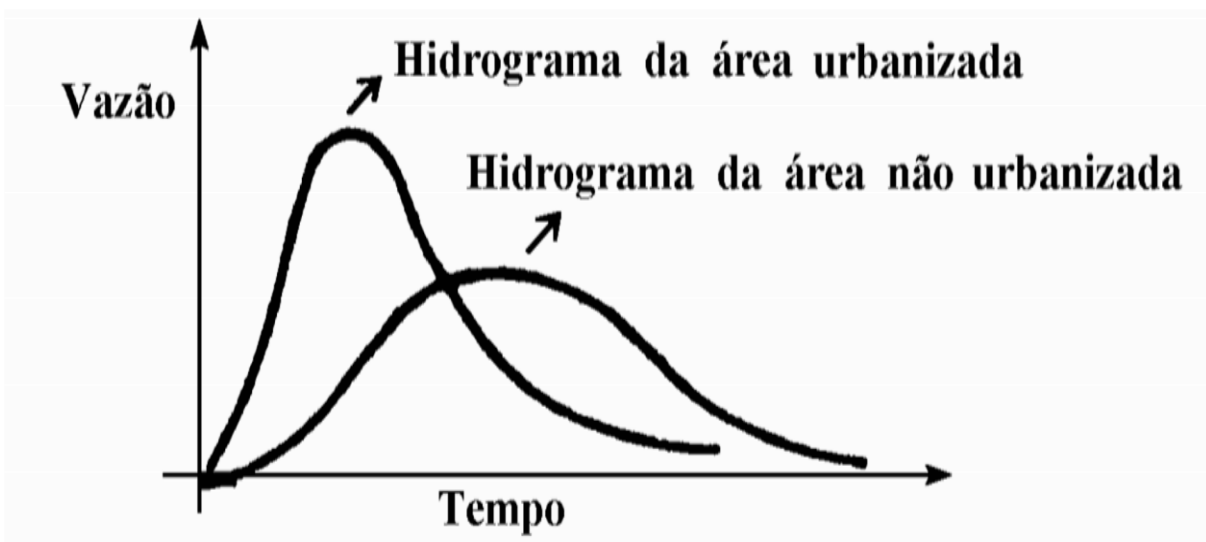


Figura 3. Curva de infiltração de água nas áreas urbanas.[Tucci 2005]

2.7 Impactos das inundações na Cidade de Maputo

As inundações urbanas são um desafio crescente que colidem com o desenvolvimento e colocam em risco a vida das populações, e os seus impactos são severos e catastróficos dependendo do nível de resposta dado a esta situação. (Gomes, 2013) afirma que, as inundações

representam uma ameaça grave a população e deixam de ser uma questão puramente ambiental, tornando-se em uma questão social, económica, estrutural e até mesmo político.

Muitos são os problemas causados a população pelas enchentes na Cidade de Maputo, podendo destacar os seguintes:

- Danos as infraestruturas habitacionais, comerciais, públicas e privadas;
- Interrupção da actividade económica das áreas inundadas;
- Contaminações de água pela inundação de depósitos de lixo, estações de tratamento de água;
- Prejuízos de perda materiais e humanas;
- Contaminação por doenças de veiculação hídrica como cólera entre outros.
- Danos a actividade agrícola,



Figura 4. Resultado das inundações nos centros urbanos. [Banco Mundial, 2017]

Segundo o (Banco Mundial, 2007) e (Borges, 2013), as principais consequências das inundações urbanas começam a se evidenciar à medida que causam vítimas mortais, desalojados e entre outros danos imensuráveis, tais como prejuízos económicos, às propriedades, à saúde pública e no meio ambiente.

2.8 Tipos de sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem são uma componente das infraestruturas urbanas, cuja função principal é o de recolher e encaminhar, de forma segura, as escorrências superficiais para os pontos de descarga, geralmente corpos hídricos. Na concepção dos sistemas de drenagem deve procurar-se aproveitar ao máximo a declividade natural do terreno de modo a favorecer o escoamento gravítico aos pontos de descarga.

Os sistemas de drenagem de águas residuais podem classificar-se em quatro tipos, em função da origem das águas que escoam, nomeadamente: sistemas unitários, sistemas separativos, sistemas mistos e sistemas separativos parciais ou pseudo-separativos.

a) Sistemas unitários

Compostos por uma única rede de coletores, onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais (EPA, 1998). São constituídos por uma única rede de coletores, onde são conjuntamente admitidas as águas residuais domésticas, industriais e pluviais. Estes recolhem e drenam a totalidade das águas a afastar dos aglomerados populacionais.



Figura 5. Representação Esquemática do sistema do tipo unitário. [Lourenço, 2014]

Em tempo seco, as águas residuais são transportadas para uma estação de tratamento e, após serem tratadas, são descarregadas para os meios recetores. Perante a ocorrência de precipitação, a capacidade do sistema ou da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) poderá ser insuficiente, devido aos caudais elevados, e as águas residuais podem ser diretamente descarregadas nos meios recetores através dos descarregadores de tempestade.

Inconveniências

- Descarga de excedentes poluídos em tempo de chuva, com eventuais impactos negativos no ambiente;
- Acréscimo de encargos de energia e de exploração em instalação elevatórias e de tratamento devido ao excedente de contribuição pluvial em tempo de chuva.

b) Sistemas separativos

Os sistemas separativos são compostos por duas redes de coletores distintas, um destinado para o escoamento de água pluviais e a outra à drenagem das águas residuais domésticas e industriais para a ETAR sem ligações entre as duas redes, onde serão tratadas e depois devolvidas ao meio recetor (rios, lagos, mar) (Ramos, 2018).

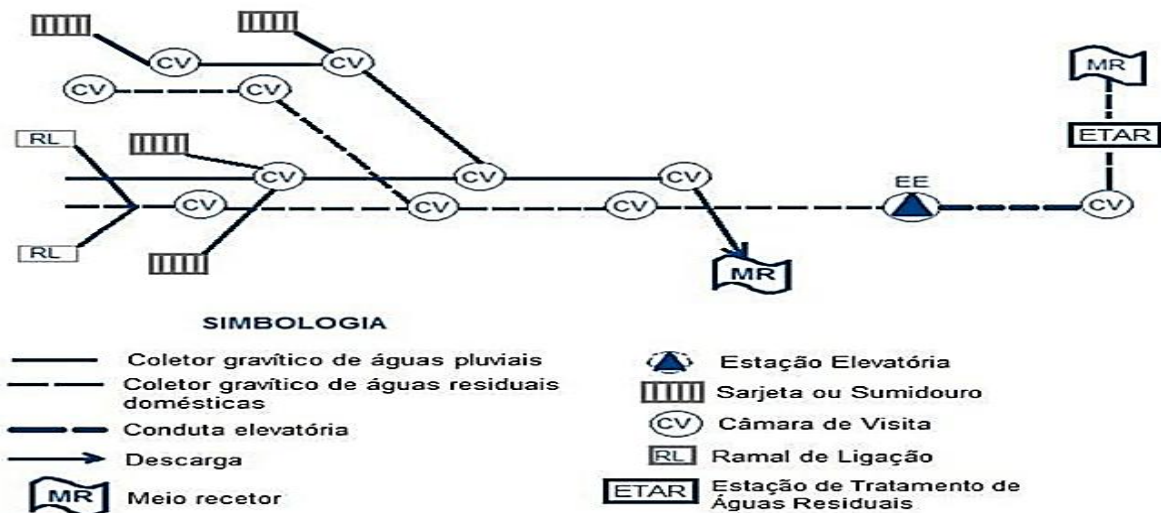


Figura 6. Representação esquemática do sistema do tipo separativo. [Marques et al., 2013 apud Lourenço 2014]

Teoricamente, a principal vantagem dos sistemas separativos é a separação dos dois tipos de efluentes, águas residuais domésticas altamente poluídas e águas pluviais com uma menor carga poluente. Na prática, a separação total dos dois tipos de efluentes nem sempre é possível, devido à existência de ligações indevidas, o que pode originar descargas de poluentes prejudiciais ao meio recetor.

Inconveniências

- Custo elevados de primeiro investimento associado à necessidade de dispor de dois tipos de tubagem ou coletores;
- Necessidade de construção cuidadosa em termos de ligações de ramais prediais.

c) Sistemas mistos

O sistema misto engloba os dois sistemas anteriores, tendo parte da rede de drenagem em sistema unitário e a outra em sistema separativo (Botica, 2012). Estes sistemas são típicos de grandes cidades com sistemas de drenagem unitário que funcionam a muitos anos e as novas urbanizações que possuem sistemas de drenagem separativos.

d) Sistemas separativos parciais ou pseudo-separativos

São sistemas em que se admite, em condições excepcionais, a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao colector de águas residuais domésticas. É admitida, excepcionalmente, a ligação da afluência de águas pluviais aos colectores domésticos, devido a essas águas não apresentarem condições de afluência gravítica aos respectivos colectores pluviais públicos.

Regra geral, os sistemas do tipo separativo são os mais indicados, na medida em que previnem a contaminação dos meios recetores (destino final), pois as águas residuais são encaminhadas para as ETAR.

A decisão de utilizar um sistema unitário em vez de um sistema separativo, para águas pluviais e águas residuais, tem sido objeto de discussão. A escolha do sistema unitário foi em muitos casos uma solução mais económica, uma vez que era possível ligar as diferentes origens da água para o mesmo coletor.

Na realidade, na conceção de sistemas de drenagem pública de águas residuais em novas áreas de urbanização deve, em princípio, ser adotado o sistema separativo. Porém, podem existir condicionamentos económicos, técnicos e/ou ambientais que inviabilizam a opção por um sistema separativo.

2.9 Estimativas básicas para o planeamento de um sistema de drenagem

2.9.1 Estimativa de escoamento superficial

Existem diversos métodos possíveis para estimar os volumes associados ao escoamento superficial, um dos métodos mais usados é o racional, que foi originalmente desenvolvido para estimar vazões máximas de escoamento de pequenas áreas urbanas, onde se tem uma grande área impermeável, onde é considerado uma área impermeável grande, quando o coeficiente de escoamento se aproxima de 1 (Funasa, 2016).

O fundamento básico desse método é que a vazão máxima é provocada por chuvas de intensidade uniforme e constante, acontece quando todas as partes da bacia contribuem ao mesmo tempo com o escoamento na secção do desague. Esse método é recomendado para ser utilizado em bacias com área inferior ou igual a 2km² (Tucci, 1995).

A fórmula desse método é representada a seguir, juntamente com o quadro que fornece o coeficiente de Runoff.

$$Q_{max} = \frac{C * I_m * A}{360}$$

Onde:

Q_{max} = vazão máxima de escoamento superficial (m^3/s)

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

I_m = intensidade máxima média de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração (mm/h)

A = área da bacia de drenagem (ha)

Tabela 1. Coeficiente de escoamento superficial em função do uso e cobertura do solo

Zonas	Coeficientes (c)
Centrais, densamente construídas, com ruas e calçadas pavimentadas	0.70 a 0.95
Adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0.60 a 0.70
Residencial com poucas superfícies livres, com ruas pavimentadas	0.50 a 0.60
Residencial com muitas superfícies livres, com ruas pavimentadas	0.25 a 0.50
Periférica e subúrbios com pequena densidade de construção	0.10 a 0.25
Rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques, campos de exporte sem pavimentação	0.05 a 0.20

Nota: Os dados da coluna 2 foram adaptados de Tucci (1993)

2.9.2 Intensidade média de precipitação

A intensidade máxima média de precipitação (i_m) é calculada pela seguinte fórmula.

$$I_m = \frac{K * T^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

T = período de retorno (anos)

t = duração da precipitação (min)

K, a, b e c = parâmetros de ajuste, relativos à estação pluviométrica estudada.

A duração da chuva avaliada deve ser igual ao tempo de concentração, de modo a considerar a intensidade da precipitação constante durante toda a sua duração (Tucci, 1995).

2.9.3 Chuvas críticas e o período de retorno

As chuvas críticas de um projeto hidráulico de drenagem urbana são escolhidas conforme alguns aspectos que levam em conta a segurança da obra e os seus custos, incluindo os de manutenção. Quando se sabe a vida útil da obra e o risco máximo, calcula-se o tempo de retorno atrás da seguinte fórmula.

$$J = 1 - P$$

Onde:

P=a probabilidade de ocorrência em qualquer um dos anos estimados

J= a probabilidade de não ocorrência em qualquer um dos anos estimados

O tempo de retorno (TR) é estimado através da seguinte fórmula.

$$T_R = \frac{1}{\left[1 - (k-1)^{\frac{1}{n}}\right]}$$

Onde:

K=é o risco assumido para obra a ser projetada

n= vida útil da obra em anos

Para obras de microdrenagem, o período de retorno recomendado é de 5 a 10 anos, já para macrodrenagem é de 50 a 100 anos, tendo em vista que quanto maior o período de retorno, maior será o custo de implantação e manutenção da obra. Sabendo disso, deve-se buscar minimizar os custos da obra sem comprometer o seu funcionamento (Funasa, 2016). Quando não se tem conhecimento do período de retorno a ser utilizado em cálculo, pode-se direcionar com os coeficientes a seguir.

Tabela 2. Período de retorno em função da ocupação da área

Tipo de Obra	Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviços públicos	2-5
Microdrenagem	Aeroportos	5-10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Área de importância específica	500

Nota: Os dados na coluna 3 foram adaptados de ASCE (1992).

Tendo em vista a importância do sistema de drenagem, a sua ausência resulta em inúmeros problemas para a cidade, provenientes da sua ausência, pois além de favorecer a ocorrência de possíveis alagamentos e enchentes, resulta em prejuízos financeiros ao comércio, aos moradores, às indústrias e ao poder público, o qual, certamente, é o mais atingido, tanto por terem prejuízos físicos em alguns órgãos públicos, quanto por todo e qualquer prejuízo tido pela população, refletindo diretamente na economia da cidade, além dos impactos na saúde pública, que resulta em demanda de investimento nessa área (Tucci, 2016).

Vale salientar também que ter um sistema de drenagem ineficiente se torna algo perigoso, por trazer a sensação de falsa segurança, pois quanto mais precisar dele, ele se mostrará ineficiente, seja por ser mal dimensionado, por ser muito antigo, ou ainda por não se ter manutenção, nem investimento em revitalização do mesmo, de forma adequada (Tucci, 2012). A manutenção do sistema de drenagem é tão importante quanto à implantação do mesmo, pois através dele que se garante a eficiência e a segurança do mesmo (Tucci, 2016).

CAPÍTULO III – Metodologia de pesquisa

3.1 Metodologia

Para alcançar objectivos anteriormente descritos a presente pesquisa privilegiou abordagem exploratória, que segundo (Gerhardt & Silveira, 2009). Esta consistiu no levantamento bibliográfico das informações relacionados com o tema em estudo, bem como na descrição dos factos observados com relevância ao problema em estudo.

3.1.1 Método de pesquisa

Esta pesquisa é aplicada com abordagem mista (quantitativa e qualitativa), e combina aspectos exploratórios, descritivos e experimentais. Ela se concentra na identificação de problemas reais, análise técnica e proposição de soluções práticas para a drenagem de águas pluviais no bairro de Mafalala.

O presente estudo foi estruturado através de conhecimentos técnicos, que são relacionados e vinculados ao tema da pesquisa.

3.1.2 Pesquisa Bibliográfica

O trabalho discorrido buscou apresentar e deliberar, perante caminhos preliminares, um cronograma que se baseou na lógica coerente de ferramentas norteadoras. Deste modo, afirma-se que toda a pesquisa teve como alicerce métodos investigativos e exploratórios, de relatos passados que se unem e estabelecem vínculos com o problemático destaque da pesquisa. As análises e os apontamentos de cada tópico citado no referencial teórico foram produzidos, de forma geral, para melhor esclarecimento e entendimento, sendo educadamente apresentado com apoio nos materiais referenciados em cada parte que os distinguem.

Com esta visão, foi fundada diversos fundamentos que, de tal forma, possibilitou a aceitação ou a rejeição da hipótese palestrada. Hipótese essa que mostra a transcendência de se adquirir o conhecimento das consequências negativas que a falta de drenagem causa em todo o mundo.

As análises e os apontamentos de cada tópico citado no referencial teórico foram produzidos, de forma geral, para melhor esclarecimento e entendimento, sendo educadamente apresentado com apoio nos materiais referenciados em cada parte que os distinguem.

CAPÍTULO IV – Estudo de caso

4.1 Caracterização Geográfica

O bairro caracteriza-se pela predominância topográfica de superfície com relevo considerável variando a sua altitude entre 47,22m à 26.44m de altura em relação ao nível do mar, estando delimitada pelas seguintes coordenadas A: S 25.9568° E 32.5759°; B: S 25.9472° E 32.5786°; C: S 25.9438° E 32.5731° e D: S 25.9565° E 32.5660°.

O bairro da Mafalala localiza-se a dois (2) Km a norte do centro da cidade de Maputo, fazendo limite a Norte com a avenida Joaquim Chissano, avenida de Angola a Oeste, a Este pela avenida acordos de Lusaka e a Sul com a avenida Marien N’Gouabi (Mirole, 2013) e (Gonçalves, 2017). A figura abaixo ilustra o mapa de localização do bairro da Mafalala, evidenciando na circundada e pintada pela cor vermelha que é o local de estudo.

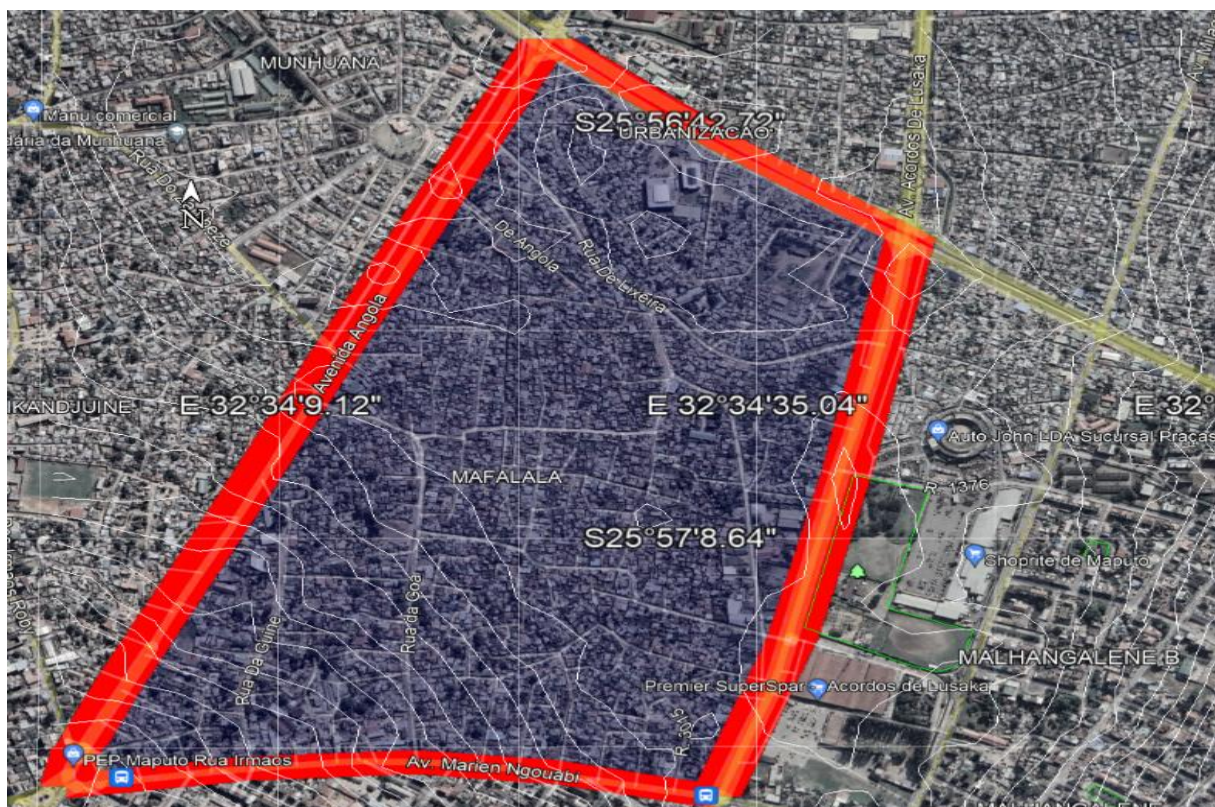


Figura 7. Localização Geográfica do bairro de Mafalala na Cidade de Maputo. [Google Earth, 2024].

4.1.1 Clima

O clima da cidade de Maputo, onde localiza-se o bairro de Mafalala é do tipo tropical húmido, com duas estações, sendo um quente e húmida que se estende de novembro – abril e uma fresca

e seca que se estende entre os meses de maio e outubro (Maputo, 2017). Segundo a DNA (2005) o clima desta região é afectado por três principais factores, sendo:

- A posição da zona de convergência intertropical do Sul,
- Anticiclones do Atlântico Sul e Oceano Índico,
- Depressões térmicas a estação quente.

A precipitação média anual varia de 400 a 1000 mm, sendo os meses de janeiro a março e outubro a dezembro os mais chuvosos. A temperatura média anual varia de 22 a 29°C. A umidade relativa do ar varia entre 67,3 % e 80,5 %.

4.1.2 Situação demográfica do bairro

A estrutura etária do Município de Maputo segue, naturalmente, a tendência de todo o país. Com efeito, Moçambique apresenta uma estrutura etária própria dos países em desenvolvimento, em que a taxa de natalidade é, em regra, elevada, enquanto a esperança de vida é reduzida. De acordo com o Centro Nacional de Cartografia, Maputo ocupa uma área de 347,69 quilómetros quadrados e tinha uma população de 1.094.315 habitantes, conforme o Censo de 2007, o que representa um aumento de 13,2 % em dez anos (INE, 2007).

Bairro caracterizado por edificações que apresentam características mistas, sendo possível encontrar prédios, casas de madeira e zinco, edifícios novos e velhos. Do ponto de vista de infraestruturas sociais, regista-se um grande défice de saneamento, deficiências na rede de fornecimento de energia, ligações clandestinas de corrente eléctrica, deficiente fornecimento de água potável e deficiente ordenamento territorial.

O bairro da Mafalala, apresenta uma densidade populacional que varia entre 20 e 22 mil habitantes compondo um dos bairros com maior número de habitantes. A concentração da população nestes bairros pode ser explicada pelo facto de constituírem zonas de expansão urbana, principalmente desde finais da década de 90, com o fim da guerra civil.

4.2 Infraestruturas de drenagem existentes da Cidade de Maputo

A principal infraestrutura de drenagem pluvial é a vala A, localizada ao longo da faixa central da Av. Joaquim Chissano que recebe afluentes através de um grupo de valas secundárias de macrodrenagem, nomeadamente ao longo da Av. Acordos de Lusaka, que transfere à vala principal as águas pluviais dos bairros Mavalane A, parte do bairro Urbanização, Maxaquene A e Mafalala.



Figura 8. Valas de drenagem Localizada Av.Acordos de Lusaka. (2024). Fotografia pessoal

Outra vala secundária que constitui um grande afluente da vala principal é a vala ao longo da Avenida de Angola que transfere as águas dos bairros Minkadjuine, Munhuana, Aeroporto A e outros arruamentos menores. Encontram-se também duas valas secundárias próximo ao Centro de Saúde de Xipamanine e Direcção Municipal de Água e Saneamento que afluem para a vala principal transferindo águas que provem dos bairros Aeroporto A, Chamanculo D e Xipamanine (Maputo, 2021).

4.3 Componentes de sistemas de drenagem

Independentemente do tipo de sistema de drenagem, estes dispõem de um conjunto de componentes principais que incluem, em regra, dois componentes base: **rede de coletores e elementos acessórios**.

Rede de coletores

Conjunto de canalizações que assegura o transporte das águas pluviais desde os dispositivos de entrada até um ponto de lançamento ou destino final (Marques ET al., 2013). As redes mais recentes são constituídas, em geral, por coletores de betão de secção circular. Há também a opção de tubos de plástico (Policloreto de Vinilo – PVC, Polietileno de Alta Densidade – PEAD ou Polipropileno Corrugado – PPC), apresentando maior facilidade de instalação. No entanto, para diâmetros grandes, como é comum nas redes de águas pluviais, torna-se mais dispendioso ou até inviável.



Figura 9. Esquema de colectores em Perspectivas. [Ribeiro, 2018]



Figura 10. Esquema de colectores em Cortes. [Ribeiro, 2018]

Elementos acessórios

São os dispositivos de entrada, as câmaras de visita e os descarregadores.

- **Valas**

Muito utilizados em rodovias, a princípio são complementares, instalados em áreas com grandes volumes de água.



Figura 11. *Vala de Drenagem, bairro da Mafalala, faz cruzamento com a R. Eusébia da Silva Ferreira.* (2024). Fotografia pessoal

- **Colectores ou bocas de-lobo**

Representam canalizações públicas usadas para conduzir as águas provenientes das bocas de-lobo e das ligações (Bidone & Tucci, 1995).



Figura 12. *Boca de lobo.*(2016). Funasa.

- **Sarjetas**

São faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio fio. A calha formada é receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam (Bidone e Tucci, 1995).



Figura 13. *Sarjeta localizada na R. Eusébia de Silva Ferreira. (2025). Fotografia pessoal*

- **Galerias**

Representa canalizações públicas usadas para conduzir as águas provenientes das bocas-de-lobo e das ligações (Bidone, F.; Tucci, 1995).



Figura 14. *Galeria de drenagem [Silva. 2015]*

- **Sumidouros**

São órgãos (componentes) do Sistema de drenagem, localizados nos pontos baixos e/ou cruzamentos de modo a evitar a travessia da faixa de rodagem pelo escoamento superficial.

São dispositivos habitualmente implantados no pavimento, cuja entrada da água é feita pela parte superior. Deve existir uma grade de modo a garantir a entrada de água sem prejudicar a circulação rodoviária e a segurança dos peões. Estes órgãos devem localizar-se nos pontos baixos da via pública e nos cruzamentos, afastando o escoamento superficial da faixa de rodagem.



Figura 15. *Sumidores com entrada de água pela parte de cima.* (2023). Fotografia pessoal

4.4 Principais áreas afectadas por inundações

O funcionamento do sistema de drenagem da Cidade de Maputo é influenciado pelos caudais provenientes da zona alta, correspondente de 50% da Bacia natural. O mau funcionamento do sistema de transferência das águas pluviais, falta de infraestruturas de amortecimento dos caudais de cheias na concepção do sistema existente, de realçar, que a maior dos espaços que existiam para a infiltração natural em vias públicas foram impermeabilizados e requalificados, perdendo completamente a função de infiltração de águas pluviais deixa vulneráveis a ocorrência de inundações na Baixa da Cidade no geral e em particular as zonas periféricas e urbanas da cidade.

4.5 Estado de conservação e funcionamento das infraestruturas de drenagem

- Envelhecimento das infraestruturas de drenagem, uma vez que parte destas é datada dos anos 60, geralmente construídas em betão com secções predominantemente circulares, sendo que actualmente apresentam-se com deficiências estruturais (ex.: desabamentos, etc.);

- Assoreamento e entupimentos frequentes nos colectores unitários, principalmente por não garantirem a velocidade de autolimpeza em períodos de estiagem;
- Dificuldades de acesso aos colectores para manutenção e limpeza, devido a pavimentação de vias sem respectiva elevação das câmaras de visita e as suas profundidades (colectores a mais de 4m de profundidade);
- Fraca disponibilidade de funcionamento do sistema de drenagem, devido à elevada quantidade de resíduos sólidos que nele são depositados, vandalização e falta de disponibilidade gravítica para garantir o escoamento com velocidades que garantam a autolimpeza;
- Mau funcionamento dos sistemas de drenagem na zona alta da Baixa da Cidade de Maputo, encaminhando elevados caudais pluviais na forma de escoamento superficial para a baixa;

4.6 Estratégias e soluções para melhorar a eficiência

4.6.1 Medidas de controle de inundações

As inundações urbanas podem ser combatidas através da diminuição de sua ocorrência, por medidas estruturais, ou através da redução de perdas e adaptação a estes episódios, através de medidas não estruturais.

Medidas estruturais são aquelas que envolvem grande quantidade de recursos e resolvem problemas específicos de uma região. Medidas não estruturais geralmente possuem custos menores quando comparadas com as estruturais (Andrade, 2004). Essa integração das medidas estruturais e não estruturais também ganham força nas palavras de (Enomoto, 2000), afirmando que “O gerenciamento das áreas de enchente considera a visão integrada das medidas estruturais e não estruturais para a diminuição dos danos causados por enchentes em uma escala abrangente”.

Para (Canholi, 2015) as medidas estruturais compreendem as obras de engenharia, que podem ser caracterizadas como medidas intensivas e extensivas. As medidas intensivas, de acordo com seu objetivo, podem ser de quatro tipos:

- De aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas;
- De retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/ retenção), restauração de calhas naturais;
- De desvio do escoamento: tuneis de derivação e canais de desvio;
- E que englobem a introdução de ações individuais visando tornar as edificações a prova de enchentes.

Por sua vez, as medidas extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, a recomposição de cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.

As acções não estruturais procuram disciplinar a ocupação territorial, o comportamento de consumo das pessoas e as actividades económicas. Considerando aquelas mais adotadas, as medidas não estruturais podem ser agrupadas em:

- Acções de regulamentação do uso e ocupação do solo;
- Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo;

4.7 Técnicas de drenagem sustentáveis

Para (Dutra & Vieira, 2020), a preservação das áreas verdes podem evitar algumas das causas das enchentes e/ou inundações, graças a sua capacidade de reduzir o volume e a velocidade de escoamento da água, absorvendo-a por meio da infiltração natural do terreno, essa alternativa é relevante, pois a água quando não consegue infiltrar-se no solo tende a correr para os terrenos mais baixos que geralmente já são ocupados por moradores de renda baixa. (Barra & Teixeira, 2015) ressalta o uso pavimentos permeáveis que servem para impedir o acúmulo indesejável de água acima da superfície do piso. Isso possibilita muitos efeitos positivos como na precaução de enchentes e redução de ilhas de calor. Essa alternativa pode ser implantando em qualquer local, como estacionamentos, calçadas, parques, áreas externas, jardins, ciclovias e em ambientes cuja impermeabilidade deixou de existir.

(Silva, 2015) discorre que uma medida pouco estudada atualmente pelas cidades é o reaproveitamento da água da chuva, como solução para economia e redução das enchentes. Essa reutilização pode ocorrer na irrigação de áreas verdes, lavagem de ruas e construção de edifícios, essa medida do aproveitamento, geraria vantagens às cidades evitando que toda a chuva que cai sobre um lote ou construção seja usada com finalidades positivas e não negativas.

4.8 Integração de sistemas de drenagem com planejamento urbano

Num processo de urbanização caracterizada pela carência de planejamento que permitiu a ocupação de áreas frágeis inadequadas, a gestão dos recursos hídricos é um exemplo da necessidade de interação entre diversos sistemas, um plano de sistema de drenagem pode servir como elemento integrador por lidar com aspectos de saneamento, resíduos, uso de solo e Macrodrenagem.

De acordo com (Canholi, 1995), o sistema de drenagem é uma questão de alocação de espaços e a priorização de medidas de higienizadoras que transportam os problemas para jusante. O sistema de drenagem faz parte da infraestrutura urbana e seu planejamento deve ser multidisciplinar e compatibilizado com outros planos e projectos principalmente aqueles voltados e/ou possuem interferência com a gestão das águas.

4.9 Participação da comunidade e conscientização pública

Os problemas originados pelas águas pluviais nas zonas urbanas estão se evidenciando à medida que as cidades crescem sem planejamento adequado. As técnicas de drenagem que anulam processos hidrológicos naturais e reduzem a quantidade de escoamento superficial através da gestão de águas surgem como forma alternativa de evitar as inundações. É importante sensibilizar a comunidade para uma participação activa no processo. De acordo com (Amaral, 2016), o sucesso de uma medida de mitigação depende do conhecimento do grau de risco por parte das pessoas que residem nas áreas inundáveis.

Contudo, (Camboim & Barbosa, 2012) destacam que não basta as pessoas serem ecologicamente consciencializados, ou seja, sensíveis a causa ecológica e predispostas a mudar seus comportamentos individuais, é preciso que, as mesmas irem além das suas capacidades individuais, manifestando-se publicamente em defesa da qualidade ambiental e cobrar das instituições responsáveis, acções eficazes e capazes de solucionar os problemas que a comunidade enfrenta.

4.10 Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis

Perante o cenário constante de inundações, surge a necessidade de projetar sistemas de drenagem com maior eficiência e mais sustentáveis, visto que aumentar a capacidade de escoamento dos sistemas existentes seria uma solução pouco económica e em condições meteorológicas extremas não resolveria o problema na íntegra nem a longo prazo. Face ao exposto, surge o conceito de drenagem sustentável, cujo objetivo principal é regenerar o ciclo hidrológico natural, através da incorporação de novas técnicas com a finalidade de amortecer os caudais de ponta e atenuar o nível de poluição presente nas águas das chuvas descarregadas nos meios recetores.

Contrariamente ao sistema convencional de drenagem, no qual se processa a drenagem rápida das águas pluviais através de um sistema de coletores Subterrâneos, a drenagem sustentável visa

o controlo do escoamento superficial o mais próximo possível do local onde a precipitação

atinge o solo – controlo do escoamento na fonte. A redução do escoamento processa-se pela infiltração do excesso de água no subsolo, pela evaporação e evapotranspiração – que devolve parte da água à atmosfera – e pelo armazenamento temporário, possibilitando a reutilização da água ou a sua libertação lenta, após as chuvas.

4.10.1 Conceito de SUDS

Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), *Low Impact Development (LID)*, ou *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*, são terminologias diferentes para expressar o mesmo conceito, sendo a primeira usada principalmente no Reino Unido, a segunda nos Estados Unidos da América e a terceira na Austrália. No entanto, por se tratar da designação mais usada na literatura base desta dissertação, aplicar-se-á de futuro a terminologia adaptada do inglês, ou seja, *SUDS*.

Os *SUDS* são um conjunto de técnicas sustentáveis de controlo e gestão das águas pluviais e surgiu como alternativa ao sistema tradicional de drenagem das águas pluviais das áreas urbanas. Este sistema foi concebido para gerir os riscos ambientais do escoamento urbano e contribuir sempre que possível para a melhoria/aprimoramento do ambiente urbano (Ballard *et al.*, 2007).

Num contexto mais técnico, os *SUDS* representam o conjunto de práticas de gestão, estruturas de controlo e estratégias concebidas de uma forma eficiente e sustentável para recolher o escoamento superficial, além de minimizar a poluição no meio hídrico recetor (Susdrain, 2012). Em Moçambique, não é prática habitual esta visão integrada de gestão das águas pluviais em meio urbano.

4.10.2 Objetivos dos SUDS

Os objetivos gerais dos Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis são reduzir os impactos do escoamento superficial em termos de quantidade e qualidade e maximizar os aspetos paisagísticos e da biodiversidade (Ballard *et al.*, 2007).

Os *SUDS* corretamente projetados, construídos e com manutenção adequada são mais sustentáveis que o sistema convencional e têm como objetivos:

- Reduzir tanto os caudais de ponta como o volume de escoamento superficial;
- Minimizar o transporte de poluição das áreas urbanas para o meio hídrico recetor –Melhoria da qualidade da água;
- Melhorar os regimes de escoamento nos cursos de água (mais naturais);

- Recolher as águas pluviais de forma a substituir a água da rede em aplicações que não exijam níveis de qualidade da água elevados;
- Integrar o tratamento das águas pluviais na paisagem – Melhoria da qualidade da paisagem urbana;
- Promover a recarga natural dos aquíferos/águas subterrâneas (quando a água é apropriada);
- Criar zonas de recreio e lazer (têm em consideração o ambiente natural e as necessidades da comunidade);
- Fornecer um melhor habitat para a vida selvagem.

4.10.3 Processos Associados aos SUDS

Aos *SUDS* está associado um conjunto de processos, divididos em dois grupos, que ajudam a atingir os objetivos para os quais estes sistemas foram concebidos.

- **Infiltração**

É o processo com maior importância para as técnicas de *SUDS* devido à sua eficácia. Permite restabelecer o ciclo hidrológico natural que foi alterado pelo crescimento urbano. No entanto, existem situações onde a infiltração não é viável: são os casos onde a qualidade das águas do escoamento superficial é má, constituindo sérios riscos de contaminação para o solo e para as águas subterrâneas, locais onde a capacidade de infiltração do solo é diminuta, situações em que o nível freático é elevado e zonas onde a estabilidade das fundações não é assegurada.

A aplicação de técnicas que promovam a infiltração necessita de uma cuidadosa análise no que toca às características do local, a fim de perceber a sua adequabilidade ao sistema. Com isto, o desempenho do sistema de infiltração está dependente de determinados fatores, tal como as propriedades do solo. Outro fator que pesa no sucesso do sistema de infiltração está dependente do nível das águas subterrâneas (nível freático). Casos de solos não saturados garantem maior eficácia de infiltração.

- **Atenuação e Retenção**

Consiste em retardar o movimento da água para jusante. Consegue-se usando bacias e/ou reservatórios, conjugados com uma estrutura de controlo do caudal efluente. Estas estruturas atenuam os picos de cheia, por armazenamento temporário das águas pluviais, todavia não alteram o volume escoado.

- **Medidas Não Estruturais**

O sucesso dos *Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)* combina, idealmente, medidas de natureza estrutural e não estrutural. Este estudo centra-se apenas nas medidas de natureza estrutural. No entanto, é feita uma breve referência às medidas não estruturais.

São exemplos de medidas não estruturais:

- Implementação de regulamentos;
- Sistema de seguros;
- Sistemas de previsão e aviso de cheia (concebidos para fornecerem aviso antecipado da ocorrência de cheias em zonas de risco, baseados na modelação hidrológica e hidráulica e na recolha de dados hidrológicos em tempo real);
- Planeamento do uso do solo;
- Planos de emergência;
- Ações de informação e sensibilização públicas, entre outros;
- Zonamento de áreas inundáveis;
- Definição dos níveis de cheia nas zonas ribeirinhas para diferentes períodos de retorno e interdição de construção nessas zonas;

As medidas não estruturais, geralmente, possuem menores custos quando comparadas com as medidas estruturais. A solução ideal deve ser definida para cada caso em função das características do local e dos impactos que poderá causar em termos sociais. Certamente, para cada caso, podem combinar-se medidas estruturais e não estruturais, com vista a obter uma melhor solução.

- **Medidas Estruturais**

Medidas estruturais, como o próprio nome indica, implicam a projeção e construção de estruturas para conter, reter ou melhorar a condução do escoamento, com vista à redução do risco de cheia (Albuquerque, s.d.). Por outras palavras, são aquelas que envolvem soluções físicas de engenharia, nomeadamente obras de engenharia hidráulica, implantadas para atenuar os impactos causados pelas cheias.

Geralmente apresentam custos elevados, não significando isto que devam ser evitadas. Em termos rigorosos, o controlo do risco de inundação deve conjugar medidas estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais podem ser de carácter intensivo ou extensivo.

- **Medidas de caráter intensivo**

São estruturas lineares e pontuais, que atuam diretamente nos cursos de água, como os diques, os muros de contenção, bacias de retenção ou qualquer obra de engenharia com a finalidade de alterar o escoamento natural de um curso de água, de forma a mitigar os efeitos das cheias.

- **As medidas de caráter extensivo**

Caracterizam-se como medidas físicas diretas, aplicadas ao nível da bacia, com o objetivo de reduzir o escoamento superficial, a erosão e as cheias. Geralmente abrangem vastas áreas. Como exemplos de medidas extensivas, podem citar-se os pavimentos permeáveis, as coberturas verdes e as trincheiras de infiltração.

As medidas estruturais podem ser aplicadas a diferentes escalas:

- Controlo na Origem
- Controlo Local
- Controlo Regional

Estas medidas, sempre que possível, deverão ser aplicadas no início do planeamento da ocupação e uso do solo, para que tenham menor custo socioeconómico e menor impacto ambiental. É importante referir que não é física nem economicamente viável implementar medidas estruturais que garantam proteção total.

CAPÍTULO V – Discussões e Análise dos Resultados

5.1 Análise da Eficiência dos Sistemas de Drenagem Urbanas

Para a análise da eficiência dos sistemas de drenagem urbanas existe um procedimento a seguir que consiste em:

- **Coleta de dados:** Inicialmente, é importante coletar dados relevantes sobre a região, como a área de drenagem, o tipo de solo, a declividade do terreno, a intensidade de chuva, a infraestrutura existente (como canais, bueiros e galerias), e qualquer informação sobre problemas de enchentes ou alagamentos.
- **Avaliação do sistema existente:** É necessário realizar uma avaliação do sistema de drenagem atual, verificando se ele está dimensionado corretamente, se existem obstruções ou problemas de manutenção, e se atende às necessidades da região em termos de capacidade de escoamento.
- **Modelagem hidrológica:** Utilizando ferramentas de modelagem hidrológica, é possível simular o comportamento do escoamento pluvial na região. Essa modelagem considera fatores como a intensidade da chuva, a infiltração no solo, a topografia, as características do sistema de drenagem, entre outros.
- **Análise da capacidade de escoamento:** Com base na modelagem hidrológica, é possível analisar a capacidade de escoamento do sistema de drenagem atual. Verifica-se se ele é capaz de lidar com as vazões geradas durante eventos de chuva de diferentes magnitudes, levando em consideração fatores como a duração da chuva e a taxa de escoamento.
- **Identificação de pontos críticos:** Durante a análise, é importante identificar os pontos críticos do sistema de drenagem, ou seja, aqueles em que ocorrem problemas de sobrecarga, alagamentos ou obstruções. Esses pontos podem ser identificados por meio da modelagem hidrológica ou de registros históricos de eventos de chuva.
- **Propostas de melhorias:** Com base na análise dos dados e na identificação dos pontos críticos, é possível propor melhorias para o sistema de drenagem. Isso pode envolver a construção de novas infraestruturas, a ampliação de canais existentes, a implementação de medidas de controle de enchentes, a melhoria da manutenção, entre outras ações.
- **Avaliação do custo-benefício:** Antes de implementar as melhorias propostas, é importante realizar uma análise do custo-benefício, considerando os investimentos necessários e os

benefícios esperados, como a redução de danos causados por enchentes e a melhoria da qualidade de vida da população.

A seguir apresenta-se o método de dimensionamento de valas de drenagem que será utilizado de acordo com as informações obtidas

5.1.1 Determinação da capacidade de escoamento de um sistema de drenagem uma área urbanizada.

Para determinar o caudal que uma drenagem recebe em função da área de contribuição (no caso, urbana), da intensidade da chuva e do tipo de solo, utilizaremos o **método racional** (Chow, 1959, p.274), que é amplamente conhecido e aplicado em projetos de drenagem. O método racional relaciona a área de drenagem, a intensidade da precipitação e o coeficiente de escoamento superficial (que depende do tipo de solo e da ocupação do terreno).

Fórmula do Método Racional

A fórmula básica do método racional é:

$$Q = C . i . A$$

Onde:

- Q = vazão (caudal) em m^3/s ,
- C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional, depende do solo),
- i = intensidade média da chuva em mm/h,
- A = área de drenagem em ha (hectares).

Para converter a vazão para m^3/s , aplicamos o fator de escala:

$$Q = \frac{C . i . A}{3.6}$$

O divisor 3,6 converte $mm . ha/h$ para m^3/s .

Etapas de Cálculo

Determinar os parâmetros

Área de drenagem (A):

- A área de drenagem medida é $A=106$ ha.

Intensidade da precipitação (i):

- A intensidade média da chuva é $i=52$ mm/h.

Coefficiente de escoamento superficial (C):

- O coeficiente C depende do tipo de solo e do uso do solo:
 - **Áreas pavimentadas (asfalto, Betão):** $C=0,80-0,95$,
 - **Áreas residenciais densas:** $C=0,50-0,70$,
 - **Áreas gramadas ou parques:** $C=0,15-0,35$,
 - **Solo natural permeável:** $C=0,10-0,20$.

Para uma área urbana mista, podemos assumir uma média ponderada considerando a proporção de cada uso do solo.

2. Aplicação prática

Exemplo: Área urbana mista

Vamos considerar que a área de drenagem de 106 ha seja composta pelos seguintes tipos de solo:

Tipo de Solo	Proporção (%)	Coefficiente (CCC)
Áreas pavimentadas	40%	0,90
Áreas residenciais densas	40%	0,60
Áreas gramadas/permeáveis	20%	0,25

1. **Cálculo do coeficiente médio segundo Schueler (1987) (C):**

O coeficiente médio ponderado é dado por:

$$C = \sum (C_i \cdot Proporção_i)$$

Substituindo:

$$C = (0,90 \times 0,40) + (0,60 \times 0,40) + (0,25 \times 0,20)$$

$$C = 0,306 + 0,24 + 0,05 = 0,65$$

2. **Substituir na fórmula do método racional:**

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Substituindo os valores:

- C = 0,65
- I = 52 mm/h
- A = 7106 ha

$$Q = \frac{0,65 \times 52 \times 106}{3,6}$$

3. **Realizar os cálculos:**

$$Q = \frac{3582,8}{3,6} = 995,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Interpretação do Resultado

A vazão recebida pela drenagem da área urbana será aproximadamente **995,22 m³/s**, considerando o uso do solo descrito.

Considerações

Variação do Coeficiente de Escoamento:

- Se o tipo de solo for mais permeável, o coeficiente C será menor, resultando em menor vazão.
- Em áreas mais impermeáveis (urbanizadas), C será maior, aumentando a vazão.

Fatores não considerados:

- O método racional assume que a intensidade da chuva é uniforme ao longo da área e do tempo, o que nem sempre é verdade.
 - Pode haver perdas por infiltração, evaporação e armazenamento temporário.
-

5.1.2 Dimensionamento da capacidade de escoamento de um sistema de drenagem

O dimensionamento da capacidade de escoamento em um sistema de drenagem de uma área urbanizada pode ser realizado utilizando a **fórmula de Manning-Strickler**, documentada e aplicada em diversos estudos, incluindo Chow (1959) e Streeter e Wylie (1983) que é amplamente empregada na hidráulica para estimar a vazão (Q) em canais abertos ou condutos livres. Abaixo apresento o cálculo detalhado, incluindo a dedução, a aplicação prática, gráficos e referências.

Fórmula de Manning-Strickler

A equação básica da fórmula de Manning-Strickler para calcular a vazão (Q) é:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Onde:

- Q = vazão (m^3/s),
 - n = coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional),
 - A = área molhada (m^2),
 - R = raio hidráulico (m), dado por $A = \frac{A}{p}$
 - S = declividade do conduto ou canal (adimensional),
 - P = perímetro molhado (m).
-

Passo a Passo para o Dimensionamento

Determinar os parâmetros da seção

A fórmula requer informações geométricas e hidráulicas do sistema de drenagem:

1. Seção transversal do canal ou tubo:

- Para canais trapezoidais, A e P dependem da largura do fundo (b), profundidade (y) e inclinação das paredes laterais (z, relação horizontal/vertical).
- Para tubos circulares, A e P dependem do diâmetro (D) e do nível de enchimento.

2. Coeficiente de rugosidade (n):

- O valor de n depende do material do canal/tubo:
 - Betão: $n=0,013$,
 - Solo natural: $n=0,03$,
 - PVC: $n=0,011$

3. Declividade (S):

- A inclinação do fundo do canal ou conduto, geralmente obtida do projeto ou do levantamento topográfico.

2. Etapas de Cálculo

1. Área molhada (A)

A área molhada depende da geometria da seção:

- Para um canal trapezoidal:

$$A = y \times (b + z \times y)$$

- Para um tubo circular com nível de enchimento h:

$$A = \frac{D^2}{4} \times \theta - \frac{D^2}{8} \times \sin(2\theta)$$

Onde $\theta = 2 \times \cos^{-1} \left(1 - \frac{2h}{D} \right)$.

2. Perímetro molhado (P)

O perímetro molhado também depende da geometria:

- Para um canal trapezoidal:

$$P = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + z^2}$$

- Para um tubo circular:

$$P = D \cdot \theta$$

3. Raio hidráulico (R)

O raio hidráulico é calculado como:

$$R = \frac{A}{P}$$

4. Vazão (Q)

Com a, P, R e S determinados, utiliza-se a fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Exemplo Prático

Dados

1. Secção trapezoidal:
 - Largura do fundo (b): 2 m,
 - Profundidade (y): 1,5 m,
 - Inclinação lateral (z): 2 (horizontal/vertical).
2. Declividade do fundo (S): 0,005 (0,5%).
3. Coeficiente de rugosidade (n): 0,013 (canal em betão).

Cálculos

1. Área molhada (A)

Para um canal trapezoidal:

$$A = y \cdot (b + z \cdot y)$$

$$A = 1,5 \cdot (2 + 2 \cdot 1,5) = 1,5 \cdot (2 + 3) = 1,5 \cdot 5 = 7,5m^2$$

2. Perímetro molhado (P)

$$P = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 2 + 2 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{1 + 2^2} = 2 + 3 \cdot \sqrt{5} = 2 + 3 \cdot 2,236 = 2 + 6,708 = 8,708m$$

3. Raio hidráulico (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{7,5}{8,708} = 0,861m$$

4. Vazão (Q)

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,013} \cdot 7,5 \cdot (0,861)^{2/3} \cdot (0,005)^{1/2}$$

- Calcular $R^{2/3}$

$$0,861^{2/3} = 0,861^{0,6667} \approx 0,802$$

- Calcular $S^{1/2}$

$$(0,005)^{1/2} = \sqrt{0,005} = 0,0707$$

- Substituir na fórmula:

$$Q = \frac{1}{0,013} \cdot 7,5 \cdot 0,802 \cdot 0,0707$$

$$Q = 76,923 \cdot 7,5 \cdot 0,802 \cdot 0,0707$$

$$Q = 76,923 \cdot 0,424 \approx 32,63 m^3/s$$

5.1.3 Identificação de pontos críticos

A determinação do **ponto crítico** em uma drenagem de águas pluviais envolve a identificação da seção ou trecho do sistema de escoamento onde as condições críticas de escoamento ocorrem. O **escoamento crítico** é um conceito da hidráulica que ocorre quando a energia específica é mínima para um determinado fluxo, ou seja, a velocidade do fluxo e a profundidade d'água estão em equilíbrio específico. Isso é especialmente importante em sistemas de drenagem, canais, bueiros e calhas para prever possíveis gargalos ou inundações.

A seguir, detalho como determinar o ponto crítico, incluindo os cálculos necessários e gráficos associados.

Passo 1: Conceito de Escoamento Crítico

Segundo **Henderson, F. M.** (1966), o escoamento crítico ocorre quando o número de Froude (**Fr**) é igual a 1:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D_h}} = 1$$

Onde:

- v é a velocidade média do fluxo (m/s),
- g é a aceleração da gravidade (9.81 m/s^2),
- D_h é a profundidade hidráulica (m), que é a relação entre a área molhada (A) e o perímetro molhado (P):

$$D_h = \frac{A}{p}$$

Se $Fr = 1$, o escoamento é crítico;

Se $Fr < 1$, o escoamento é subcrítico (lento);

Se $Fr > 1$, o escoamento é supercrítico (rápido).

Passo 2: Equação da Energia Específica

Segundo **Henderson, F. M.** (1966) a energia específica (E) é usada para determinar a profundidade crítica (y_c) em canais abertos e pode ser expressa como:

$$E = y + \frac{v^2}{2g}$$

- y é a profundidade do fluxo (m),
- $v^2/2g$ é a energia cinética por unidade de peso.

A profundidade crítica (y_c) é obtida minimizando E em relação a y . Isso é feito resolvendo:

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \frac{q^2}{g \cdot y^3} = 0$$

Onde:

- $q = Q/B$ é a vazão específica ($m^3/s/m$)
- Q é a vazão (m^3/s),
- B é a largura da seção (m).

Resolvendo para y_c :

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$$

Passo 3: Identificação do Ponto Crítico

Para determinar o ponto crítico em uma drenagem, é necessário analisar as seções ao longo do sistema de escoamento. Os passos básicos são:

Calcular a profundidade crítica (y_c) em cada seção:

- Utilizar a equação $y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$.

Calcular o número de Froude (Fr) em cada seção para verificar se $Fr=1$ (escoamento crítico).

Determinar a energia específica (E) para cada profundidade y e identificar os pontos de mínima energia.

Recorrer aos gráficos:

- Energia específica (E) em função da profundidade (y),
- Número de Froude (Fr) em função da profundidade (y).

5.1.4 Análise da Eficiência de um sistema de Drenagem de águas pluviais

A eficiência de um sistema de drenagem de águas pluviais depende de sua capacidade de coletar, transportar e descarregar a água da chuva de forma segura e eficaz, sem causar alagamentos ou danos às áreas urbanas. Para avaliar a eficiência, precisamos considerar os **dados calculados anteriormente** (vazão recebida pelo sistema e capacidade de escoamento do sistema) e comparar a demanda (chuva recebida) com a capacidade do sistema existente.

Passos para Analisar a Eficiência

1. Dados Calculados

Com base nas respostas anteriores, temos os seguintes dados:

- **Vazão recebida pela drenagem (Q_{chuva})**
 - Calculada pelo método racional:
 $Q_{chuva} = 995,22 \text{ m}^3/\text{s}$
(considerando uma área urbana de 106 hectares, intensidade de chuva de 52 mm/h, e coeficiente $C=0,65$).
- **Capacidade de escoamento do sistema ($Q_{Escoamento}$):**
 - Calculada pela fórmula de Manning-Strickler, em canais trapezoidais, retangulares e em circunferência. Dados estes que não foram possíveis obter devido as limitações de pesquisa.
 - Portanto, nesse caso dimensiona-se o sistema de drenagem da seguinte maneira: Assumindo os parâmetros da declividade de ($S=0.005$) e rugosidade ($n=0.013$):

$$A_{nova} = \frac{Q \cdot n}{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}$$

Assumindo um raio hidráulico (R) adequado de 1,5m:

$$A_{nova} = \frac{995,22 \cdot 0,013}{1,5^{2/3} \cdot (0,005)^{1/2}}$$
$$A_{nova} = \frac{12,93786}{1,317 \cdot 0,0707} = \frac{12,93786}{0,0932} = 138,8 \text{ m}^2$$

O canal precisará de uma área molhada de 138 m^2 .

2. Comparação: Demanda vs. Capacidade (CHOW, 1959)

Para avaliar a eficiência, comparamos a vazão recebida (Q_{chuva}) com a capacidade de escoamento ($Q_{escoamento}$):

$$\text{Relação de eficiência} = \frac{Q_{escoamento}}{Q_{chuva}} \cdot 100$$

3. Causas de ineficiência

A baixa eficiência pode ser atribuída a diversos fatores nomeadamente:

- Aumento da impermeabilização

O coeficiente de escoamento reflete uma urbanização significativa, com muitas áreas pavimentadas e poucas áreas permeáveis, aumentando o volume de água escoado superficialmente

- Envelhecimento ou obstrução do sistema:

Sistemas antigos ou mal conservados podem ter se tornado menos eficientes devido à sedimentação, lixo, ou vegetação bloqueando o fluxo.

4. Soluções para melhorar a eficiência

- Implementar soluções baseadas na natureza:
 - Criar áreas de infiltração, como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e bacias de retenção, para reduzir a vazão superficial e o volume de água que entra no sistema de drenagem.
- Controle da urbanização
 - Limitar a impermeabilização descontrolada e exigir medidas de controle de escoamento em novos projetos urbanos.

5.2 Manutenção e limpeza dos sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem urbana devem ser conhecidos ao seu todo desde seu montante à jusante com informação de fácil acesso ao público em geral para facilitar as intervenções das instituições que regulam o funcionamento do sistema. É importante a colaboração da população para reportar casos de linhas de água interrompidas ou então poças de água aparentes no meio urbano para uma intervenção imediata.

A limpeza e manutenção dos sistemas de drenagem podem ser identificadas como tarefa de dificuldade nula, que complica à medida que o tempo passa por isso é sempre importante na fase de construção acautelar os possíveis fatores que podem advir durante a utilização das drenagens sugerindo as seguintes dicas:

- Limpeza periódica: É essencial realizar uma limpeza regular nos acessórios que compõem a drenagem de modo a evitar obstruções
- Inspeção visual: Inspeccionar periodicamente as drenagens para identificar eventuais problemas como trincas, desníveis, entupimentos ou danos. Isso permite uma manutenção proativa.

- Desobstrução: Caso seja identificado algum caso de obstrução, realizar a limpeza imediata para evitar alagamentos. Utilizar ferramentas adequadas, como hastes, pás e jatos de água de alta pressão, podendo também utilizar pneus gastos e correntes em casos de tubulões.
- Reparo de danos: Trincas, rachaduras ou outras avarias devem ser prontamente reparadas para evitar danos maiores à estrutura da drenagem. Utilizar materiais de
- Manutenção de galerias e tubulações: Inspeccionar e limpar periodicamente as galerias e tubulações subterrâneas de águas pluviais. Isso evita acúmulo de sujeira e entupimentos.
- Desassoreamento: Remover o acúmulo de areia, terra e sedimentos nos poços de visita, caixas de passagem e outros pontos da rede de drenagem.
- Prostração de encostas.

CAPÍTULO VI – Conclusões e Recomendações

6.1 Conclusão

Neste estudo, investigamos a eficiência e a eficácia dos sistemas de drenagem de águas pluviais no bairro da Mafalala. A análise foi realizada com base em programas de simulação de modelos hidrológicos, permitindo prever o escoamento de águas pluviais e avaliar diferentes cenários de drenagem. Foram utilizados métodos de pesquisa como estudos de caso e pesquisas de campo, que incluíram observações diretas das condições de drenagem e entrevistas com moradores e autoridades locais.

Medições de precipitação foram realizadas com pluviômetros instalados em locais estratégicos, enquanto sensores de nível foram utilizados para monitorar a profundidade da água em áreas propensas a alagamentos. Além disso, testes de permeabilidade do solo ajudaram a entender a absorção de água na região.

A análise documental e o uso de sistemas de informação geográfica (SIG) permitiram mapear a topografia e identificar áreas de risco, contribuindo para uma compreensão abrangente dos desafios de drenagem em Moçambique. Esses métodos integrados são fundamentais para desenvolver soluções eficazes e sustentáveis para os problemas de drenagem na região e considerou diversos fatores, como a capacidade de carga, a declividade dos canais e a influência de diferentes tipos de revestimento.

Os principais achados incluem:

1. **Eficiência do Sistema:** A avaliação dos dados revelou que a eficiência do sistema de drenagem pluvial no bairro da Mafalala, destacando os seguintes pontos:
 - **Capacidade de Escoamento:** O sistema apresenta uma capacidade de escoamento insuficiente, sendo, em média, 30% abaixo do necessário para evitar alagamentos em áreas críticas.
 - **Obstruções:** A presença de detritos e a falta de manutenção regular são as principais causas de obstrução, comprometendo a eficiência do sistema.
 - **Ocorrência de Alagamentos:** Alagamentos frequentes foram documentados, especialmente após chuvas acima de 20 mm, afetando áreas como: **Mercado da Mafalala:** A área ao redor do mercado tende a alagar, dificultando o acesso de compradores e vendedores, **Praça da Mafalala:** Durante chuvas fortes, a praça acumula água, afetando a mobilidade e o comércio local, **Bairros ao redor do Cemitério:** Áreas adjacentes a esse local são propensas a inundações, especialmente

em eventos de chuvas intensas, **Canais de Drenagem:** Trechos específicos dos canais, como os próximos ao Parque da Mafalala, estão frequentemente obstruídos, agravando a situação de alagamentos. e impactando negativamente a mobilidade e a saúde pública.

- **Implicações Sociais:** As comunidades mais vulneráveis são desproporcionalmente afetadas, evidenciando a necessidade de intervenções urgentes na infraestrutura de drenagem.

Esses resultados ressaltam a importância de ações de manutenção e melhoria da capacidade de escoamento para mitigar os impactos dos alagamentos. A pesquisa identificou várias implicações sociais decorrentes da inadequada gestão das águas pluviais na região da Mafalala, destacando a insuficiente capacidade de escoamento do sistema de drenagem e a frequente ocorrência de alagamentos. Esses fatores impactam diretamente a qualidade de vida dos moradores e a coesão social da comunidade.

Os alagamentos, exacerbados pela baixa capacidade de escoamento, aumentam os riscos à saúde pública, favorecendo a proliferação de doenças transmissíveis, como dengue e leptospirose. A água acumulada cria um ambiente propício para esses vetores, afetando principalmente as populações mais vulneráveis.

Além disso, a ocorrência de alagamentos leva ao deslocamento forçado de famílias, que muitas vezes são obrigadas a deixar suas casas temporariamente ou permanentemente, afetando sua estabilidade emocional e econômica. A mobilidade urbana também é prejudicada, dificultando o acesso a serviços essenciais, como escolas e hospitais.

A desigualdade social é intensificada, com comunidades de baixa renda sendo desproporcionalmente afetadas e enfrentando desafios financeiros adicionais devido a danos materiais durante os alagamentos. Esses fatores, juntamente com a insatisfação com a gestão pública, podem gerar conflitos comunitários. Esses resultados ressaltam a necessidade urgente de intervenções eficazes na gestão das águas pluviais para mitigar os impactos sociais e promover um ambiente urbano mais saudável na Mafalala

2. **Pontos Críticos:** Identificamos pontos críticos ao longo da rede de drenagem, como canais obstruídos por lixo e detritos, trechos com declividade inadequada que dificultam o escoamento, interseções de estradas propensas a alagamentos, áreas de baixa altitude que acumulam água durante chuvas, infraestrutura deficiente como bueiros deteriorados e comunidades vulneráveis que sofrem desproporcionalmente com os alagamentos. Esses

locais exigem atenção urgente para melhorar a gestão das águas pluviais e reduzir os riscos de inundações.

3. **Impactos Ambientais:** A pesquisa também destacou que na região da Mafalala existem diversos impactos ambientais relacionados à gestão inadequada das águas pluviais. Observou-se erosão do solo devido à falta de drenagem eficiente, contaminação de fontes de água potável causada por alagamentos, sedimentação nos canais que reduz a capacidade de escoamento, perda de biodiversidade devido à urbanização descontrolada e problemas de saúde pública com água acumulada que propicia a proliferação de mosquitos e doenças. Esses fatores evidenciam a necessidade urgente de implementar estratégias de gestão sustentável das águas pluviais para melhorar a qualidade de vida na comunidade.

6.2 Recomendações

Com base nos resultados e nas conclusões deste estudo sobre drenagem de águas pluviais, recomendamos as seguintes ações:

1. **Melhoria da Infraestrutura de Drenagem:**

- Realizar um diagnóstico detalhado dos sistemas de drenagem existentes para identificar e corrigir pontos críticos, como obstruções e trechos com declividade inadequada.
- Considerar a ampliação ou o redimensionamento de componentes da drenagem, como tubos, bueiros e canais, para aumentar a capacidade de escoamento.

2. **Implementação de Soluções Sustentáveis:**

- Promover a adoção de técnicas de drenagem sustentável, como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e sistemas de retenção, que podem ajudar a reduzir o escoamento superficial e melhorar a qualidade da água.
- Incentivar práticas de gestão integrada de recursos hídricos que considerem a drenagem urbana como parte de um sistema maior.

3. **Monitoramento e Manutenção:**

- Estabelecer um programa regular de monitoramento e manutenção da rede de drenagem para garantir que os sistemas permaneçam operacionais e eficazes.

- Implementar um sistema de alerta para identificar rapidamente problemas, como bloqueios ou falhas na drenagem, especialmente em períodos de chuvas intensas.

4. **Educação e Conscientização:**

- Desenvolver programas de educação e conscientização para a comunidade sobre a importância da gestão adequada das águas pluviais e as práticas de conservação.
- Envolver a comunidade em iniciativas de limpeza e conservação dos sistemas de drenagem, promovendo um senso de responsabilidade coletiva.

5. **Pesquisa e Desenvolvimento:**

- Incentivar a pesquisa adicional sobre o impacto das mudanças climáticas na drenagem urbana, buscando soluções inovadoras que possam ser implementadas em cenários futuros.
- Estudar o uso de novas tecnologias, como sensores e sistemas de informação geográfica (SIG), para aprimorar o monitoramento e a gestão das águas pluviais.

Essas recomendações visam não apenas melhorar a eficiência dos sistemas de drenagem existentes, mas também promover uma abordagem sustentável e integrada para a gestão das águas pluviais, contribuindo para a redução de alagamentos, a proteção do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas.

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, F. G.** (2013). *Análise da influência da distribuição temporal das chuvas intensas e de cenários de uso e ocupação do solo na quantificação dos prejuízos económicos directos provocados pelas inundações urbanas*. São Carlos – São Paulo.
- ALBUQUERQUE, T.** (Sr.). *Sistema de Drenagem Urbana: Drenagem Sustentável*. Universidade Federal de Sergipe - UFS, Brasil.
- AMARAL, J. P. E.** (2016). *Estratégias de controlo de caudais de cheia em sistemas hídricos urbanos. Aplicação ao caso do rio Este*, Braga. Universidade de Minho.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.** (1992). *Design and construction of urban stormwater management systems*. ASCE Manuals and reports on Engineering Practice No.77. American Society of Civil Engineers.
- ANDRADE, J.** Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias em bacias urbanas. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.
- ANDRADE, Rafael Medeiros de; FERREIRA, João Alberto.** A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização. **Rede-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 6, n.1, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- BALLARD, B. W., KELLAGHER, R., MARTIN, P., JEFFERIES, C., BRAY, R., & SHAFFER, P.** *The SUDS Manual*. CIRIA- Construction Industry Research and Information Association, Londres. 2007.
- BALOI, V, GEMUSSE, U, Dias, J & Uacane, M.** (2018). *Análise das Áreas Vulneráveis ao Risco de Inundações no Posto Administrativo Urbano de Chiveve - Cidade da Beira com recurso aos SIG (Sistema de Informação Geográfica)*. Cidade da Beira – Moçambique.
- BANCO MUNDIAL** (2007). *Estratégia nacional de assistência para recursos hídricos em Moçambique: fazer a água atuar para o crescimento sustentável e a redução de pobreza*.

BANCO MUNDIAL (2017). *Mafalala: das origens à atualidade. 1ª Edição*. Maputo – Moçambique.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. 2. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2011.

BARBOSA, F. A. R. (2006). *Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB*. Paraíba, Brasil. Bardin, L. (2016). *Análise do conteúdo*. São Paulo: Editora Almeida. Brasil.

BARRA, A. M.; TEIXEIRA, J. F. Sistemas de drenagem de águas pluviais: desafios e inovações. *Revista Brasileira de Engenharia Hidráulica*, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2015.

BERNARDO, A. V. Drenagem urbana: gestão e planejamento. *Revista de Engenharia Civil*, vol. 12, n. 2, p. 123-137, 2019

BIDONE, E.; TUCCI, C. E. M. Modelagem de sistemas de drenagem urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 1, n. 1, p. 35-50, 1995

BORGES, N. S. *Gestão do risco de inundações urbanas*. Universidade de Coimbra. Porto. (2013).

BOTICA, R. F. Gestão de drenagem urbana: enfoques e desafios. *Revista de Engenharia Civil*, v. 17, n. 1, p. 25-38, 2012

BRASIL. Agência Nacional de Águas. *Manual de drenagem urbana*. Brasília: ANA, 2002.

BRITO.L.T.DE. L. et al. Drenagem urbana sustentável para prevenção de enchentes, São Paulo, p.2-4, mai.2015.

CAMBOIM, J. F. F & BARBOSA, A.G. Estratégias de educação ambiental por meio da atuação da com-vida: vivências em uma escola do Recife-Pe. Natal, Brasil. 2012.

CANHOLI, Aluísio Pardo. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015

CANHOLI, L. A. Análise de sistemas de drenagem em áreas urbanas. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos*, 1995.

CHOW, V.T. (1959). *Open-Channel hydraulics*. McGraw-Hill Book Company

CHRISTOFIDIS, Demetrios; **ASSUMPÇÃO**, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; **KLIGERMAN**, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, 2020.

CRUZ, J. P. *Drenagem de Águas Pluviais: Teoria e Prática*. São Paulo: Editora Ática, 2007.

CRUZ.R.S. Jacobina: Margem Rio do Ouro é muito afetada por forte chuva. **Tribuna do interior da Bahia**, Bahia, fev.2015.

CUNHA,M.A. ; BORJA,P. C. O programa de aceleração do crescimento no estado da Bahia os desafios da universalização do saneamento básico, Bahia, p.7-8, nov.2018.

DNA - Departamento Nacional de Águas. Diretrizes para a gestão de águas pluviais. Brasília: DNA, 2005.

DUTRA,M.C.S;VIEIRA,C.L. Percepção da comunidade quanto à necessidade de implantação de medidas de drenagem urbana com controle na fonte, um estudo de caso em uma sub-bacia de Feira de Santana-BA, Porto Alegre, p. 7-9,.2020.

ENOMOTO, C. Método para elaboração de mapas de inundação: Estudo de caso na Bacia do Rio Palmital, Paraná. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.

EPA. <http://www.epa.gov/>. United States Environmental Protection Agency, EUA, 1998

FARIAS,A. ; MENDONÇA, F. Modelagem e mapeamento de áreas de perigo de inundação urbana- na cidade de Francisco Beltrão (Brasil), Paraná, p.5-6, 2019. Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/405/2321>.

FERNANDEZ, P. A. J. Avaliação do risco de inundação em zonas urbanas com a integração de dados lidar e cartografia a escala grande. Universidade de Évora. 2015.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler Ferreira. *Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento*. Rio de Janeiro: GEN. Publicado pelo selo LTC, 2020.

FLORENÇANO, José Carlos Simões; **DE ASSIS COELHO**, Francisco. *O Abastecimento de Água e seus Reflexos na Saúde da População*. Construindo, 2014.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). *Caderno Temático: Drenagem e Manejo Das Águas Pluviais Urbanas*. Brasília: [s.n.], 2016.

GERHARDT, T. E. & SILVEIRA, D. T. Metodologia de pesquisa. Rio Grande do Sul: Editora UFRGS. 2009.

GOMES, C. R. G. Análise da importância da educação ambiental na prevenção das enchentes um estudo em Blumenau/SC. Santa Maria, RS, Brasil. 2013.

GONÇALVES, N. S. Urbanismo da Mafalala: origem, evolução e caracterização. Coimbra - Imprensa da Universidade de Coimbra. 2017.

HENDERSON, F. M. (1966). *Open Channel Flow*. Macmillan.

HÖLTZ, Fabiano da Costa. Uso de concreto permeável na drenagem urbana: Análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental. 2011

INE I. E. M. Indicadores Sociais. Instituto de Estatística de Moçambique, Disponível em <https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/maputo-cidade-1>, 2007.

INE Resultados definitivos do IV recenseamento geral da população e habitação. Maputo – Moçambique. 2019.

JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo; MACHADO FILHO, José Valverde. *Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos*. Barueri, SP: Manole, 2012.

KLEIN, H. S. Migração internacional na história das Américas. In: FAUSTO, Boris (org.). *Fazer a América*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), 2000.

KURODA, Ristopher Yuity. *Análise Do Sistema De Drenagem Urbana: na região do parque de exposições Francisco Feio Ribeiro*, Maringá-PR. 2015. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento De Engenharia Civil. Universidade Estadual De Maringá, Maringá.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. *Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI*. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011

LOURENÇO, A. M. Drenagem de águas pluviais: conceitos e práticas em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 2, p. 55-67, 2014

MARQUES, A. S., de Lima, J. P., Sousa, J., Simões, N. E., & Pina, R. *Hidrologia Urbana - Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos - Universidade de Coimbra, Coimbra. 2013.

MEDEIROS, C. S. Vulnerabilidade dos sistemas de transporte em áreas de inundação: Uma mudança nos padrões de mobilidade e a busca pela adaptação às alterações climáticas. Universidade Nova de Lisboa. 2019.

MIROLE, L. L. F. N. Reconstrução e manutenção da identidade dos migrantes de Nampula na cidade de Maputo: O caso do bairro da Mafalala. UEM, Maputo-Moçambique. 2013.

MORCERF, C. B. (2014). Infra-estrutura verde como medida de prevenção e mitigação de desastres naturais – estudo de caso Muriaé/Mg- UFRRJ.

MOREIRA, Terezinha. **Saneamento básico: desafios e oportunidades.** [S.l.: s.n.], 1996.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** [S.l.]: Editora Blucher, 2003

OLIVEIRA, P.V. Águas Urbanas: uma temática contemporânea, São Paulo, p.06-07, jul. 2019.

ONU- Habitat .Perfil do sector urbano em Moçambique. 2007.

PEIXOTO, A. I. P. Inundações urbanas, cheias rápidas e galgamentos costeiros na cidade de Santa Cruz, Ilha da Madeira: áreas afectadas, frequência e avaliação da vulnerabilidade funcional. Universidade do Porto. (2013).

PEREIRA, L. E. ET al. Identificação e análise da inundação urbana- no município de Porto Murtinho – MS, Mato grosso do Sul, p. 12-13, out.2018.

RAMOS, C– Dinâmica Fluvial e Ordenamento do Território (Programa de Unidade Curricular do 2º ciclo). SLIF- 6, Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, Lisboa. 2018

RIBEIRO, Alessandro Mendes. BMP's em drenagem urbana: aplicabilidade em cidades brasileiras/ **A.M. Ribeiro. – Versão corr. – São Paulo,2018**

RODRIGUES, R. R. – Avaliação das disponibilidades hídricas superficiais com base na precipitação. Introdução ao Planeamento e Gestão de Recursos Hídricos, vol. 4, Serie

Metodologias para a Avaliação de Políticas de Recursos Hídricos, NATO-POWATERS, LNEC, Lisboa. 2019

ROSA, M. E. R. Educação ambiental e suas implicações na drenagem urbana nas áreas de vulnerabilidade e riscos de inundação na bacia hidrográfica do riacho Pajeú / Fortaleza – CE. Brasil. 2018.

SANTOS, J. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas: Mudança do Paradigma nos Sistemas Públicos de Drenagem.* Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. 2012.

SCHUELER, T. R. (1987). *Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban Best Management Practices.* Metropolitan Washington Council of Governments

SILVA, B. L. A; OLIVEIRA, I. C. A; BUENO. L. L. N; SILVA, T. P. D; RODRIGUES, J. C. S; AMARANTE, M. S. *Conjunto de drenagem urbana nas cidades e sua importância na redução de inundações e enchentes.* **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 2, p. 205-227, 2019.

SILVA, R. F.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros - MG. *Caderno de Geografia*, Montes Claros, v. 26, n. 47, p. 966-978, jul. 2016.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. *Tutorial de cartografia geomorfológica.* 63p. Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos. Programa Institucional de Bolsas do Ensino de Graduação – PIBEG. Universidade Federal de Uberlândia: Instituto de Geografia. Uberlândia, 2015.

SOUZA, G. M. & Romualdo, S. S. Inundações urbanas: a percepção sobre a problemática socioambiental pela comunidade do bairro Jardim Natal – Juiz de Fora MG. 2013

STREETER, V.L. e WYLIE, E.B., "Fluid Mechanics," McGraw-Hill International Editions, Civil and Mechanical Engineering Series, 1983.

SUSDRain. Sustainable Drainage Systems: Design Manual for England and Wales. *Susdrain*, 2012

TENÓRIO,L.X.DA S.et al. Mapeamento do desenvolvimento nacional de tecnologias- dentro do contexto de inundações urbanas, Salvador, p.17-18, dez. 2017.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados.** v. 22, n. 63, p. 97-112, 2014.

TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. 4. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, C. E. M.; Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de gestão de águas da América Latina – REGA**, vol. 5, n. 2, jul/dez. Porto Alegre, 2008. 71-81 p.

TUCCI, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. (org.) In: **Drenagem urbana:** Coleção ABRH de Recursos Hídricos. 5. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 1995.

TUCCI, C.E.M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 13, n. 1, p. 29-42, 2016.

TUCCI, Carlos. E. M., Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 1º, 23p, RS; 2009.

TUCCI, E. M. Escoamento Superficial. In: UFRGS/ABRH (Ed.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2012.

TURTON, A.; LEPAGE, L.; MARCH, H. The role of urban drainage in the management of stormwater. *Water Science and Technology*, v. 54, n. 6, p. 1-8, 2006.

VILLANUEVA, A. O.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; BENFICA, D.; TUCCI, C. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. **REGA**, vol. 8, 14p, 2011. □ **WALLIMAN, Nicholas.** **Métodos de pesquisa.** 1ª edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2015.

Apêndice