



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
TRABALHO DE LICENCIATURA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO SISTEMA
DE DRENAGEM NA REGIÃO DA BACIA DO RIO INFULENE**

Autor: Hélio Faustino Nhantumbo

Supervisor:

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng^o

Co-supervisores:

Lic. Dominic Joaquim, Eng^o

Lic. Michaque Lourenço Dosse, Eng^o

Maputo, Dezembro de 2022

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
TRABALHO DE LICENCIATURA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO SISTEMA DE
DRENAGEM NA REGIÃO DA BACIA DO RIO INFULENE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado em cumprimento parcial dos requisitos exigidos para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia do Ambiente na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Dezembro de 2022



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____
entregou no dia ____/____/20____ as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de
Licenciatura com a referência: _____ Intitulado: _____

Maputo, ____ de _____ 20__

A Chefe da Secretaria

Declaração de Honra

Eu, Hélio Faustino Nhantumbo, declaro por minha honra que o presente trabalho com o tema “***Avaliação da contaminação microbiológica do sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene***” é integralmente da minha autoria e a informação nele contido é fruto do trabalho de investigação que culminou com observações no campo, análises laboratoriais e pesquisas estando indicados ao longo do texto e nas referências bibliográficas todas fontes utilizadas. Declaro também que este trabalho nunca foi apresentado por outro autor.

Maputo, Dezembro de 2022

O autor

(Hélio Faustino Nhantumbo)

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha Mãe, Ermelinda Massango, por sacrificar-se sempre pela minha educação.

Aos meus irmãos, Edson Magengo, Nilza Magengo, Dienildo Mugabe, Costa Sambo, Edson Nhantumbo, que sempre acompanharam minha trajetória académica, dando-me todo apoio moral e inspiração.

À minha parceira, Hermínia Mendes, que desde o início acreditou em mim e sempre me motivou a seguir firmemente com os meus propósitos.

Agradecimentos

Primordialmente agradeço ao bom Deus, pela saúde e vida que continuamente proporcionou-me durante o percurso académico. À minha Mãe, Ermelinda Massango, que tudo faz, para que nada falte no meu crescimento e desenvolvimento pessoal. Pelos sacrifícios feitos e apoio incondicional, meu muito obrigado Mãe.

Agradeço aos meus supervisores, Prof. Clemêncio Nhantumbo, Lic. Dominic Joaquim, Lic. Michaque Dosse, pela disponibilidade, ensinamento, incentivo, orientações e não menos importante, a confiança em mim depositada para execução deste trabalho. Sou grato a Dona Maria das Dores, Técnica do Laboratório de Hidráulica Sanitária do Departamento de Engenharia Civil – FEUEM, pela assistência e acolhimento durante a realização dos ensaios laboratoriais, aos técnicos da Direcção Municipal de Infra-estruturas Urbanas do Conselho Municipal de Maputo, em especial ao Sector de Saneamento e Drenagem, pela colaboração durante a elaboração do trabalho.

Agradeço aos meus familiares e amigos, Silva Magengo, Edson Magengo, Nilza Magengo, Dienildo Mugabe, Alzira Massango, Edson Nhantumbo, Costa Sambo, Erminda Ngove, Orlando Nhantumbo, Regina Lisboa, Dinercio Chirindza, Elídio Tivane, Enoque Afessone, Lisboa Mendes, pelo apoio e motivação em todos momentos.

À minha parceira, Hermínia Mendes, que durante os anos de formação acreditou no meu potencial. Agradeço também pelos conselhos, amor, dedicação e apoio incondicional prestado ao longo desta jornada.

O meu agradecimento é extensivo a todos colegas da turma 2018 do Curso de Engenharia do Ambiente, em especial aos colegas, Gelito Muqueio, Tomé Maneno, Hélio Matsinhe, Chilton Manhique, Vanda Macuvele, António Ferrão, pelos momentos de troca de conhecimentos, descontração e apoio durante estes cinco anos de formação.

Resumo

O aumento populacional e o desenvolvimento urbano desordenado nas bacias hidrográficas vêm ocasionando problemas graves na drenagem urbana de várias cidades, sendo a degradação da qualidade dos recursos hídricos um dos principais impactos gerados pela constante urbanização das cidades. A área semi-urbana da Cidade de Maputo é caracterizada por assentamentos informais com sistemas de saneamento precários. E a principal infra-estrutura de drenagem pluvial é a vala A localizada na Avenida Joaquim Chissano, que recebe afluentes de vários bairros ao longo do sistema de drenagem. Ao fim desta vala, a água é usada para irrigação de cultivos nas chamadas zonas verdes da cidade de Maputo. Enquanto a contaminação microbiológica é eminente, não se conhece o nível de contaminação microbiológica nas valas de drenagem e a contribuição relativa de cada bairro. Devido a estes factos, torna-se relevante avaliar a contaminação microbiológica sobre o sistema de drenagem.

Este estudo tem como objectivo avaliar o nível de contaminação microbiológica do sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene. O trabalho incluiu a determinação dos parâmetros de campo (temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade eléctrica) e análises laboratoriais (coliformes totais, *E.coli*, nitratos, fosfatos, DQO e DBO). A pesquisa de campo foi feita durante o período seco, de Maio a Julho de 2022. Os valores obtidos ao longo do canal principal da avenida Joaquim Chissano variam entre ($2,46 \times 10^4$ – $1,299 \times 10^9$ MPN) e ($3,1 \times 10^3$ – $9,87 \times 10^6$ MPN) para coliformes totais (CT) e *E. scherichiacoli* (*E.coli*) respectivamente, e para fosfatos e nitratos os valores varia entre (0.23 – 32.6 mg/L) e (2.2 – 20.3 mg/L) respectivamente. A partir dos resultados obtidos foi possível identificar os bairros com influência na contaminação por esgotos domésticos, sendo os bairros Chamanculo, Xipamanine, Minkadjuine, Mafalala e Aeroporto os bairros que mais contribuem para a contaminação microbiológica na vala de drenagem. Além disso, o estudo mostra que o sistema não funciona apenas para o escoamento de caudais pluviais, o que além de comprometer o corpo receptor (Rio Infulene), coloca em risco epidemiológico a população.

Palavras-chaves: Drenagem, Rio Infulene, Águas residuais domésticas e pluviais

Índice

Dedicatória	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo	iii
Lista de siglas e abreviaturas	vi
Lista de figuras	vii
Lista de tabelas	viii
1. Introdução	1
1.1. Objectivos.....	2
1.2. Metodologia.....	3
2. Revisão bibliográfica	4
2.1. Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico	4
2.2. Drenagem urbana.....	6
2.3. Sistemas de drenagem urbana	7
2.3.1. Tipos de sistemas de drenagem.....	7
2.4. Poluição em sistemas de drenagem urbana	12
2.5. Parâmetros de qualidade da água	14
3. Estudo de caso.....	17
3.1. Caracterização da área de estudo	17
3.1.1. Localização Geográfica	17
3.1.2. Clima.....	18
3.1.3. Hidrologia.....	18
3.1.4. Uso e ocupação de solo	18
3.1.5. Caracterização do saneamento e sistema de drenagem da área em estudo	
19	
3.2. Possíveis fontes de contaminação do sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene	22
3.3. Materiais e métodos	25

3.3.1. Materiais	25
3.3.2. Métodos	26
4. Análise e discussão de resultados	30
5. Conclusões e recomendações	39
5.1. Conclusões.....	39
5.2. Recomendações.....	39
Referências bibliográficas.....	41
ANEXOS.....	45

Lista de siglas e abreviaturas

AIAS	Administração de infra-estrutura de abastecimento e Saneamento
ANAC	Administração Nacional das Áreas de Conservação
ARA-Sul	Administração Regional de Águas do Sul
CMM	Conselho Municipal de Maputo
CT	Coliformes totais
DNA	Direcção Nacional de Águas
DO	<i>Dissolved oxygen</i> (oxigénio dissolvido)
DQO	Demanda química de oxigênio
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
EC	<i>Electrical conductivity</i> (Condutividade eléctrica)
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agência de protecção ambiental)
ETAR	Estação de tratamento de águas residuais
FEUEM	Faculdade de Engenharia - Universidade Eduardo Mondlane
Km	Quilómetro
Km ²	Quilómetro quadrado
mg/l	Miligrama por litro
NMP	Número mais provável (NMP/100ml)
WHO	<i>World Health Organisation</i> (Organização Mundial da Saúde)
pH	Potencial de hidrogénio
TDS	<i>Total dissolved solids</i> (Total de sólidos dissolvidos)
°C	Grau Celcius

Lista de figuras

Figura 1: Balaço hídrico afectado pela urbanização.....	5
Figura 2: Impacto da urbanização quanto ao volume e tempo de resposta do hidrograma.	5
Figura 3: Representação esquemática de um sistema unitário.	8
Figura 4: Representação esquemática de um sistema do tipo separativo.	9
Figura 5: Componentes de sistema de drenagem.....	11
Figura 6: Mapa da localização geográfica da área de estudo.	17
Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo.....	19
Figura 8: Principais soluções ou alternativas de saneamento utilizados em cada bairro da cidade de Maputo.	20
Figura 9: Sistemas de drenagem e principais infra-estruturas da Cidade de Maputo ...	21
Figura 10: a) Chamanculo; b) Xipamanine; c) Av. Acordos de Lusaka	23
Figura 11: a) Bairro de Mafalala; Bairro de Chamanculo D.	23
Figura 12: Bairro da Mafalala (a); Bairro unidade 7 (b)	24
Figura 13: Dia sem chuva (a), dia chuvoso (b)	25
Figura 14: Mapa de localização dos pontos de amostragem.....	27
Figura 15: Medição dos parâmetros de campo.	28
Figura 16: Valores obtidos para temperatura.	30
Figura 17: Valores obtidos de pH.	31
Figura 18: Valores obtidos de condutividade eléctrica (EC)	32
Figura 19: Valores obtidos de sólidos totais dissolvidos TDS (a); Relação entre sólidos totais dissolvidos (TDS) e Condutividade eléctrica (EC) (b).	32
Figura 20: Concentrações de oxigénio dissolvido na água.	33
Figura 21: Valores obtidos de Fosfatos (a) e Nitratos (b).	34
Figura 22: Concentrações de DQO.	35
Figura 23: Concentrações de DBO.....	35
Figura 24: Valores obtidos para E. coli.....	36
Figura 25: Valores obtidos para CT.....	37
Figura 26: Visualização espacial de resultados de parâmetros Microbiológico.....	38

Lista de tabelas

Tabela 1: Períodos da drenagem urbana.	6
Tabela 2: Vantagens e desvantagens na utilização de diferentes tipos de sistemas. ...	10
Tabela 3: componentes dos sistemas de drenagem urbanas.	10
Tabela 4: Valores médios, em mg/l, de parâmetros de qualidade de água pluvial para algumas cidades.....	12
Tabela 5: Características de esgotos sanitários.	13
Tabela 6: Identificação dos pontos de coleta.....	27

1. Introdução

O aumento populacional e o desenvolvimento urbano são tidos como catalisadores ao agravamento de impactos significativos na drenagem das águas residuais domésticas e pluviais. Desde o final do século XVIII tem-se registado um aumento exponencial da população mundial, que aliada à tendência para a procura de estabilidade nas grandes cidades tem levado a um grande crescimento dos centros urbanos (Crossette e Kollodge 2011 *apud* Miguel & Machado, 2013). Hoje, a população mundial é três vezes maior do que era em meados do século XX. A população humana global atingirá 8,0 bilhões em meados de novembro de 2022 e estima-se que até 2030 a população global pode crescer para cerca de 8.5 bilhões e adicionar 1.18 bilhão nas duas décadas seguintes, chegando a 9.7 bilhões em 2050 (United Nations, 2022).

O crescimento das áreas urbanas, e a conseqüente alteração dos padrões de ocupação do solo, em particular a impermeabilização dos terrenos, pela sua própria natureza, tem efeitos nefastos no ciclo hidrológico natural da bacia hidrográfica (Vieira, 2014). Por um lado, este crescimento intensifica a ocorrência de descargas de excedentes contaminantes para os meios receptores, tornando-as responsáveis pela degradação da qualidade da água, uma vez que estas contém elevadas cargas poluentes (Torcato, 2019).

O sistema de drenagem da Cidade de Maputo é dividido em 4 sistemas, sendo o sistema 3, o sistema que abrange a área semi-urbana do município, constituído principalmente por uma rede de drenagem pluvial que descarrega no rio Infulene sem tratamento prévio, podendo alterar a qualidade da água no meio receptor do sistema.

O sistema de drenagem faz parte de uma área em que a maior parte da população vive em assentamentos informais sem acesso seguro ao saneamento. Nestas áreas é comum a ocorrência de inundações, pois os sistemas de drenagem são quase inexistentes, aumentando significativamente a incidência de doenças de veiculação hídrica como diarreia, cólera e malária, que por sua vez impactam na saúde dos residentes (Maputo, 2021).

A elevada densidade na parte informal de alguns bairros aliados à falta de recursos para a construção de latrinas e o elevado lençol freático faz com que a população recorra ao lançamento das águas residuais domésticas nas valas de drenagem destinadas ao escoamento das águas pluviais, assim como na estrutura viária. (Ellis & Hvitved-

Jacobsen, 1996) afirmam que a carga de poluentes presente nas águas pluviais se mostra bastante expressiva, sendo muitas vezes equivalente ou mesmo superior à carga referente aos esgotos sanitários. Enquanto a contaminação microbiológica é eminente, não se conhece o nível de contaminação microbiológica nas valas de drenagem e a contribuição relativa de cada bairro. Devido a estes factos, torna-se relevante avaliar a contaminação microbiológica sobre o sistema de drenagem.

Neste contexto, o presente trabalho visa avaliar o nível de contaminação microbiológica no sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene. Os resultados servirão de apoio para a caracterização da situação real do sistema de drenagem da área em estudo e as possíveis intervenções que podem ser tomadas por forma a melhorar as actuais condições. Esta avaliação é de extrema importância não só pelos danos directos provocados pela contaminação, mas também é essencial por se tratar de uma questão de saúde pública.

1.1. Objectivos

O **objectivo geral** do presente trabalho é:

- Avaliar a contaminação microbiológica do sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene.

Objectivos específico

De modo a responder o objectivo principal do trabalho, foram propostos os seguintes objectivos específicos:

- Caracterizar o sistema de recolha de águas residuais doméstica e pluviais;
- Determinar os parâmetros de qualidade da água em sistemas de drenagem;
- Comparar os valores obtidos com os valores estabelecidos pelo Decreto n.º 30/2003 de 1 de julho e o Decreto n.º 18/2004 de 2 de junho.

1.2. Metodologia

Para a elaboração do presente trabalho baseou-se na pesquisa bibliográfica, trabalho de campo, ensaios laboratoriais e análise dos dados obtidos com recurso a ferramentas estatísticas e geográficas.

A pesquisa bibliográfica foi feita com base na consulta de materiais publicados que incluem artigos científicos, livros, relatórios e teses com relevância para o tema.

O trabalho de campo consistiu na observação da área de estudo, definição de pontos de amostragem com base nas contribuições de entrada dos bairros ao longo do sistema de drenagem. A medição de parâmetros no campo (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e a condutividade eléctrica) foi feita através de uma Multiparâmetro Hach HQ40d disponibilizada pelo Laboratório de águas do Departamento de Engenharia Química – FEUEM. Após as medições de parâmetros de campo coletavam-se amostras nos 13 pontos anteriormente definidos para posteriores análises laboratoriais para a determinação da qualidade da água do sistema de drenagem.

Os ensaios laboratoriais foram realizados no laboratório de Hidráulica Sanitária no Departamento da Engenharia Civil e no Laboratório de águas do Departamento de Engenharia Química – FEUEM, onde foram determinados parâmetros como coliformes totais, E. coli, nitratos, fosfatos, DQO e DBO. A análise dos dados obtidos foi feita com recurso a Microsoft Excel e Quantum GIS Desktop 3.10.13 para a representação espacial dos resultados. Os resultados foram divididos em dois cenários, o primeiro é correspondente aos dias sem chuva (primeiras duas visitas de campo) e o segundo cenário verificou-se na terceira visita de campo depois de uma chuva de 7.8 mm. E estes resultados foram a base de discussão com os valores estabelecidos pelo Decreto n.º 30/2003 de 1 de Julho e o Decreto n.º 18/2004 de 2 de Junho.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico

A urbanização é uma das mais importantes tendências demográficas do século XXI. Desde o final do século XVIII tem-se registado um aumento exponencial da população mundial, que aliada à tendência para a procura de estabilidade nas grandes cidades tem levado a um grande crescimento dos centros urbanos (Crossette e Kollodge 2011 *apud* Miguel & Machado, 2013).

Do ponto de vista hidrológico, o processo de transformação ou adaptação de uma área rural em uma área urbana traz grandes resultados danosos sobre o ciclo hidrológico de uma bacia. Isso se dá pelo facto de que esse processo vem acompanhado de mudanças em áreas que antes permitiam as etapas naturais de infiltração, evaporação e escoamento da água proveniente da precipitação (Tolentino, 2018).

A cobertura vegetal, responsável por proteger o solo e facilitar a infiltração da água, quando retirada no processo de desenvolvimento urbano, diminui a taxa de infiltração do solo, ou seja, aumenta o volume que escoar na superfície (Menezes, 2010). Esse efeito é ilustrado abaixo na Figura 1, onde nota-se que quanto maior esta superfície impermeável, que aumenta o escoamento, menores são as taxas de evapotranspiração, infiltração rasa e infiltração profunda. O aumento do escoamento superficial, por sua vez, implica na maior ocorrência de erosões, transporte de sedimentos, nutrientes e poluentes para os rio (Rocha, 2013). Montenegro e Tucci (2005) *apud* Oliveira et al., (2008) descrevem os principais impactos da urbanização, sendo:

1. O aumento das vazões máximas (em cerca de seis vezes) e de sua frequência, decorrente do aumento da capacidade de escoamento através de condutas e canais, e da impermeabilização do solo;
2. O aumento da erosão, da produção de sedimentos e de resíduos sólidos urbanos que provoca a obstrução das redes de drenagem;
3. Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, em virtude da lavagem das ruas, do transporte de material sólido e das ligações clandestina de esgoto doméstico e pluvial e da contaminação de aquíferos.

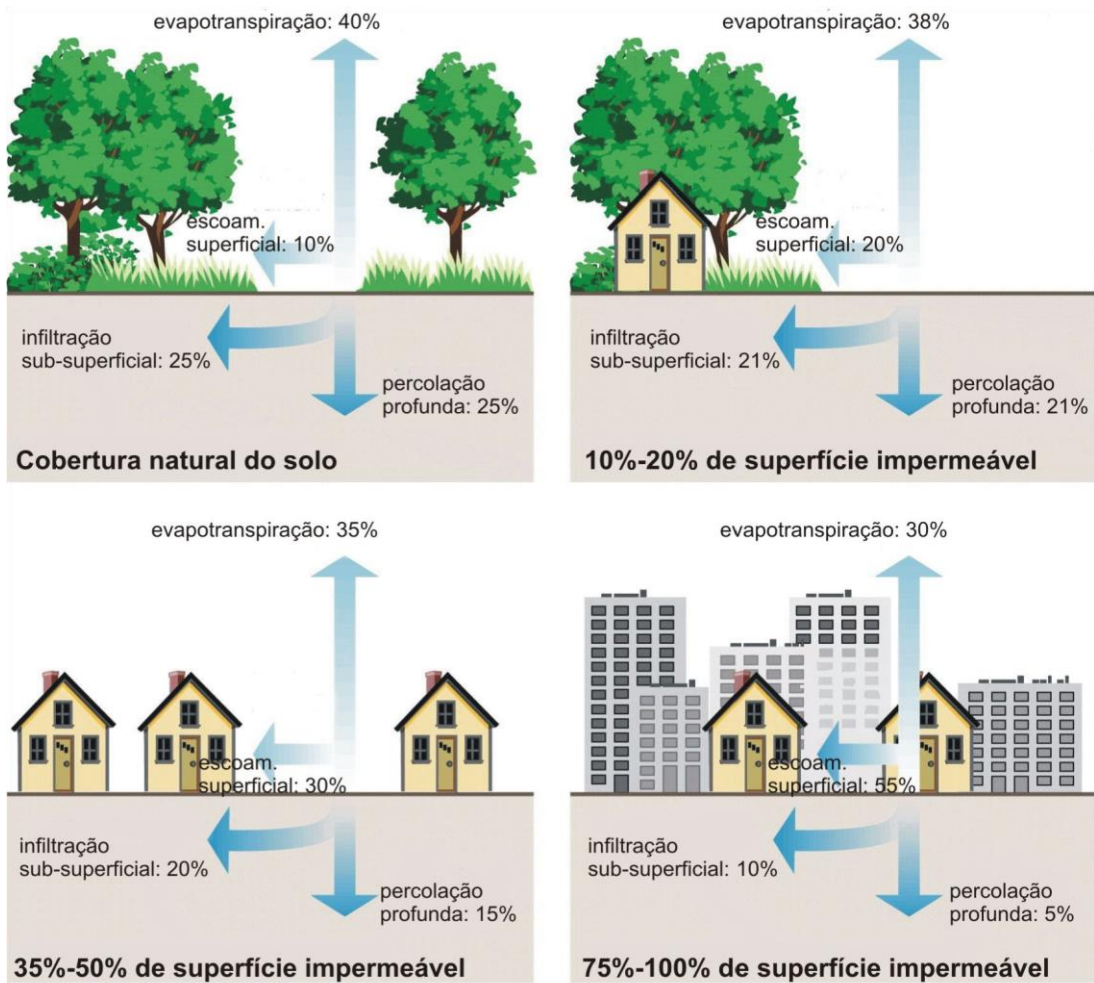


Figura 1: Balança hídrica afectada pela urbanização.

Fonte: (EPA, 1998)

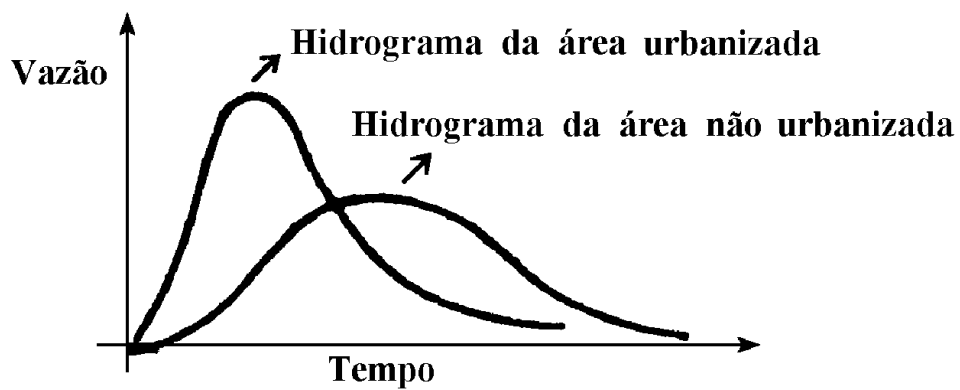


Figura 2: Impacto da urbanização quanto ao volume e tempo de resposta do hidrograma.

Fonte: (Tucci, Porto e Barros, 2015, p. 18 *apud* Tolentino, 2018)

2.2. Drenagem urbana

Historicamente a necessidade de controlar os cursos de água surge quando começam a aparecer as primeiras civilizações durante o segundo milénio antes de Cristo. E foi nesta época que se começou a olhar para a água como um bem vital e pela primeira vez foi colocada a possibilidade da existência de inundações bem como as preocupações relativamente à qualidade da água (Burian & Edwards, 2002).

Os sistemas de drenagem urbana têm sido objecto de estudo, sob diferentes visões, ao longo de diversos períodos históricos e nas mais diversas regiões.

Tabela 1: Períodos da drenagem urbana.

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: até 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre 1970 e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois de 1990 – até o momento	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: (Tucci, 2008)

Numa abordagem tradicional a drenagem urbana tem sido desenvolvida dentro de premissas estruturais onde os impactos são transferidos de montante para jusante sem nenhum controle de suas fontes, e geralmente sem o devido tratamento. A partir da década de 70 outras abordagens passaram a ser fortemente consideradas, tendo em conta que os sistemas tradicionais já não eram suficientes para resolver os problemas crescentes oriundos da urbanização sem planejamento adequado.

Em meados do século XIX, os olhos do mundo se abriram para a relação entre saneamento e saúde. Isso ocorreu principalmente devido aos estudos realizados por Edwin Chadwick e a demonstração de John Snow, comprovando que a cólera era causada pelo consumo de águas contaminadas com matérias fecais, na Inglaterra.

2.3. Sistemas de drenagem urbana

Os sistemas públicos de águas residuais e pluviais são essenciais para assegurar não só a saúde e segurança do público, mas também a continuidade das atividades socioeconómicas (Duarte, 2014). Estas infra-estruturas fazem parte de um conjunto de infra-estruturas críticas necessárias à garantia da integridade física das propriedades urbanas e para evitar a perda de bens e vidas humana.

De acordo com Tucci (1993), os sistemas de drenagem são classificados como Microdrenagem e Macrodrenagem.

- a) **Microdrenagem** – aplica-se normalmente a áreas onde o escoamento natural não é bem definido e, portanto, acaba sendo determinado pela ocupação do solo. Em uma área urbana, a microdrenagem é essencialmente definido pelo traçado das ruas;
- b) **Macrodrenagem** – entende-se por macrodrenagem os escoamentos em fundos de vale que normalmente são bem definidos mesmo que não correspondam a um curso de água perene. Essas bacias possuem áreas de pelo menos 5 km², dependendo da cidade e do grau de urbanização.

2.3.1. Tipos de sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem são compostos por um conjunto de equipamentos e instalações com funções que incluem a recolha, transporte, tratamento e descarga das águas residuais no meio receptor. O desempenho dos sistemas depende não só dos componentes individuais, mas também do desempenho global como sistema (Duarte, 2014).

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

Os sistemas unitários, representados na figura 3, são compostos por uma única rede de coletores, onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais. Durante o período seco, as águas residuais são transportadas para uma ETAR, onde após serem tratados, são descarregados para os meios recetores. Aquando da ocorrência de precipitação, a capacidade do sistema ou da ETAR poderá ser insuficiente, devido aos caudais elevados, e as águas residuais podem ser diretamente descarregadas nos meios recetores através dos

descarregadores de tempestades ou podem ser armazenados temporariamente em bacias de retenção. Esta combinação de água não tratada, drenada pelo sistema, directamente para meios recetores é a principal fonte de contaminação dos meios recetores (EPA, 1998).



Figura 3: Representação esquemática de um sistema unitário.

Fonte: Adaptado de Lourenço, 2014

b) Sistemas separativos

Os sistemas separativos (Figura 3) são composto 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 onde serão tratadas e depois devolvidas ao meio recetor (rios, lagos, mar) (Ramos, 2018). As água pluviais são frequentemente descarregadas no meio recetor sem que sejam submetidas a qualquer tratamento (Mahunguana, 2014). O uso de sistemas separados tem sido visto como solução para os problemas de poluição causados pelos sistemas unitários. 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 (Lourenço, 2014).

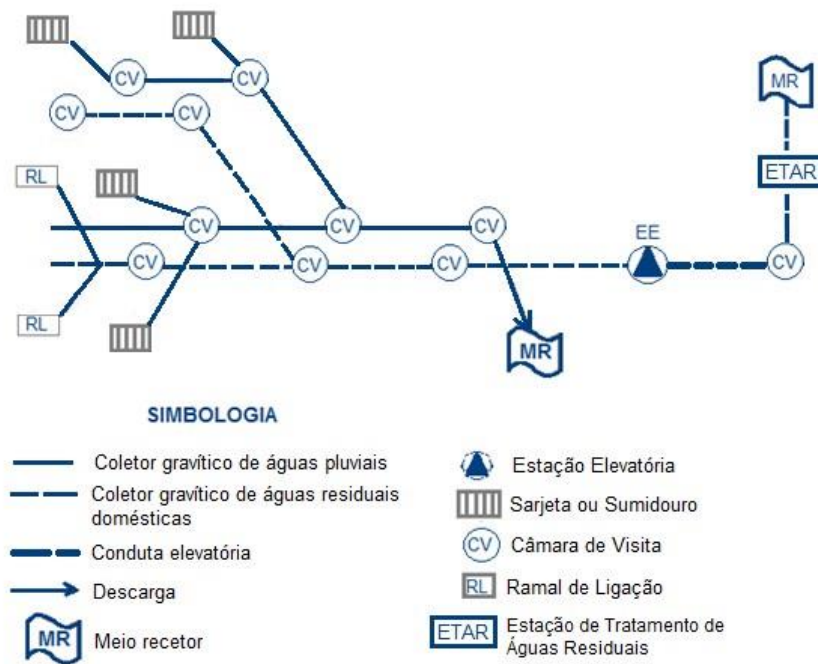


Figura 4: Representação esquemática de um sistema do tipo separativo.

Fonte: Marques et al., 2013 *apud* Lourenço, 2014

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.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens na utilização de diferentes tipos de sistemas.

Tipo de Sistema	Vantagens	Desvantagens
Sistemas convencionais, separativos domésticos e pluviais	Transporte de efluentes de natureza distinta por diferentes coletores, o que permite diferentes condições de tratamento e destino final.	Custos elevados de primeiro investimento, associados à necessidade de dispor de dois tipos de tubagens ou coletores. É necessária uma construção cuidadosa, em termos das ligações dos ramais prediais.
Sistemas convencionais unitários	Encargo do investimento inicial, devido à construção de um único tipo de colector, que transporta a totalidade do fluxo em meio urbano. Simplicidade na ligação de ramais e colectores.	Descarga de efluentes poluídos com ocorrência de precipitação. Acréscimo de encargos energéticos e de exploração em estações elevatórias e de tratamento, devido ao excedente pluvial.
Sistemas não convencionais de colector gravítico de pequeno diâmetro ou sob vácuo	Baixo investimento em zonas planas ou com elevados níveis freáticos. Em sistemas sob vácuo, redução de risco de ocorrência de condições de septicidade e controlo de infiltração.	Investimentos de exploração e conservação, relativamente ao sistema gravítico convencional. Alto grau de conhecimento e especialização requerido para exploração eficiente.

Componentes dos sistemas de drenagem urbana

Independentemente do tipo de sistema de drenagem, separativos ou unitários, o sistema apresenta um conjunto de componentes principais que podem ser divididos em 3 grupos: rede coletora, componentes acessórios e instalações complementares. Os principais componentes são descritos na tabela 3 e apresentadas na figura 5.

Tabela 3: componentes dos sistemas de drenagem urbanas.

Componente	Descrição
Galerias (1)	Representa canalizações públicas usadas para conduzir as águas provenientes das bocas-de-lobo e das ligações (Bidone, F.; Tucci, 1995).
Câmara ou caixa de visita (2)	São dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem a mudança de direcção, mudança de declividade, mudança de diâmetro, inspeção e limpeza das canalizações (Bidone, F.; Tucci, 1995).
Boca-de-lobo (3)	São dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas para a captação de águas pluviais (Bidone, F.; Tucci, 1995).

Tubos de ligação (4)	São canalizações destinadas a conduzir águas pluviais captadas nas boca-de-lobo para as galerias ou poços de visita (Bidone, F.; Tucci, 1995).
Sarjetas (5)	São órgãos dos sistemas de drenagem que garantem a recolha de águas superficiais para as redes de drenagem para permitir um melhor escoamento da via pública (Duarte, 2014)
Conduitas (6)	São obras destinadas a condução das águas superficiais coletadas, de maneira segura e eficiente (Bidone, F.; Tucci, 1995).
Sistemas elevatórios (7)	Transporte das águas residuais em situação em que a drenagem gravítica não é considerada tecnicamente e economicamente a solução adequada.
Bueiros (8)	São conduitas livres ou forçadas, de pequeno comprimento, intercalados em um curso de água ou canal aberto, destinados a transpor uma estrada ou aterro.
Canais (9)	São estruturas hidráulicas destinadas a drenagem de águas pluviais em projetos de macrodrenagem.
Ramais de ligação	Promover a ligação ou descarga de águas residuais (domésticas, comerciais, industriais e pluviais) para a rede de drenagem.
Descarregadores	Órgãos do sistema, em regra ligados a colectores de recurso e que entram em operação, por exemplo, para fazer face à ocorrência de avarias ou necessidade de colocar fora de serviço componentes que se dispõem a jusante, ou para fazer face à afluência excessiva de águas residuais.

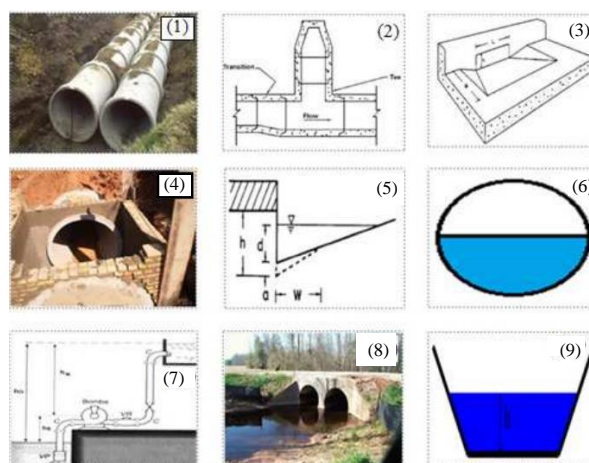


Figura 5: Componentes de sistema de drenagem.

Fonte: Adaptado de Culvert: Matins e Gukovas 2010; Brown et al (2001) *apud* Mahunguana, (2014).

2.4. Poluição em sistemas de drenagem urbana

Os poluentes podem ser lançados no meio ambiente de forma pontual ou difusa. As descargas pontuais dizem respeito às fontes que possuem localização definida, possibilitando a identificação e controle, por exemplo os efluentes que saem de uma ETAR para o meio recetor. Enquanto que a poluição difusa, refere-se à poluição que ocorre sobre uma vasta área e geralmente está associada ao tipo de uso e ocupação do solo, sendo o escoamento superficial um importante agente de transporte, que arrasta diversos contaminantes presentes na bacia hidrográfica para os corpos de água (Campbell et al., 2004).

A qualidade da água em sistemas de drenagem resulta da soma dos seguintes factores: poluição existente no ar, que introduz-se na água através ocorrência da precipitação; lavagem das superfícies urbanas contaminadas com diferentes componentes orgânicos e metais; resíduos sólidos representados por sedimentos erodidos pelo aumento da vazão (velocidade do escoamento), lixo urbano depositado ou transportado para a drenagem e ligações clandestinas (Tucci, 2003 *apud* Godinho & Monteiro, 2021). A tabela 4 apresenta alguns valores da literatura, sintetizados por Tucci, (2003), para a concentração de poluentes na água pluvial que escoam sobre a superfície urbana.

Tabela 4: Valores médios, em mg/l, de parâmetros de qualidade de água pluvial para algumas cidades.

Parâmetro	Durham ¹	Cincinnati ²	Tulsa ³	Porto Alegre ⁴	APWA ⁵	
					mín	máx
DBO		19	11,8	31,8	1	700
Sólidos Totais	1440		545	1523	450	14.600
PH		7,5	7,4	7,2		
Coliformes (NMP/100ml)				$1,5 \cdot 10^7$	55	$11,2 \cdot 10^7$
Ferro	12			30,3		
Chumbo	0,46			0,19		
Amônia		0,4		1,0		

¹ Colson (1974); ² Weibel *et al.* (1964); ³ AVCO (1970); ⁴ Ide (1984); ⁵ APWA (1969)

A poluição difusa proveniente de meios de drenagem urbanos é um factor significativo no que toca à qualidade da água nos aquíferos e meios recetores (Vasco, 2016). Tomaz (2006) afirma que esta tem grande participação na degradação das águas, uma vez que

pode representar 25% da carga poluente que chega aos cursos de água. Além disso a poluição difusa tem sido um dos grandes problemas sanitários nas áreas urbanas, uma vez que está relacionada com a ocorrência de endemias e doenças de veiculação hídrica (Camelo, 2019).

Grande parte dos poluentes é composto por matéria orgânica que conseqüentemente aumentam as concentrações de nutrientes na água, como é o caso de nitrogênio e fosforo, e altas concentrações de hidrocarbonetos e metais presentes em óleos, combustível, pneus e gases de escapamento de automóveis. O aumento da presença de organismos patogênicos, é também um dos aspectos que contribuem para o impacto da qualidade da água, onde ocorre por meio de ligações clandestinas de esgoto sanitário na rede de drenagem pluvial, fezes de animais e transbordamento de fossas sépticas (Miguez et. al., 2016 *apud* Camelo, (2019).

O uso de sistemas separados tem sido visto como solução para os problemas de poluição causada pelos sistemas combinados. Contudo, a realidade em muitos países em desenvolvimento é diferente, uma vez que a construção de sistemas separativos é mais cara. Os sistemas de água pluvial são construídos sem provisão de drenagem de águas residuais, o que faz com que esses sejam receptores de águas residuais e efluentes provenientes de tanques sépticos, além das próprias águas pluviais (Parkinson e Mark, 2005 *apud* Mahunguana, 2014).

Em Moçambique, concretamente na área semi-urbana da Cidade de Maputo, o impacto para qualidade da água ocorre principalmente pelas ligações clandestinas em sistema de drenagem pluvial, uma vez que a área não dispõe de coletores de esgotos domésticos.

A tabela 5, mostra as características dos esgotos sanitários, onde (Metcalf & Eddy, 1991) classificam os esgotos em forte, médio e fraco.

Tabela 5: Características de esgotos sanitários.

Características dos esgotos	Classificação		
	Forte	Médio	Fraco
Características físico-químicas			
DBO _{5,20} (mg/L)	400	220	110
DQO (mg/L)	1.000	500	250
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	850	500	250
Concentrações de organismos em esgotos	Valor Médio		
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	10 ⁷ - 10 ⁸		
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	10 ⁶ - 10 ⁷		

2.5. Parâmetros de qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água são definidos como as propriedades físicas, químicas e biológicas, medidas com o objectivo de avaliar o nível da qualidade da água e indicar prováveis fontes de poluição. Para o presente trabalho serão destacados os seguintes parâmetros:

Temperatura

A temperatura da água superficial é influenciada por factores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A temperatura actua em muitos equilíbrios físicos e químicos, sendo um importante factor ecológico, tanto pela influência directa que pode exercer sob os vários tipos de organismos como pela relação existente entre a mesma e o teor de gases dissolvidos (Paterniani & Pinto, 2006.). Além de influenciar nos parâmetros biológicos, a temperatura também afecta alguns parâmetros físicos e químicos.

pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida de concentração dos íons hidrogênio H⁺ (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, cuja escala varia de 0 a 14 (Sperling, 1996). O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, e as alterações podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais), o que faz com que o pH se torne um dos parâmetros mais difíceis de interpretar, podendo estar relacionado com fontes de poluição difusa ou pontual (Melo, 2014).

Conductividade eléctrica

A conductividade eléctrica (CE) é uma medida da capacidade de uma solução aquosa conduzir corrente eléctrica devido à presença de íons dissolvidos na água. A conductividade eléctrica pode ser relacionada com a concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) usando um factor de correção (Toledo, 2019). Esta relação pode ser expressa pela seguinte equação:

$$EC = (0.5 \text{ a } 0.7) * TDS$$

Onde:

EC – conductividade eléctrica, expresso em microSiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

TDS – Sólidos totais dissolvidos (mg/l)

Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos (SDT) representam a quantificação das substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas num líquido, demonstrando a proporção de diferentes sólidos (Toledo, 2019). A entrada dessas substâncias na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos) (Costa et al., 2015).

Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) refere-se ao oxigênio molecular (O_2) dissolvido na água. Segundo Sperling (1996), o oxigênio dissolvido é vital para os organismos aeróbicos (que vivem na presença de oxigênio) no corpo de água. Além disso, este parâmetro é tido como indicador primário para a qualidade da água e é considerado o principal parâmetro para caracterizar a poluição da água, a qual está diretamente ligado a parâmetros como: Temperatura e pressão atmosférica, chamada de concentração de saturação. O oxigênio dissolve-se por meio da diferença de pressão parcial, sendo altos teores de oxigênio na água indicador da realização da fotossíntese (presença de algas), em contrapartida baixas concentrações indicam a presença de matéria orgânica VON SPERLING, 2007; CETESB, 2018 *apud* Albuquerque, 2020)

Fosfatos e Nitratos

Os nitratos são considerados uma das espécies muito importante na saúde ambiental, sendo muito requisitado pelas plantas devido à presença de nitrogênio na sua composição. No que se refere ao crescimento dos organismos, considera-se que o fósforo na forma de fosfato é um nutriente essencial. A presença excessiva desses nutrientes essenciais pode provocar a eutrofização, resultando em problemas graves no ecossistema aquático.

Demanda química de oxigênio

A demanda química de oxigênio (DBO) representa um indicador da presença de matéria orgânica que pode ser ou não biodegradável e é considerado um dos importantes parâmetros para avaliação da qualidade da água (Valente et al., 1997 *apud* Toledo, 2019). A DQO permite estimar a quantidade de poluentes orgânicos drenados para corpos de água através da determinação da quantidade de oxigênio necessário para a oxidação desses poluentes por agentes oxidantes fortes como dicromato ou

permanganato de potássio em uma solução ácida (Tarras, M. J., Greenberg, A. E., Hoak, R. D., Rand, 1971).

Demanda bioquímica de oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a relação da quantidade de oxigênio disponível na água que seria necessária para oxidar a matéria orgânica, para uma forma inorgânica estável através de microrganismos (Sperling, 1996).

A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo de água, sendo que está indica o potencial do consumo do oxigênio dissolvido no meio aquático, o que pode gerar desequilíbrio na produção.

E – scherichiacoli (E. coli)

A *E – scherichiacoli* é uma bactéria que pertence ao grupo de coliformes fecais (termotolerantes) que pode ser encontrado nas fezes humanas e de animais presentes em esgotos, efluentes tratados e águas naturais, sujeitas a contaminação. A presença desses microrganismos em um corpo de água é a única que evidencia que a contaminação é exclusivamente fecal (Toledo, 2019). Dentre as bactérias presentes no grupo dos coliformes, a *Escherichia coli* é considerada a mais precisa indicadora de contaminação fecal e do potencial presença de agentes patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera (Chapman, 1996).

Coliformes totais (CT)

O grupo de coliformes totais (CT) constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. O grupo foi bastante usado no passado como indicador, e continua a ser usado em algumas áreas, embora as dificuldades associadas com a ocorrência de bactérias não fecais seja um problema (Thomann e Mueüer, 1987 *apud* Sperling, 1996). O limite recomendado pela OMS em água para fins de irrigação é 1000 bactérias de coliformes fecais por 100 mL (Blumenthal et al., 2000)

3. Estudo de caso

3.1. Caracterização da área de estudo

A seguir descreve-se a área de estudo, evidenciando a localização geográfica, clima, hidrologia, uso e ocupação do solo e as infra-estruturas de drenagem urbanas existentes na área em estudo.

3.1.1. Localização Geográfica

A bacia do Infulene é uma pequena bacia hidrográfica nacional de regime de escoamento permanente situada na província de Maputo, onde está integrada o rio Infulene que faz fronteira com o município de Maputo e Matola que corre na direção norte-sul da província de Maputo paralelamente à Estrada Nacional N1 e desagua no estuário Espírito Santo ARA-Sul, (2008) apud Chibantão, (2012). A bacia hidrográfica do rio Infulene possui uma área total de 185 km² com um comprimento de 58 Km².



Figura 6: Mapa da localização geográfica da área de estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.2. Clima

O clima da cidade de Maputo, onde localiza-se a bacia hidrográfica é do tipo tropical húmido, com duas estações, sendo uma 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 %.

3.1.3. Hidrologia

A bacia do infulene é caracterizado por um pequeno rio (rio infulene) com cerca de 20 Km de extensão que resulta da ramificação do Rio Incomáti e atravessa vários bairros periféricos da cidade de Maputo e Matola antes de descarregar no estuário do Espírito santo. Relativamente aos recursos subterrâneos, a bacia possui um aquífero intergranular moderadamente produtivo, com caudais de 3 a 10 m³/h e aquíferos locais pouco produtivos (ARA-Sul, 2010)

A água do Rio é muito usada para irrigação de hortofrutícolas nas chamadas zonas verdes da cidade de Maputo, levando a um considerável aumento de salinidade e poluição das águas.

3.1.4. Uso e ocupação de solo

O sistema de drenagem em estudo é localizado na bacia do rio infulene que é caracterizada pela presença de área verdes, indústrias, zonas agrícolas e área urbana e suburbana. Por meio do mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio infulene é possível observar que o sistema de drenagem se encontra em uma área altamente urbanizada, conforme mostra a figura 7.

Mapa de uso e ocupação de solo

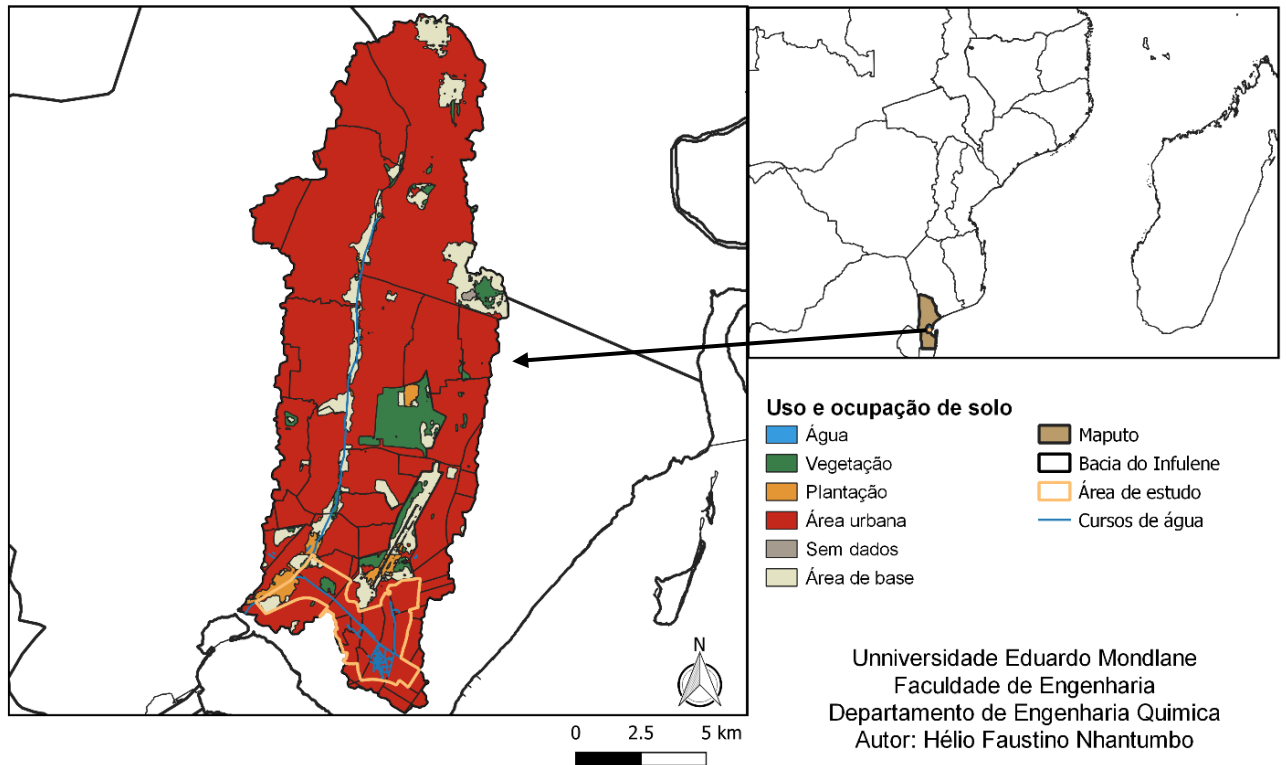


Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.5. Caracterização do saneamento e sistema de drenagem da área em estudo

Saneamento da Cidade de Maputo

O saneamento básico é o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais do abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, resíduos sólidos, drenagem e gestão de águas pluviais (Palhares et al., 2011).

Na Área Metropolitana de Maputo os serviços de saneamento baseiam-se, fundamentalmente, em sistemas de baixo custo, como latrinas e fossas sépticas, embora no centro da cidade (cidade de cimento), disponha de rede de coletores das águas residuais e pluviais.

O sistema de saneamento da Cidade de Maputo encontra-se envolvido pela rede de coletores que serve de forma combinada ao saneamento e a drenagem pluvial, compreendido pelos sistemas 1 a 4, onde maior parte funciona de forma gravítica,

descarregando por um lado na Baía de Maputo e por outra no rio Infulene (Engidro, Hidra, 2015).

Segundo o levantamento estatístico feito pela Engidro, Hidra, (2015), sobre o acesso a infra-estrutura de saneamento e tipo de saneamento utilizado (esvaziamento e transporte) por cada agregado familiar, dava conta que cerca de 9% tinham infra-estrutura ligado à rede dos esgotos; 33% utilizavam latrinas melhoradas; 37% utiliza latrinas ligadas a fossa séptica, e aproximadamente 20% não detinham acesso a nenhum tipo de infra-estrutura de saneamento, sendo representados pelos bairros na figura abaixo.

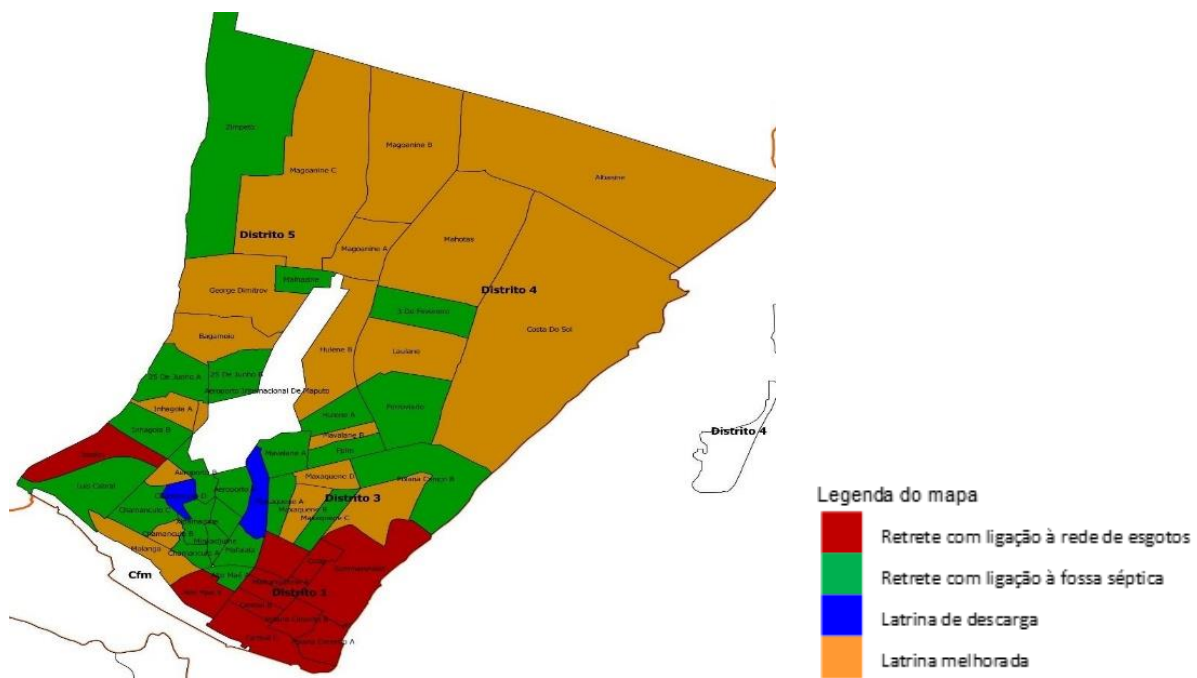


Figura 8: Principais soluções ou alternativas de saneamento utilizados em cada bairro da cidade de Maputo.

Fonte: Engidro, Hidra, (2015)

Sistema de drenagem da área de estudo

As redes de drenagem de águas residuais e pluviais da zona urbana do Município de Maputo, funcionam, na maioria das vezes, de forma interligada, constituindo-se em sistema “unitário”. Na zona urbana da Cidade de Maputo a maior parte das ruas têm instalados sistemas de tubos de dreno abaixo do passeio ou da faixa de rodagem. Já a zona semi-urbana é constituída de um sistema de dreno aberto, consistindo de drenos de linhas de concreto e drenos de terra que conduzem às saídas. Em alguns assentamentos informais quase não existe um sistema de drenagem pluvial, onde após

a ocorrência de precipitação significativas as águas são retidas nos pontos baixos durante várias horas ou mesmo dias.

De acordo com o Plano Director de Saneamento e Drenagem da Área Metropolitana de Maputo, a área de estudo encontra-se coberta pelo sistema 3, que engloba a Bacia A, excluindo a bacia A1, abrangendo toda área que drena para a vala A (Av. Joaquim Chissano) que corresponde cerca de 12,10 Km² (Maputo, 2021).

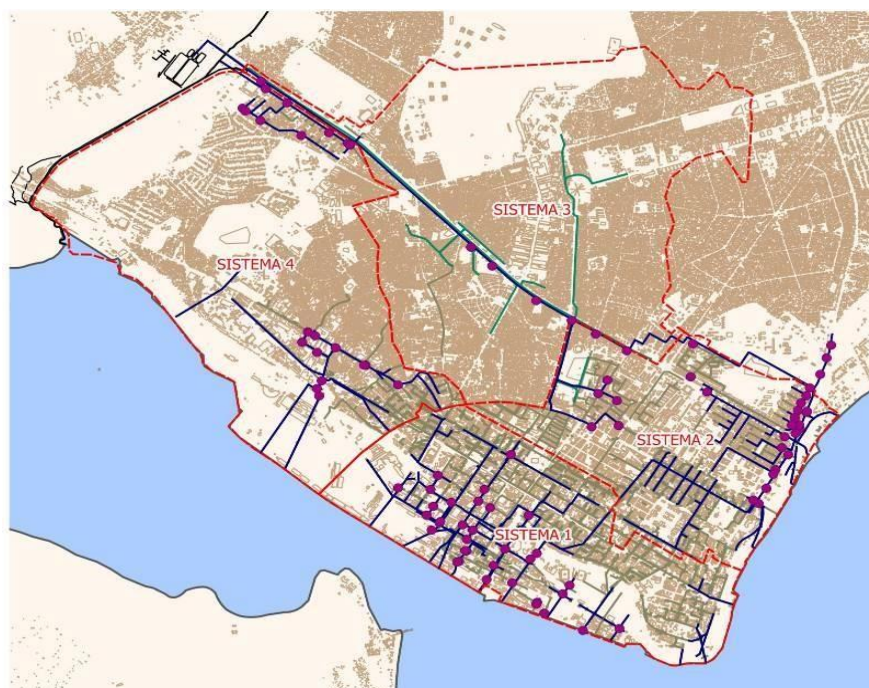


Figura 9: Sistemas de drenagem e principais infra-estruturas da Cidade de Maputo

Fonte: (Engidro, Hidra, 2015)

A principal infra-estrutura de drenagem pluvial do sistema 3 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.

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).

A vala principal da Av. Joaquim Chissano foi contruída entre 1982 e 1989, e entrou em funcionamento 1990. A vala possui uma extensão de 5.5km com início na Rua da Resistência até o vale do Infulene junto à Estação de Tratamento de Águas residuais, onde descarrega o caudal pluvial transportado directamente no rio Infulene.

A secção da vala é trapezoidal ao longo de grande parte da sua extensão, sendo que apenas no troço final a secção passa a ser rectangular, incrementando a sua capacidade de vazão de 40 m³/s para 70 m³/s. Ao longo dos últimos 600 metros (a jusante) existem várias quedas sucessivas, e no troço final a vala possui um descarregador (Cabrita et al., 2021). As quedas sucessivas apresentam um papel fundamental para a melhoria do oxigénio dissolvido na água.

No sistema 3 não existem colectores enterrados, sendo que toda população é servida por soluções locais de saneamento, como fossas sépticas e latrinas, o que difere do sistema 2 que possui um interceptor gravítico paralelamente a Av. Joaquim Chissano que transporta o caudal do sistema para à ETAR do Infulene.

3.2. Possíveis fontes de contaminação do sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene

O sistema de drenagem em estudo, encontra-se inserido na bacia do rio Infulene, onde a principal estrutura de drenagem pluvial é a vala A (ao longo da Avenida Joaquim Chissano) que recebe afluentes através de um grupo de valas secundárias de macrodrenagem de vários bairros da cidade de Maputo (AIAS, 2016).

Com vista a avaliar as possíveis fontes de contaminação do sistema de drenagem, foram realizadas visitas de campo que incluíram observações directas, onde durante as actividades foi possível constatar:

i: Assoreamento das valas

A maior parte dos canais principais do município encontram-se assoreados (Figura 10), dificultando dessa forma, o escoamento das águas, principalmente em situações de chuvas muito intensas, criando assim pontos de crescimento microbiano. Durante as visitas de campo, verificaram-se actividades de limpeza apenas na vala A (Av. Joaquim Chissano) pelo Sector de Saneamento da Direcção Municipal de Infra-estruturas Urbanas do Conselho Municipal de Maputo.



Figura 10: a) Chamanculo; b) Xipamanine; c) Av. Acordos de Lusaka

Fonte: Autor

ii: Canalizações clandestinas de esgotos sanitários

Em relação as ligações clandestinas de esgotos domésticos, os bairros Chamanculo e Mafalala foram os que mais apresentaram casos de ligações indevidas a rede de drenagem pluvial, transportando águas negras contendo microorganismos. As razões por de trás desta prática estão relacionados ao facto destes bairros encontrarem-se em áreas com maiores assentamentos informais, onde não há acesso a um saneamento seguro e pela falta de coletores de águas residuas domesticas, alguns residentes destes bairros canalizam as águas negras para as valas de drenagem pluvial, provocando não só a contaminação microbiológica, mas também um mau cheiro.



Figura 11: a) Bairro de Mafalala; Bairro de Chamanculo D.

Fonte: Autor

iii: Lançamento de efluentes domésticos nas valas de drenagem

Uma vez que a maior parte da população servida pelo sistema 3 vive em assentamentos informal (MAPUTO, 2021), os residentes recorrem ao lançamento das águas residuais domésticas directamente nas valas de drenagem pluvial, conforme mostra a figura 12. Além disso, observou-se também que em alguns bairros abrangidos pelo sistema 3, as actividades de *Car wash* são desenvolvidas próximo as valas de drenagem, o que influencia directamente na qualidade desta água uma vez que no processo da lavagem dos carros são usados vários detergentes.



Figura 12: Bairro da Mafalala (a); Bairro unidade 7 (b)

Fonte: Autor

iv: Resíduos Sólidos

Durante as campanhas de visita foi possível notar uma deficiência na gestão dos resíduos sólidos, tendo sido observado em quase todas as valas de drenagem, resíduos sólidos espalhados, e que em alguns pontos condicionavam a disponibilidade do funcionamento do sistema de drenagem que nele estavam depositados. Um caso particular da problemática da gestão dos resíduos sólidos foi observado no ponto 2 entre a segunda e a terceira campanha de visita, tendo sido encontrado na segunda campanha um acúmulo de resíduos sólidos e machas de óleos, e 2 dias depois (terceira campanha de visita) estes teriam sido arrastados até o descarregador devido ocorrência de precipitação verificada nas primeiras horas do dia, tal como mostra a figura 13b.



Figura 13: Dia sem chuva (a), dia chuvoso (b)

Fonte: Autor

3.3. Materiais e métodos

3.3.1. Materiais

a) O trabalho de campo foi desenvolvido com recurso a seguintes materiais:

- Luvas de latex;
- Garrafa plástica para armazenamento de amostras;
- Frasco colector;
- Marcador permanente, para rotular as amostras;
- Uma sonda Trace 20-AQUAMETER para medir os parâmetros de campo (temperatura, pH, oxigénio dissolvido, condutividade eléctrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade);
- Bloco de notas para registrar as observações visuais;
- Caixa térmica (Colman).

b) Para as análises laboratoriais foram necessários os seguintes materiais e equipamentos:

- Luvas de latex;
- Bata de laboratório;
- Uma geleira para a conservação das amostras;
- Um temporizador;
- Uma estufa para esterilização dos materiais;
- Duas incubadoras (uma para a determinação de DBO e a outra para as placas de determinação de coliformes);

- Uma sonda Trace 2O-AQUAMETER;
- Um bloco de gestão ou reactor (Stuart SBH200D Block Heater);
- Um espectrofotómetro Hach DR3900;
- Micropipetas de capacidade máxima de 1000 μ l;
- Uma lâmpada ultravioleta (UV);
- Um Quanti-Tray Sealer PLUS – IDEXX;
- Um banho Maria;
- Garrafas com volume médio de 291 ml para conservar as soluções durante 5 dias.

3.3.2. Métodos

A realização do presente trabalho consistiu primeiramente por uma busca sistemática da bibliografia existente referente as áreas de sistemas de drenagem urbana e qualidade da água em cursos urbanos, onde foram consultados manuais, livros, artigos científicos, relatórios, dissertações e páginas da internet. Posteriormente a revisão literária seguiu-se com o trabalho de campo, ensaios laboratoriais e por fim análise dos dados obtidos.

a) Trabalho de campo

O trabalho de campo consistiu primeiramente na selecção dos pontos de amostragem com base nas contribuições de entrada na vala de drenagem em estudo, de montante para jusante, com recurso ao software Quantum GIS Desktop 3.10.13. Nos pontos amostrais efectuaram-se medições de parâmetros de campo e coleta de amostras para análises em laboratório. O trabalho de campo foi realizado em três (3) campanhas de visita, das quais duas foram efectuadas em dias sem chuva e a última em um dia de chuva, com vista a comparar os resultados obtidos nos dois cenários durante o período seco.

Tabela 6: Identificação dos pontos de coleta.

Pontos	Descrição	Latitude	Longitude
P1	Av. Acordos de Lusaka/Av. J. Chissano	-25,94710	32,57920
P2	Av. Acordos de Lusaka/Av. J. Chissano	-25,94753	32,57878
P3	Exutório do bairro Maxaquene A	-25,93664	32,57944
P4	Av. Angola/Av. J. Chissano	-25,94386	32,57291
P5	Av. Angola/Mafalala	-25,94534	32,57248
P6	Exutório do Xipamanine/Chamanculo D	-25,93845	32,56677
P7	Exutório do Aeroporto A, B/Urbanização	-25,93806	32,56720
P8	Xipamanine: Conduta	-25,93939	32,56372
P9	Xipamanine: Canal principal	-25,93940	32,56374
P10	Vale do Infulene (escadas hidráulicas)	-25,92182	32,54595
P11	Exutório do bairro Jardim	-25,92189	32,54602
P12	Descarregador (vale do Infulene)	-25,92071	32,54456
P13	Conduta da fábrica de cerveja	-25,92099	32,54320

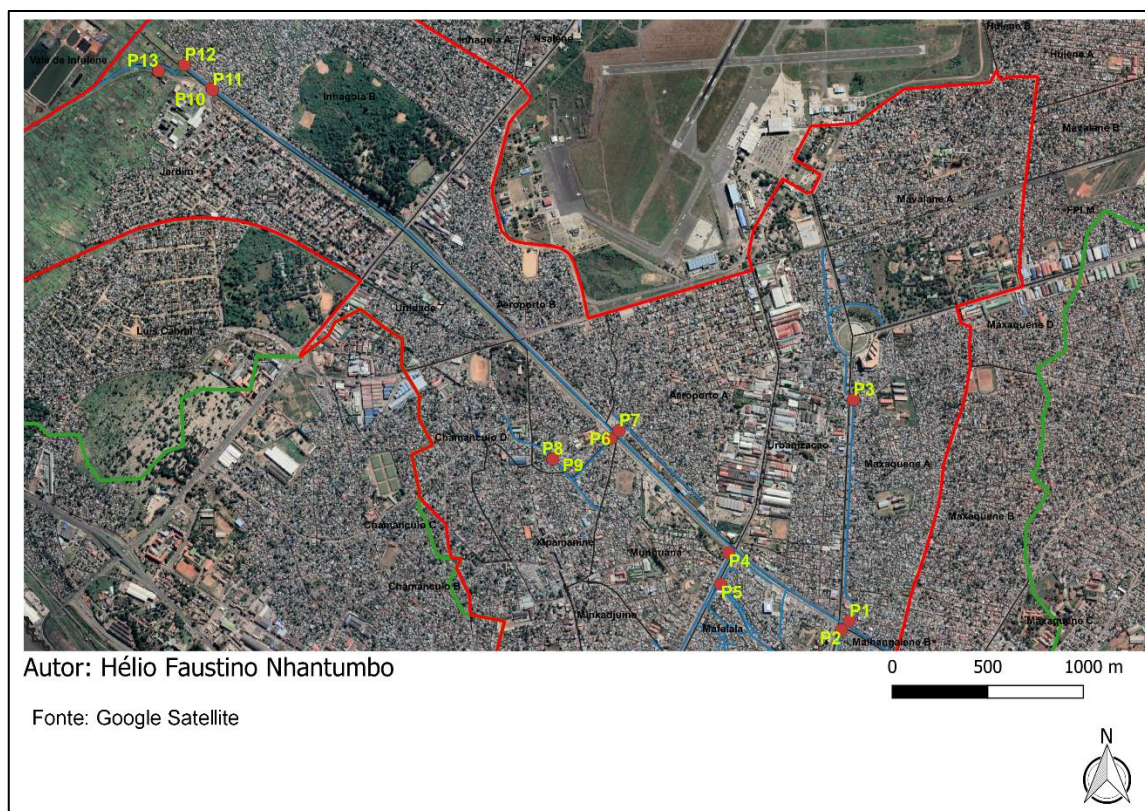


Figura 14: Mapa de localização dos pontos de amostragem.

Fonte: Elaborado pelo autor

Medição de parâmetros de campo

A medição dos parâmetros de campo foi feita a partir da introdução de eléctrodos das sondas do Multiparâmetro Hach HQ40d no amostrador que antes era ambientado com a água do local onde era colectada a amostra para análise como mostra a figura 15. Os parâmetros determinados no campo foram temperatura, pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e a condutividade eléctrica.



Figura 15: Medição dos parâmetros de campo.

Amostragem e conservação de amostras

Em cada campanha de visita foram coletadas 13 amostras e conservadas em uma caixa térmica (Colman) com material de refrigeração e transportadas para o Laboratório de Hidráulica Sanitária do Departamento da Engenharia Civil e o Laboratório de água do Departamento de Engenharia Química para ensaios químicos e biológicos, respectivamente. No processo da coleta de amostras nem sempre era possível coletar as amostras directamente na vala de drenagem, tendo recorrido nestas circunstâncias o uso do amostrador amarrado a uma corda e em seguida introduzido a amostra no recipiente plástico que era antes ambientado pela água coletada no ponto.

b) Análises em Laboratório

As amostras coletadas no campo foram analisadas no laboratório de Hidráulica Sanitária no Departamento da Engenharia Civil e no laboratório de águas do Departamento de Engenharia Química (FEUEM), onde determinaram-se os parâmetros químicos e biológicos para a caracterização da qualidade da água no sistema de drenagem em estudo. Os parâmetros químicos (fosfatos, nitratos, DQO e DBO) foram determinados no

laboratório de Hidráulica Sanitária seguindo os procedimentos experimentais do manual *Standard Methods for the Examination of water and wastewater* (APHA, AWWA & WEF, 2017) e lidos no espectrofotómetro Hach DR3900. Os coliformes totais e fecais (*E – scherichiacoli*) foram determinados pelo teste Colilert-18 de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante. No anexo 1, encontra-se detalhados os procedimentos experimentais usado para a determinação dos parâmetros supracitados.

4. Análise e discussão de resultados

No âmbito do projecto de pesquisa para determinação da qualidade microbiológica da água, foram realizadas três campanhas de colectas, sendo a primeira no dia 13/05/2022, a segunda no dia 20/07/2022 e a última no dia 22/07/2022 durante o período seco. Os dias colecta variaram entre dias de sem chuva e dia sem chuva.

De modo a determinar o estado da qualidade de água do sistema de drenagem da área em estudo, foi feita uma comparação dos valores obtidos com os valores máximos estabelecidos no Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição e de Drenagem das Águas Residuais juntamente com análise da possibilidade do uso deste efluente para reuso agrícola pelo Decreto nº 18/2004 de 2 de junho, visto que a jusante da Vala Principal (Av. Joaquim Chissano), o corpo receptor é usado para irrigação de cultivos.

Temperatura da água

Em relação a temperatura da água, houve uma variação média de $22,7 \pm 0,65$ a $26,7 \pm 1,60$, onde as temperaturas mais baixas verificaram-se na terceira campanha (22/07/2022 – dia de chuva). As variações podem ser explicadas pelo facto da pesquisa ter sido realizada durante a estação seca do ano, o que é condizente com os dados de temperatura obtidos pela Estação Meteorológica de Mavalane. Os dados obtidos para temperatura são apresentados na figura 16.

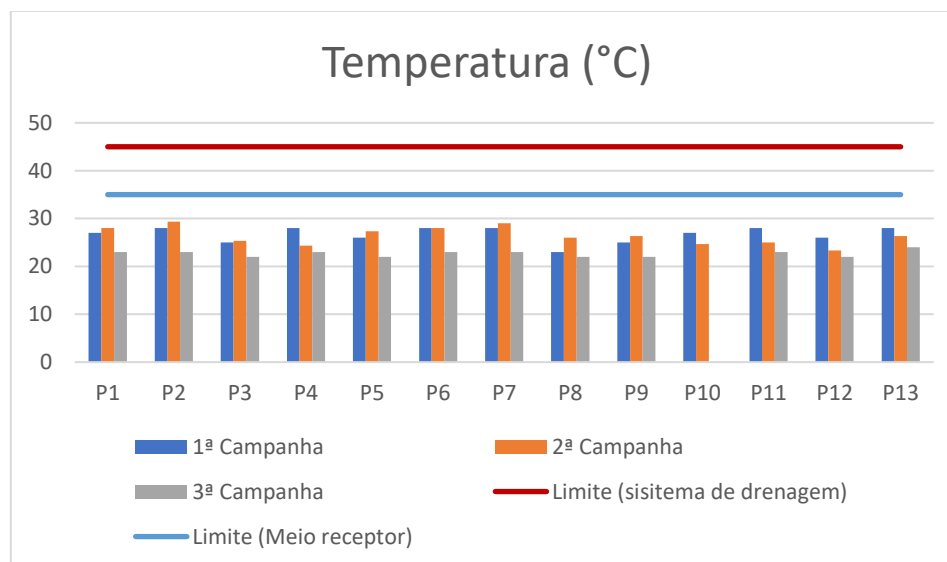


Figura 16: Valores obtidos para temperatura.

Os valores encontrados para temperatura, em todos pontos, atendem os limites recomendados pelo Decreto n.º 30/2003 1 de julho, tanto para as descargas no sistema de drenagem, assim como para o meio receptor.

pH

Os resultados de pH são apresentados na figura 17, onde é possível notar que a partir da segunda campanha os valores começaram a decair ligeiramente, com excepção dos pontos 1, 3 e 4.

O Decreto n.º 30/2003, estabelece que os valores de pH nas descargas de águas residuais domésticas e industriais na rede de colectores devem variar de 6 (limite inferior) a 9 (limite superior), e sendo assim os valores obtidos para pH encontram-se dentro do intervalo recomendado pelo decreto.

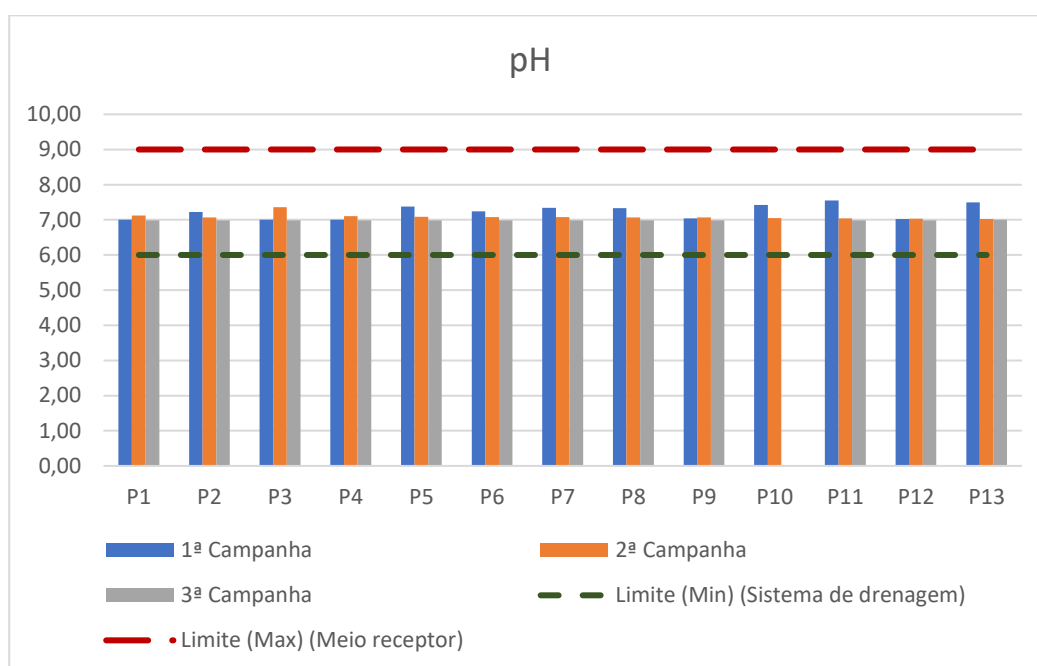


Figura 17: Valores obtidos de pH.

Conductividade elétrica (EC)

As oscilações na condutividade da água, ainda que não causem danos imediatos ao ser humano, podem indicar tanto uma contaminação do meio aquático por efluentes industriais como o assoreamento acelerado de rios (Lôndero e Garcia, 2010 *apud* Costa et al., 2015). Em todos pontos amostrais, com excepção do ponto 13, os valores encontram-se abaixo dos limites classificados como de baixo risco para rega de acordo com o decreto nº 18/2004 de 2 de junho. Contudo para o ponto 13 (correspondente a fábrica de cerveja), o valor encontrado na terceira campanha (dia chuvoso), atingiu um nível classificado como de alto risco para a rega, podendo causar de leve as mais graves queimaduras nas folhas das plantas, dependendo da sensibilidade destas aos sais (Ayers, R. S., Westcot, 1985).

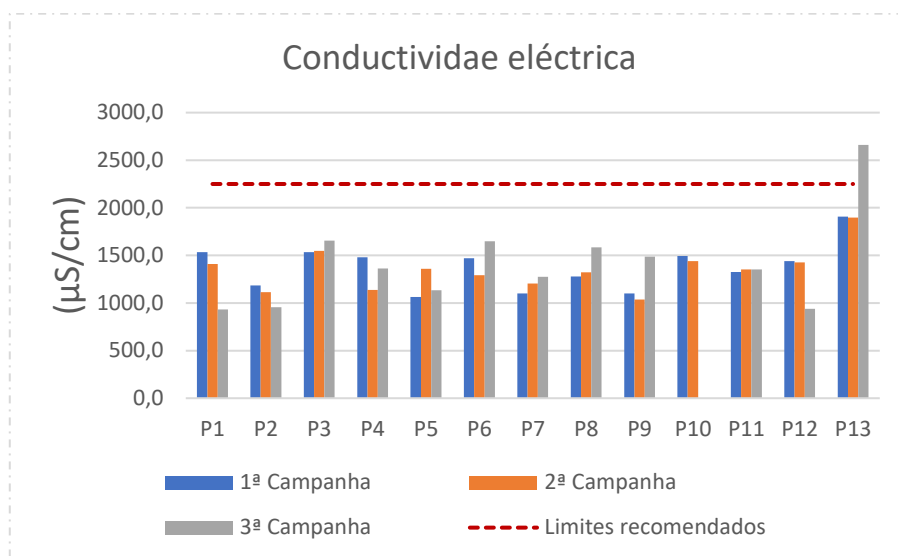


Figura 18: Valores obtidos de condutividade eléctrica (EC)

Sólidos totais dissolvidos (TDS)

Durante as três campanhas de vista os valores de sólidos totais dissolvidos (Figura 19 (a)) apresentaram uma variação média de $651,8 \pm 102,58$ a $682,6 \pm 220,71$. A figura 19 (b) ilustra a relação existente entre TDS e CE, onde é possível observar que à medida que os valores de CE aumentam a concentração de sais dissolvidos também aumenta.

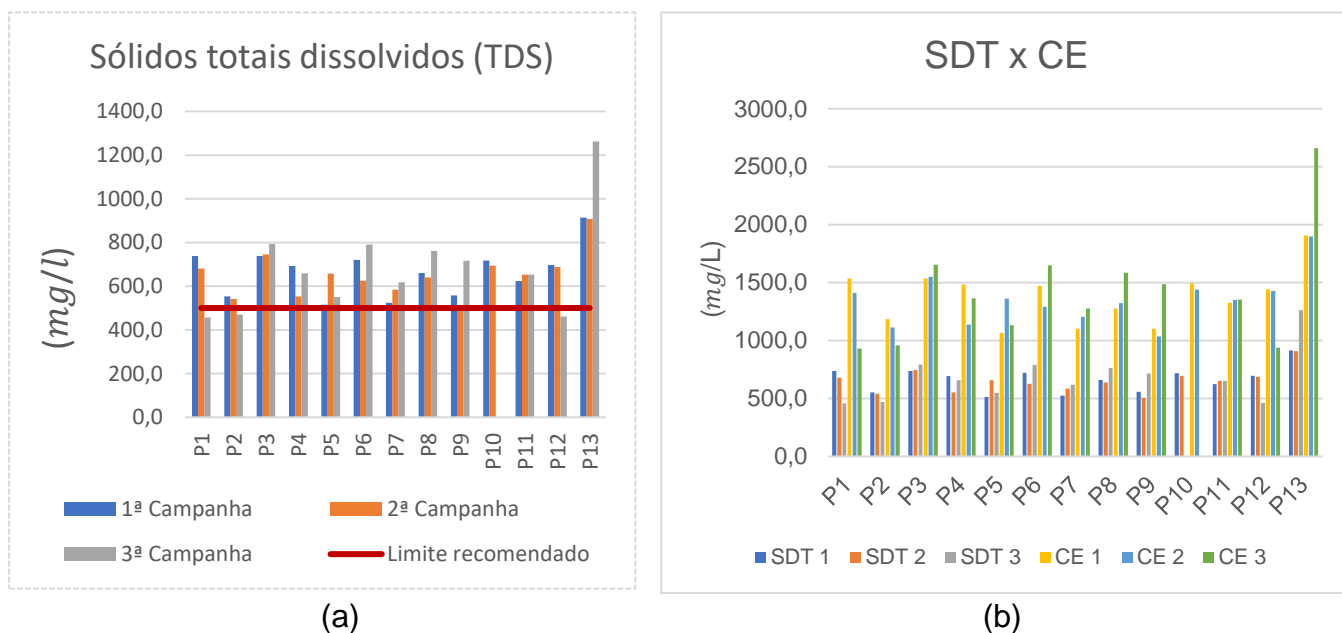


Figura 19: Valores obtidos de sólidos totais dissolvidos TDS (a); Relação entre sólidos totais dissolvidos (TDS) e Condutividade eléctrica (EC) (b).

Assumindo o limite recomendado pelo Decreto nº 18/2004 para fins de irrigação, os valores de sólidos totais dissolvidos (SDT) em quase todos pontos, com exceção do ponto 1, 2 e 12 (3ª Campanha), não atendem o limite (500 mg/L). Em alguns pontos

observou-se uma redução na concentração de sólidos dissolvidos no dia chuvoso. A razão deste comportamento adverso pode estar ligada a ocorrência de precipitação neste dia, uma vez que com o rápido escoamento as águas possuem menor tempo de residência.

Oxigênio dissolvido (DO)

Em termos de solubilidade, o DO varia com altitude e temperatura e ao nível do mar, na temperatura de 20 °C, a sua concentração de saturação é igual a 9,2 mg/l, sendo que valores bem inferiores a esse indiquem presença de matéria orgânica (provavelmente esgoto) (Sperling, 1996). Com base nessa afirmação é possível observar que as concentrações obtidas de oxigênio dissolvido na água, apresentados na figura 20, indicam uma fonte de contaminação por esgotos domésticos dos bairros a montante. O valor mais baixo encontrado de DO (0,74 mg/L) foi observado no ponto 5 (3ª Campanha), tendo sido provavelmente influenciado pelo escoamento superficial verificado nesse dia de chuva. É possível também, notar que o padrão de DO vem melhorando de montante para jusante devido à reaeração decorrente de quedas sucessivas de água ao longo dos últimos 600 metros (a jusante) da vala principal onde encontra-se no final um descarregador. A concentração de oxigênio encontrado em alguns pontos, como os pontos 5, 6, 9 e 13 não satisfazem o limite máximo admissível (5 mg/L, 20°C) de acordo com o decreto nº 18/2004 de 2 de junho.

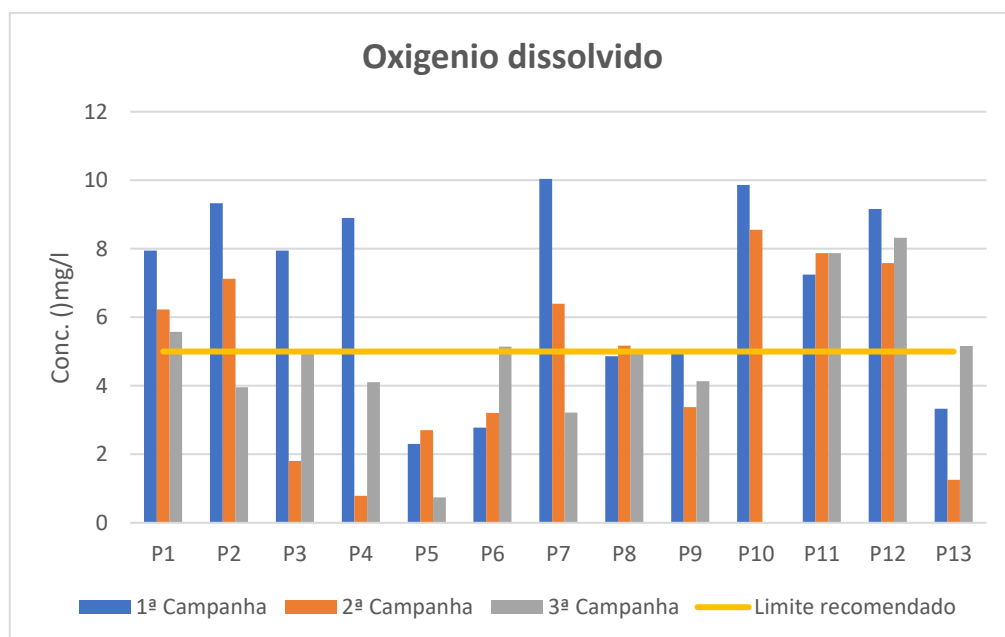
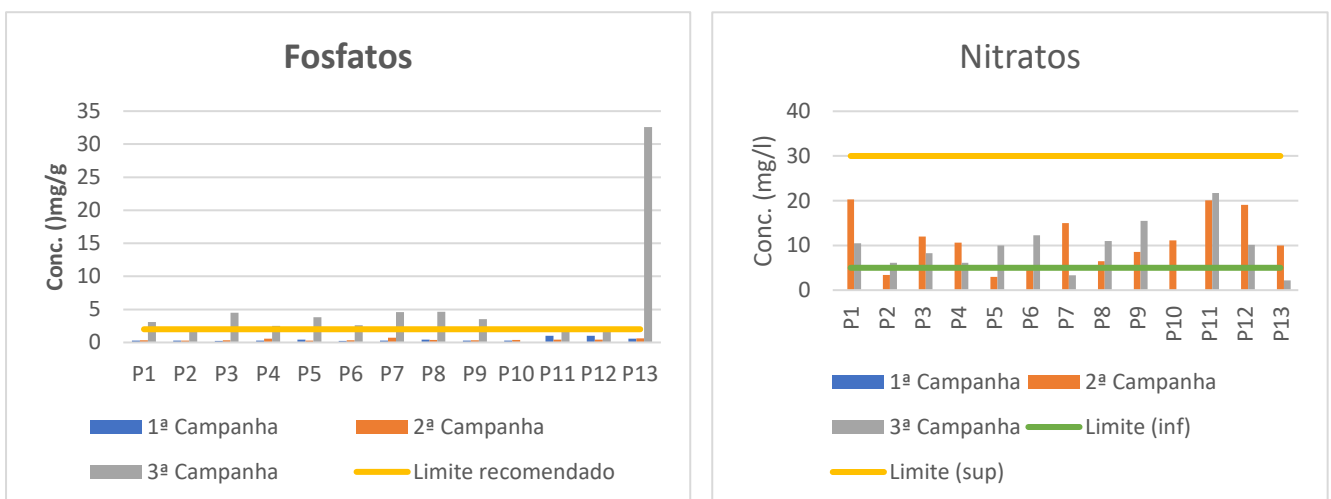


Figura 20: Concentrações de oxigênio dissolvido na água.

Nutrientes (Fosfatos e Nitratos)

As concentrações obtidas para fosfatos apresentaram um comportamento crescente durante as campanhas de visita em cada ponto em análise, tendo sido observado os maiores aumentos na terceira campanha. Facto que pode estar relacionado com a precipitação que ocorreu nesse dia, permitindo o arraste de fertilizantes e outras partículas, contaminando o sistema de drenagem e consequentemente o meio receptor. Com base no Decreto nº 18/2004 de 2 de junho, que regula a qualidade da água para fins de irrigação, os valores obtidos na terceira campanha, com excepção do ponto 11 e 12 estão a acima do limite recomendado pelo decreto.

Das amostras colectadas foram também analisadas as concentrações de nitrogénio na forma de nitrato (NO_3^-), onde foram observados valores dentro dos limites admissíveis para rega (5 - 30 mg/L) de acordo com o Decreto nº 18/2004 de 2 de junho. A origem de excessos de nitrogénio na água está normalmente associado ao lançamento doméstica e industrial, excremento de animais e uso de fertilizantes (Borges, 2021).



(a) (b)
Figura 21: Valores obtidos de Fosfatos (a) e Nitratos (b).

Demanda química de oxigénio (DQO)

Em relação as descargas de águas residuais domésticas e industriais em sistemas de drenagem, os valores obtidos para DQO nas três campanhas, com excepção do ponto 13 (na terceira campanha), encontram-se abaixo do valor máximo admissível (2000 mg/LO₂) pelo decreto nº 30/2003 de 1 de julho. Relativamente as descargas no meio receptor, o decreto supracitado estabelece um limite máximo de 150 mg/LO₂, e com base nos resultados encontrados no ponto 13, correspondente a fábrica de cerveja observou-

se que é a que mais polue o rio, tendo em conta que esta descarrega directamente no rio Infulene (meio receptor).

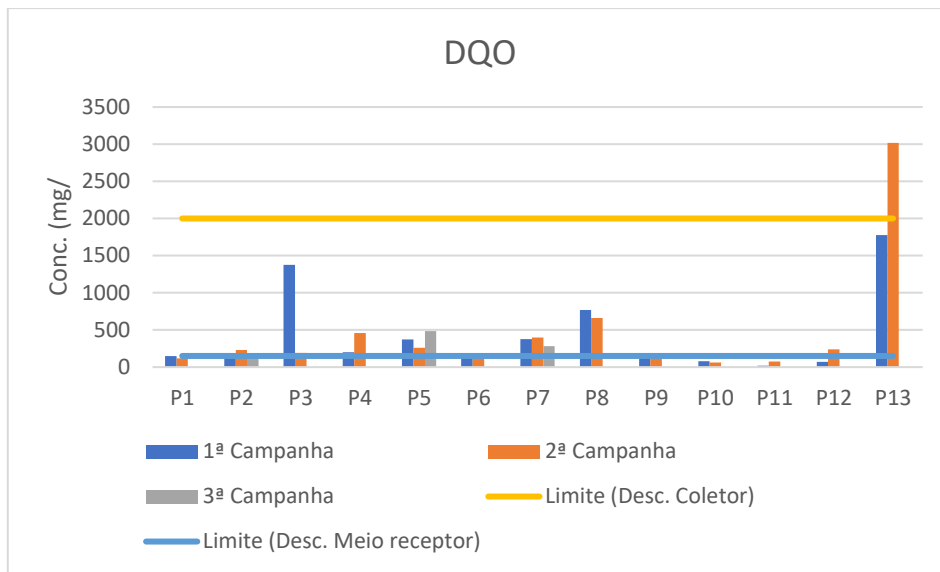


Figura 22: Concentrações de DQO.

Demanda bioquímica de oxigénio (DBO)

A figura 19, mostra variações nas concentrações da demanda bioquímica de oxigénio (DBO), que apresenta valores que variam entre 12,31 a 849,22 mg/l. Em relação as descargas de efluentes tanto no sistema de drenagem como no meio receptor, o decreto 30/2003 não estabelece padrões de emissão para DBO, mas para o caso de emissões de efluentes industriais o decreto 18/2004 de 2 de junho define um limite máximo (30 mg/l) para indústria cervejeira, e com base neste limite o ponto 13, correspondente a fabrica de cerveja não satisfaz o limite recomendado pelo decreto acima citado.

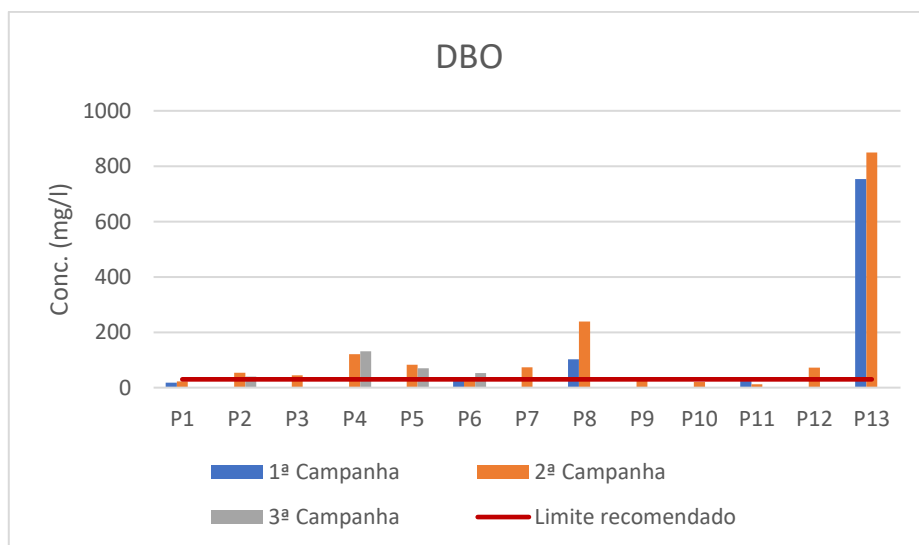


Figura 23: Concentrações de DBO.

E – scherichiacoli (E. coli)

Os valores obtidos para E.col (varia entre valores $<1 \cdot 10^3$ a $9,87E+07$ MPN/100m) em todas campanhas apontam para uma possível contaminação por esgotos sanitários no sistema de drenagem, conforme mostra a figura 24. Esses resultados encontram-se dentro de valores encontrados por algumas pesquisas de qualidade das águas em corpos hídricos urbanos (residencial), como os resultados mostrados por: Silva et al. (2007) com densidades de E.col de $6,9E+9$ NMP/100ml; Vasconcellos et al. (2006) com densidades de E.col de $2,3E+4$ NMP/100ml no período seco, e no período chuvoso apresentaram valores de densidade média de $1,7E+4$ NMP/100ml de E.col (Vieira, 2008). Além disso, os valores também se encontram dentro dos valores médios definidos por Metcalf & Eddy (1991) para características típicas de esgotos sanitários. A figura 26 apresenta uma visualização espacial da variação dos contaminantes microbiológicos no sistema de drenagem.

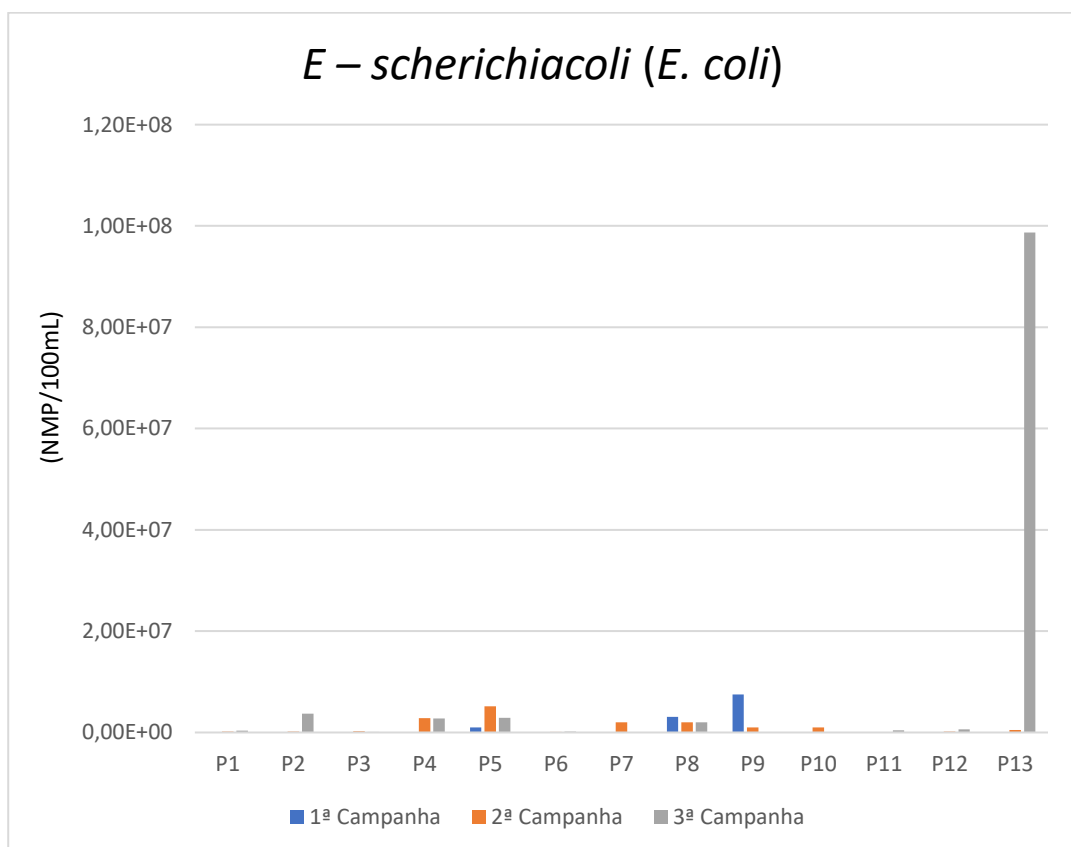


Figura 24: Valores obtidos para E. coli.

Coliformes totais (CT)

Ao longo do sistema de drenagem, observaram-se altas concentrações de coliformes totais (vide na figura 25), com maior destaque no exutório da fábrica de cerveja que apresentou concentrações em torno de 10^9 NMP/100 mL. Ao nível dos barros servidos

por este sistema de drenagem, também foram encontrados altos valores de CT, sendo Chamanculo D, Xipamanine, Minkadjuine, Mafalala e Aeroporto os bairros com maior contribuição de coliformes totais no sistema. Entretanto, estes altos valores podem estar relacionados ao facto deste sistema de drenagem estar inserido em uma área caracterizada por assentamento informal com saneamento muito precário.

A legislação Moçambicana não estabelece limites de coliformes totais para as descargas de efluentes domésticos em sistemas de drenagem, porem para fins de consumo humano, a World Health Organisation (2017) recomenda que não devem ser detetáveis em nenhuma amostra de 100 mL, ou seja o valor máximo admissível é 0/100 mL.

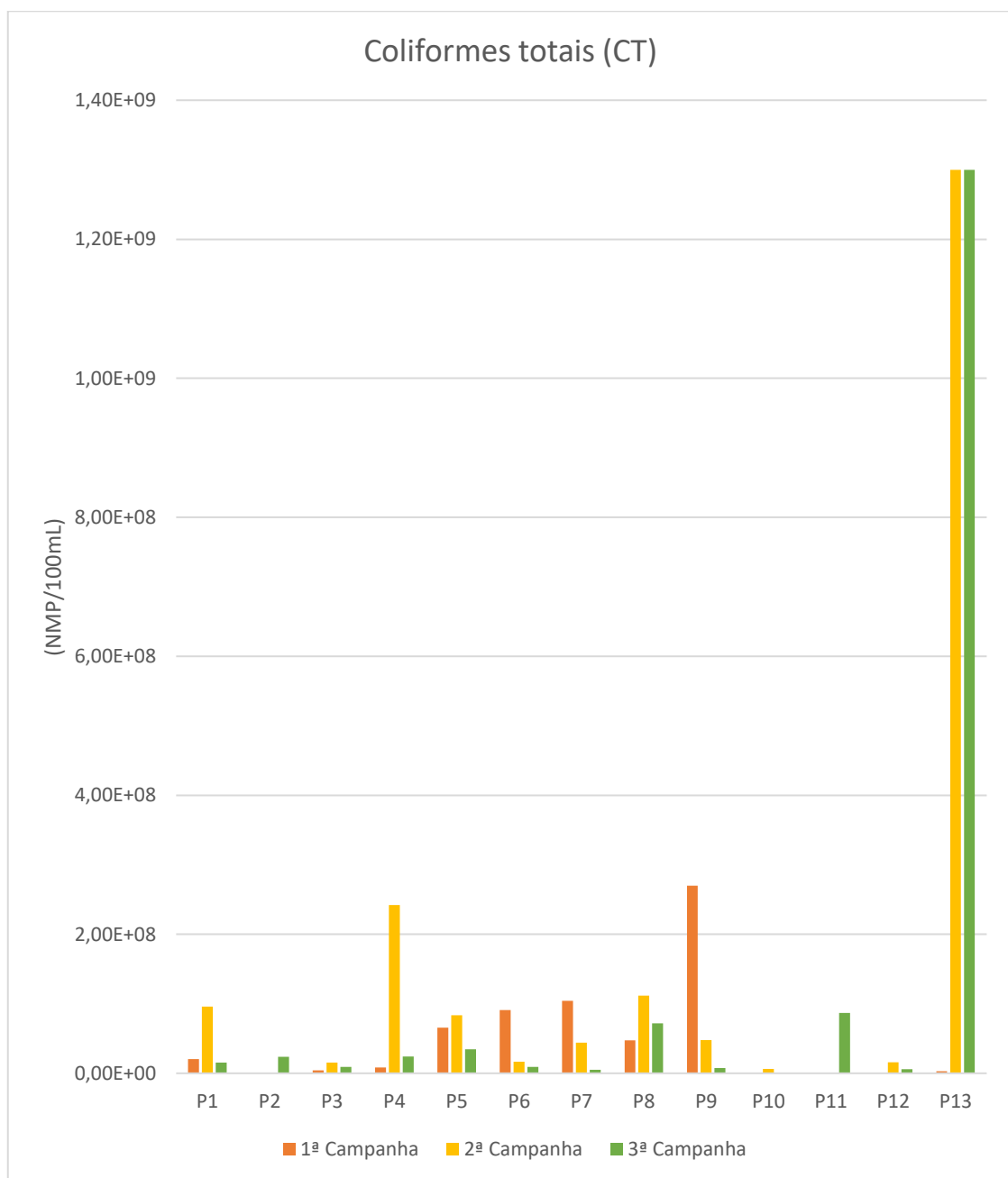


Figura 25: Valores obtidos para CT.

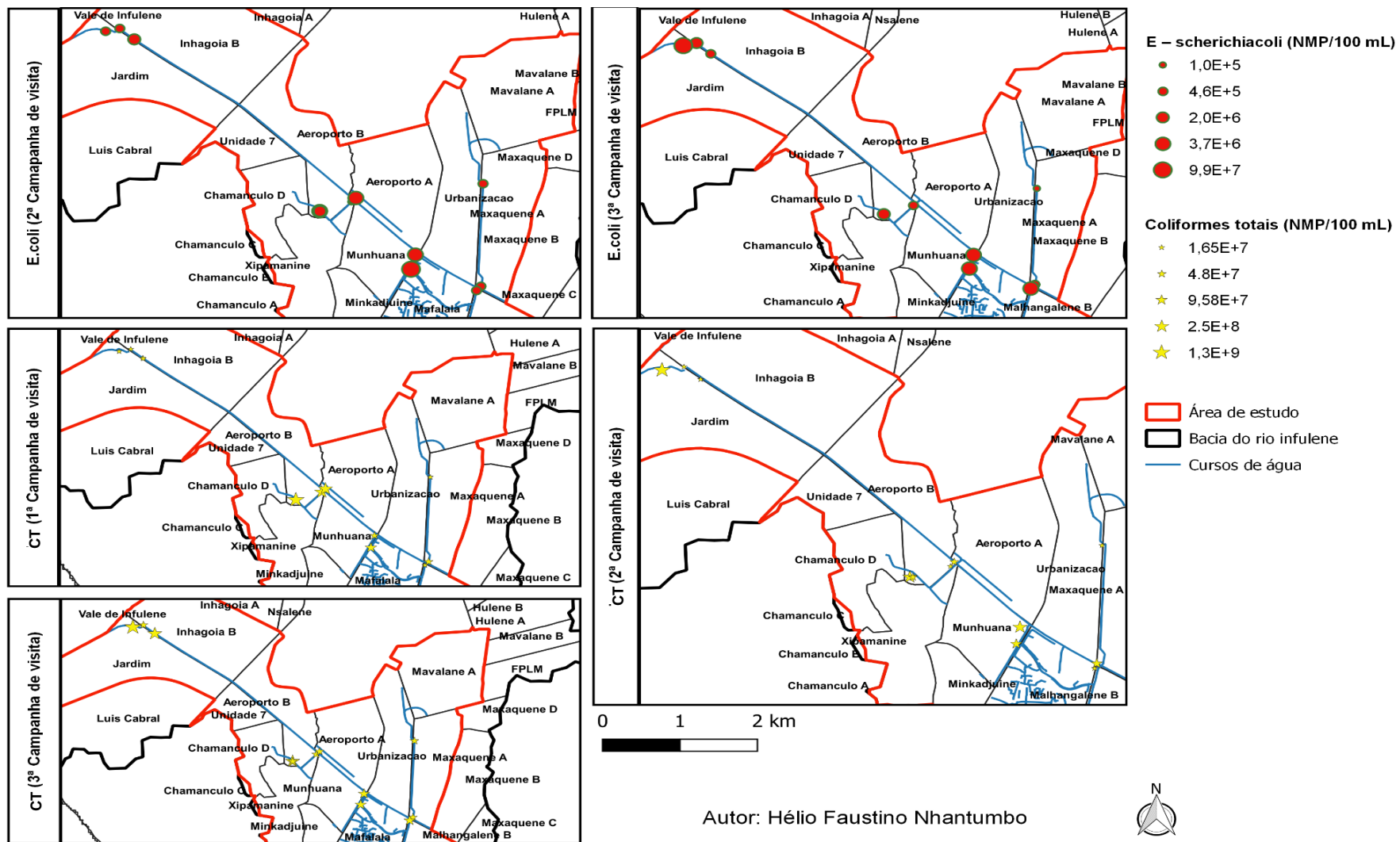


Figura 26: Visualização espacial de resultados de parâmetros Microbiológico.

5. Conclusões e recomendações

5.1. Conclusões

Fontes de poluição difusas e uma fonte de poluição pontual foram identificadas na secção da vala de drenagem estudada. A fonte de poluição pontual corresponde a fábrica cervejeira, e as fontes de poluição difusa são os assentamentos informais associadas ao sistema de saneamento deficiente.

Com base nos resultados das análises de água nos pontos selecionados para o estudo, a temperatura ($25,32 \pm 1,07$ °C), pH ($7,11 \pm 0,068$), condutividade eléctrica ($1382,5 \pm 269,0$ µS/cm), sólidos totais dissolvidos ($667,2 \pm 126,56$ mg/L) não apresentaram variações significativas. O oxigénio dissolvido ($5,59 \pm 2,13$ mg/L), concentrações de fosfatos ($2,017 \pm 2,80$ mg/L) e nitratos ($10,48 \pm 4,41$ mg/L), demanda química de oxigénio ($448,38 \pm 629,43$ mg/L) e a demanda bioquímica de oxigénio ($119,07 \pm 209,61$ mg/L) apresentam maiores variações, sendo alguns dos valores observados, fora dos limites recomendados. Os parâmetros biológicos, coliformes totais ($1,09 \times 10^8 \pm 2,30 \times 10^8$ NMP/100 mL) e E.coli ($5,21 \times 10^6 \pm 1,34 \times 10^7$ NMP/100 mL) apresentaram valores de até 10^9 NMP/100 mL e todas amostras analisadas foram positivas.

A principal fonte de contaminação microbiológica no sistema de drenagem da área em estudo é a influência de esgotos sanitários, através de ligações clandestinas identificadas ao longo do sistema, com destaque para os bairros Chamanculo D e Xipamanine que apresentam valores de coliformes totais entre (10^6 a 10^8 NMP/100 mL) e valores de E. Coli por volta de 10^6 NMP/100 mL. Por outro lado, a qualidade destas águas quando comparada aos valores médios típicos de esgotos sanitários, definidos por Metcalf & Eddy (1991), este corresponde a esgoto “fraco” a “médio”, o que significa que o sistema não funciona apenas para o escoamento das águas pluviais. Este facto compromete a qualidade da água do meio receptor, e por conseguinte coloca em risco a população.

5.2. Recomendações

Após a realização do trabalho, recomenda-se:

- Realização de análises semelhantes a estas durante todo ano meteorológico, para aferir como é que os parâmetros que caracterizam a água do sistema variam nas duas épocas (seca e húmida);

- Modelagem da qualidade da água do sistema de drenagem, de modo a acompanhar o transporte de contaminantes ao longo do sistema e auxiliar na tomada de decisão em questões de saúde pública e ambiental;
- A entidade responsável pela gestão do sistema de drenagem em estudo (Sector de saneamento da Direcção Municipal de Infra-Estruturas Urbanas do Conselho Municipal de Maputo), introduza um programa de fiscalização das ligações clandestinas, assim como o monitoramento da qualidade de água, de modo a planear devidamente as acções de mitigação da contaminação no sistema de drenagem e do meio receptor;
- Devido a quase inexistência de coletores de águas residuais na área em estudo, recomenda-se que o órgão que superintende da área de saneamento desenvolva um programa de financiamento para construção de fossas alternativas para cada habitação, com a finalidade de receber apenas águas que resultam do banho, lavagem das roupas e louça.

Referências bibliográficas

- AIAS. (2016). *Plano Director de Saneamento e Drenagem da área Metroponitania de Maputo - Estudo de viabilidade das soluções prioritárias.*
- Albuquerque, N. C. (2020). *Avaliação dos parâmetros físicos e químicos e da presença de metais traços em águas do rio gramame, pb.*
- APHA, A. & W. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23ª Edição). Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- ARA-Sul. (2010). *Bacia Hidrográfica do Rio Infulene.* [https://pt.wikipedia.org/wiki/Rio Infulene](https://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Infulene)
- Blumenthal, U. J., Mara, D. D., Peasey, A., Ruiz-palacios, G., & Stott, R. (2000). Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture : recommendations for revising WHO guidelines. *Bulletin of the World Health Organisation, July 2016, 1104–1116.* <https://doi.org/10.1590/S0042-96862000000900006>
- Borges, M. G. (2021). *Água e contaminantes químicos : avaliação da qualidade da água nos 5 municípios mais populosos do Rio Grande do Sul.*
- Botica, A. H. P. (2012). *Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas em Edifícios Engenharia Militar.*
- Burian, S. J., & Edwards, F. G. (2002). Historical perspectives of urban drainage. *Global Solutions for Urban Drainage, 40644*(September), 1–16. [https://doi.org/10.1061/40644\(2002\)284](https://doi.org/10.1061/40644(2002)284)
- Camelo, S. M. (2019). Modelagem da poluição difusa em sistemas de Macrodrenagem de bacias urbanas. In *Centro de Tecnologia e recurso Natural.* <https://doi.org/10.1037//0033-2909.126.1.78>
- Campbell, W. K., Bonacci, A. M., Shelton, J., Exline, J. J., & Bushman, B. J. (2004). Psychological Entitlement: Interpersonal Consequences and Validation of a Self-Report Measure. *Journal of Personality Assessment, 83*(1), 29–45. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa8301_04

- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota , Sediments and Water in Environmental Monitoring* (D. Chapman (ed.); Edition, S). behalf of WHO by F & FN Spon.
- Chibantão, G. V. G. (2012). *Controlo da Qualidade da Água do Rio Infulene para fins de Irrigação*.
- CMM. (2021a). *Projecto de Transformação Urbana de Maputo, Revitalização do Centro da Cidade de Maputo*.
- CMM. (2021b). *Projecto de Transformação urbana de Maputo. Melhoria integrada dos Assentamentos Informais* (Issue 1996).
- CMM & ANAC. (2017). *Plano de manejo da reserva biológica do parque ecológico de malhazine* (Vol. 70, Issue 2). <https://doi.org/10.1128/AEM.70.2.837-844.2004>
- Costa, I. A., Nogueira, F. F., & Pereira, U. A. (2015). *Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás*.
- DNA. (2005). *Drenagem das bacias “B” e “C” da Cidade de Maputo, 2ª fase*.
- Duarte, B. (2014). *Importância De Componentes Em Sistemas De Águas Residuais E Pluviais*. 155.
- Ellis, J. B., & Hvitved-Jacobsen, T. (1996). Urban drainage impacts on receiving waters. *Journal of Hydraulic Research*, 34(6), 771–783. <https://doi.org/10.1080/00221689609498449>
- Engidro, Hidra, A. (2015). *Plano Director de Saneamento e Drenagem da Área Metropolitana de Maputo. Análise da situação existente, Maputo e Marracuene*.
- EPA. (1998). *Stream Corridor Restoration – principles, processes and practices*.
- Godinho, J. H. M. C. e S. L. E. R. e S. P. M., & Monteiro, S. S. F. (2021). *Modelagem numérica da água de chuva*.
- Lourenço, R. (2014). *Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis*.
- Mahunguana, M. J. (2014). *Efeito da discretização espaço-temporal no manejo de águas pluviais*. 127.
- Melo, T. B. de. (2014). *Remoção de nitrato e fosfato presente em efluente sintético, por*

- meio do cultivo de chlorella vulgaris, com foco preliminar para produção de biodiesel.*
- Menezes, paulo henrique bretanha junker. (2010). *Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do lago Paranoá.*
- Metcalf & Eddy. (1991). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse* (4ª Edição).
- Miguel, F., & Machado, C. (2013). *Modelação Hidráulica de Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável.*
- Oliveira, J. B. De, Melo, J. G. De, Barbosa, A. do N., & Vaconcelos, M. B. (2008). Gestão participativa das águas subterrâneas na área urbana e peri-urbana. *XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 84.*
- Palhares, K. H., Duarte, N. F., & Carvalho, G. W. de A. (2011). Comparação dos sistemas de gestão e legislações de saneamento na França , Estados Unidos e Brasil. / *Seminário Dos Estudantes de Pós Graduação Comparação, 1–5.*
- Paterniani, J. E. S., & Pinto, J. M. (2006). *Qualidade da água.* 195–253.
- Ramos, ricardo filipe da silva pereira. (2018). *Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de redução de afluências indevidas em rede de saneamento.*
- Ramos, A. D. S., Oliveira, V. D. P. S. de, & Araújo, T. M. de R. (2019). Qualidade da água: parâmetros e métodos mais utilizados para análise de água de recursos hídricos superficiais. *Holos Environment, 19(2), 205.*
<https://doi.org/10.14295/holos.v19i2.12315>
- Rocha, N. (2013). *Planejamento urbano da bacia do córrego samambaia (Goiânia - Go) utilizando o swmm – storm water management model.* 0–90.
- Sperling, M. Von. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* (2ª Edição, Vol. 1). Belo Horizonte.
- Tarras, M. J., Greenberg, A. E., Hoak, R. D., Rand, M. C. (1971). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (13ª Editio). American Public Health Association 1015 Eighteenth street.
- Toledo, L. Q. L. L. (2019). *Análise preliminar da qualidade e quantidade da água do ribeirão das rosas em juiz de fora- mg.*

- Tolentino, R. A. (2018). *Análise da geração de escoamento superficial de um condomínio residencial no df.*
- Torcatto, A. P. O. (2019). *Simulação Dinâmica do Desempenho de Sistemas de Saneamento.*
- Tucci, C. E. M. (1993). *Controle de Enchentes. In: Hidrologia Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH.*
- Tucci, C. E. M. (2008). Águas urbanas. *Estudos Avançados*, 22(63 SE-), 97–112. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>
- Tucci, C. E. M., & Bertoni, J. C. (2003). *Inundações urbanas na América do Sul* (C. A. O. Campos & M. F. W. Ferreira (eds.); 1ª Edição). Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- Tucci, C. E. M., & Bidone, F. (1995). Microdrenagem. In *Água no meio urbano*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Pesquisas Hidráulicas.
- United Nations. (2022). World Population Prospects 2022. In *World Population Prospects*. Department of Economic and Social Affairs. <https://doi.org/10.18356/cd7acf62-en>
- Vasco, J. R. J. (2016). *Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável.*
- VIEIRA, I. L. S. (2014). *Análise de Bacias de Retenção.*
- Vieira, P. de C. (2008). *Avaliação das condições de qualidade da água em tempo seco e durante eventos de chuvas em uma microbacia urbanizada no município de Belo Horizonte.*
- World Health Organisation. (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality: Incorporating the First Addendum* (4th ed.).

ANEXOS

A. Anexo 1: Procedimentos experimentais

A - 1: Fosfatos (PO_3^{3-})

Materiais

- Espectrofotômetro (Hach DR3900): para a leitura de fosfato;
- Temporizador: para melhor controle do tempo necessário para a reação ocorrer;
- Cubetas: marcados com volume de 10 mL;
- Pipetas graduadas de 5 mL;
- Tubos de ensaio;
- Proveta graduada.

Reagentes

Para este experimento foram usados reagentes de fosfatos da marca Hash PhosVer 3 para 10 mL de amostra.

Procedimentos

- a) Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para que se obtenha melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.
- b) Ligou-se o Espectrofotômetro (Hach DR3900) e recorreu-se ao programa armazenado (P react Pv 2,50 mg/L).
- c) Numa grelha de tubos de ensaio, colocaram-se tubos de ensaio para a realização da experiência e foram rotulados para melhor identificação. Depois disso, mediu-se 10 mL da amostra em uma proveta e transferiu-se para o devido tubo de ensaio. Nesta fase preparou-se também o “branco” para cada ponto de amostragem, colocando-se 10 mL da amostra na cubeta (10mL) que será usada para zerar antes da medição do fosfato.
- d) Em seguida, adicionou-se uma saqueta do reagente PhosVer 3 no tubo de ensaio, tendo sido notado uma coloração azul nas amostras que possuíam fosforo após adição do reagente. Em seguida fechou-se o tubo de ensaio imediatamente e agitou-se, no sentido de cima para baixo, na vertical, por 20-30 segundos. Depois da agitação colocou-se o tubo de ensaio na grelha, onde deixou por 2 minutos (tempo necessário para que a reação possa ocorrer).

- e) Passados os 2 minutos marcados na etapa anterior, introduziu-se a solução (reagente + amostra) na segunda cubeta (10mL). Com o espectrofotômetro ligado e calibrado, introduziu-se primeiro o “branco” para zerar e de seguida colocou-se a cubeta com a solução (reagente + amostra) a para leitura da concentração do fosforo. Importa frisar que a cada introdução da cubeta no espectrofotômetro, o recipiente era limpo com um papel de laboratório

A - 2: Nitratos (NO_3^-)

Materiais

- Espectrofotômetro (Hach DR3900): para a leitura de nitratos;
- Temporizador: para melhor controle do tempo necessário para a reação ocorrer;
- Cubetas: marcados com volume de 10 mL;
- Pipetas graduadas de 5 mL;
- Tubos de ensaio:
- Proveta graduada.

Reagentes

Para este experimento foram usados reagentes de nitratos da marca Hash NitraVer 5 para 10 mL de amostra

Procedimentos

- a) Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.
- b) Ligou-se o Espectrofotômetro (Hach DR3900) e recorreu-se ao programa armazenado (361N Nitratos HR AV).
- c) Numa grelha de tubos de ensaio, colocaram-se tubos de ensaio para a realização da experiência e foram rotulados para melhor identificação. Depois disso, mediu-se 10 mL da amostra em uma proveta e transferiu-se para o devido tubo de ensaio. Nesta fase preparou-se também o “branco” para cada ponto de amostragem, colocando-se 10 mL da amostra na cubeta (10mL) que será usada para zerar antes da medição do nitrato.
- d) Adicionou-se uma saqueta do reagente NitraVer 5 no tubo de ensaio. Em seguida fechou-se o tubo de ensaio imediatamente e agitou-se, no sentido de cima para baixo, na vertical, por 20-30 segundos. Depois da agitação colocou-se o tubo de

ensaio na grelha, onde deixou por 5 minutos (tempo necessário para que a reação possa ocorrer).

- e) Cessado os 5 minutos marcados na etapa anterior, introduziu-se a solução (reagente + amostra) na segunda cubeta (10mL). Com o espectrofotômetro ligado e calibrado, introduziu-se primeiro o “branco” para zerar e em seguida colocou-se a cubeta com a solução (reagente + amostra) a para leitura da concentração do fosforo. Importa frisar que a cada introdução da cubeta no espectrofotômetro, o recipiente era antes limpadado com um papel de laboratório

A - 3: Demanda química de oxigênio (DQO)

Material

- Espectrofotômetro (Hach DR3900): para a leitura de DQO;
- Temporizador: para melhor controle do tempo necessário para a reação ocorrer;
- Cubetas: marcados com volume de 10 mL;
- Pipetas graduadas de 5 mL;
- Tubos de ensaio;
- Proveta graduada;
- Bloco de gestão ou reactor (Stuart SBH200D Block Heater).

Reagentes

Para este experimento foram usados reagentes da marca Hash, com solução de digestão para DQO.

Procedimentos

- a) Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de começar a experiência, uma vez que, para obter um melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.
- b) Antes de dar início a experiência, ligou-se o bloco de digestão e programou-se para atingir a temperatura de 150 °C (temperatura necessária para a reação ocorrer).
- c) Em uma grelha de tubos de ensaio, colocaram-se os tubos que continha a solução de digestão para DQO para a realização da experiência e rotulam-se para melhor controle.

- d) Em seguida preparou-se o “branco”, introduzindo-se por meio de uma pipeta 5 mL de água destilada na solução de digestão para DQO. O “branco” foi o mesmo para todos experimentos, já que se tratava do uso da água destilada para o preparo do mesmo.
- e) Depois disso, pipetou-se à um ângulo de aproximadamente 45°, 5 mL de cada amostra no devido tubo de ensaio. Agitou-se, na horizontal, de um lado para o outro formando uma semicircunferência. A agitação só cessava após redução da temperatura, uma vez que com a introdução da amostra na solução a temperatura aumenta rapidamente.
- f) Colocaram-se os tubos no reactor, já ligado e à temperatura prescrita no bloco de gestão, onde deixou-se por 2 horas (tempo necessário para a reação ocorrer).
- g) Após o termino do tempo marcado, desligou-se o reactor e cronometrou-se 20 minutos sem tirar os tubos no reactor, para que atingisse uma temperatura aproximada de 120 °C.
- h) Com os tubos já arrefecidos, prosseguiu-se com a leitura. Tendo primeiramente transferido as soluções para as cubetas usadas no espectrofotômetro. Para efectuar a leitura, primeiro introduziu se o “branco” no espectrofotômetro para zerar e em seguida introduzia-se a solução (reagente + amostra) para fazer a leitura de DQO. A cada introdução da cubeta no espectrofotômetro, o recipiente era antes limpo com um papel de laboratório.

A - 4: Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Material

- Garrafas de incubação: 250-300ml de capacidade, com tampa esmerilada. Limpe as garrafas com detergente, enxaguar bem, e drenar antes da utilização. Como precaução contra a tiragem de ar no frasco de diluição durante a incubação, usar selo de água.
- Incubadora de ar ou banho de água: programou-se a 20 ± 1 graus Celcius. Excluir toda a luz para evitar a possibilidade de produção de fotossintética de OD.
- Uma sonda Trace 2O-AQUAMETER: para medir o oxigênio dissolvido no primeiro e no quinto dia.

Reagentes

- Solução tampão de fosfato: dissolveu-se 8,5 g de KH_2PO_4 , 21,75 g de K_2HPO_4 , 33,4g de $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$, 1.7g de NH_4Cl e, em cerca de 500ml de água destilada e diluiu-se a 1L. o pH deverá ser de 7,2 sem ajustamento adicional. Descarta reagente (ou quaisquer seguintes reagentes) se não houver quaisquer sinais de crescimento biológico na garrafa de reserva.
- Solução de sulfato de magnésio: dissolveu-se 22,5g de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ em água destilada e diluiu-se a 1L.
- Solução de cloreto de cálcio: dissolveu-se 22,5 g de $CaCl_2$ em água destilada e diluiu-se em 1L.
- Solução de cloreto de ferro: dissolveu-se 0,25g de $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ em água destilada e diluiu-se em 1L.

Procedimento

- a) Ajuste de temperatura das amostras e do ambiente: antes de iniciar a experiência, é importante assegurar que tanto as amostras assim como o ambiente estejam uma temperatura de 20 ± 1 °C portanto, tirou-se as amostras da incubação e condicionou-se o ambiente à temperatura desejada. O controle da temperatura foi feito com ajuda de um termômetro.
- b) Preparação da água de diluição: adicionou-se no frasco adequado 1 L e adicionou-se 1ml de cada solução tampão de fosfatos, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCl_2$ e solução de $FeCl_3 \cdot 6H_2O$.
- c) Com base na correlação entre DBO e DQO (Equação 1), determinou-se o Volume da amostra (V_a) através da equação 2.
- d) Determinado o volume da amostra, preparou-se diluições diretamente em garrafas de DBO, tendo adicionado o volume de amostra desejada à garrafas individuais de DBO de capacidade conhecida através de uma pipeta volumétrica de ponta larga. Encheu-se a garrafa com água de diluição suficiente, e por meio da sonda Trace 20-AQUAMETER mediu-se o OD inicial (OD_i) em uma garrafa. Em seguida fechou-se a garrafa e colocou-se na incubadora durante 5 dias a 20 ± 1 graus celcius °C.
- e) Após 5 dias de incubação foi medido o OD final com recurso a sonda Trace 20-AQUAMETER. Em seguida determinou-se o DBO com recurso a equação 3.

$$\frac{DBO}{DQO} \cong 0.7 \quad (\text{Equação 1})$$

$$V_{amostra} = \frac{\Delta OD \times V_{frasco}}{DBO} \quad (\text{Equação 2})$$

$$DBO_5 = (OD_i - OD_5) \times \frac{V_{frasco}}{V_{amostra}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

DBO₅ – Demanda bioquímica de oxigênio.

DQO – Demanda química de oxigênio.

V_{amostra} – Volume da amostra.

V_{frasco} – Volume do frasco.

ΔOD = 4 mg/L

OD_i – Oxigênio dissolvido no primeiro dia.

OD₅ – Oxigênio dissolvido no quinto dia.

A - 5: Coliformes

Materiais

- Incubadora: para este procedimento, ligou-se a incubadora e colocou-se a temperatura de 35°C;
- Quanti-Tray Sealer PLUS – IDEXX: para selagem das cartelas;
- Um banho Maria: para melhor nitidez da coloração positiva nas cartelas;
- Pipetas graduadas de 1 mL;
- Cartela para inoculação;
- Frascos de diluição (100 mL)
- Luz ultravioleta (UV)

Reagentes

Para este experimento foram usadas reagentes Colilert* 18 para 100 mL de amostra, e água destilada.

Procedimentos

- a) Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para obter melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.
- b) Esterilizou-se o balcão com álcool à 70%, colocou-se as placas (cartelas) de contagem de E. coli/ coliformes e rotulou-se para melhor identificação dos mesmos.
- c) Para cada ensaio era feito uma diluição que estava entre 1:10³ a 1:10⁶. Após a diluição, adicionava-se o substrato Colilert* 18 e deixa-se até o reagente dissolver por completo.
- d) Depois do reagente ter sido dissolvido, colocou-se a solução (100 mL) delicadamente na placa/cartela para evitar a formação de bolhas de ar. E em seguida colocou-se a placa no Quanti-Tray Sealer PLUS – IDEXX para selagem.
- e) Levou-se a placa já selada para o banho Maria, onde foi colocado a uma temperatura de 45°C durante 10 minutos.
- f) Cessado os 10 minutos, levou-se a placa para incubar à uma temperatura de 35°C durante um intervalo de 18 a 22 hora. E após esse tempo fez-se a leitura dos coliformes totais e E. coli.
- g) Para a leitura, dispôs-se as placas no balcão esterilizados e a contagem foi feita minuciosamente. Para a contagem, considerou-se a coloração amarela que indicam coliformes totais. E no caso de coliformes fecais (E. Coli) foram contados na presença da luz ultravioleta, onde refletia uma luz brilhante indicando presença de E.coli, embora só tenha sido considerado os deram positivo para coliformes totais. A equação abaixo mostra o cálculo aplicado para obter os valores.

$$\text{Coliformes Totais(NMP)} = \text{Valor TAB} \times \text{fator diluição}$$

$$\text{E. Coli(NMP)} = \text{Valor TAB} \times \text{fator diluição}$$

Valor TAB = Contagem do número de cavidades grandes e pequenas

Fator de diluição = Diluição usada para a incubação da amostra

A. Anexo 2: Tabela de resultados das amostras coletadas

Tabela B2 - 1: Primeira campanha de visita (13 de Maio de 2022)

Pontos de amostragem	Data	Parâmetros de campo					Parâmetros laboratorias				
		Tempertura (°C)	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	TDS (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	E.col (NMP/100mL)	Coliformes totais (NMP/100mL)
P1 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)	13/05/2022	27,0	7,0	1535	7,95	738	0,29	150	17,86	<1000000	2,03E+07
P2 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)		28,0	7,22	1186	9,33	553	0,28	151	*	<1000000	1,00E+06
P3 (Exutório do bairro Maxaquene)		25,0	7,0	1535	7,95	738	0,24	1378	*	<1000000	4,10E+06
P4 (Av. Angola/ Av. J. Chissano)		28,0	7,0	1482	8,9	692	0,29	198	*	<1000000	8,40E+06
P5 (Av. Angola/ Mafalala)		26,0	7,38	1065	2,3	515	0,41	371	82,49	1,00E+06	6,57E+07
P6 (Exutório xipamanine/ Hospital)		28,0	7,24	1471	2,78	720	0,23	138	36,75	<1000000	9,08E+07
P7 (Aeroporto A e B)		28,0	7,34	1102	10,04	524	0,26	375	*	<1000000	1,04E+08
P8 (conduta xipamanine)		23,0	7,33	1277	4,86	660	0,41	767	102,16	3,10E+06	4,73E+07
P9 (Vala xipamanine/chaman culo)		25,0	7,04	1101	5,05	558	0,27	188	*	7,50E+06	2,70E+08
P10 (vala do infulene)	12/05/2022	27	7,42	1494	9,86	717	0,27	80	*	8,50E+03	1,84E+05

P11 (Exutório jardim)		28	7,55	1325	7,25	624	1,0	18	23,91	3,10E+03	4,71E+04
P12 (Descarregador)		26	7,02	1441	9,16	697	0,99	70	*	<1000	2,46E+04
P13 (Cervejeira)		28	7,5	1906	3,33	914	0,56	1776	753	<1000000	3,00E+06
	Média	26,7	7,2	1378,5	6,8	665,4	0,4	435,4	169,3617		4,73E+07
	Desvio	1,601	0,203	235,53	2,80	111,13	0,269	548,16	287,88		76370166,99

*O oxigênio dissolvido não foi muito significativo para a realização dos ensaios de DBO

Tabela B2 - 2: Segunda campanha de visita (20 de Julho de 2022)

Pontos de amostragem	Data	Parâmetros de campo					Parâmetros laboratorias					
		Tempertura (°C)	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	TDS (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	E.col (NMP/100 ml)	Coliformes totais (NMP/100mL)
P1 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)	20/07/2022	28,0	7,12	1410	6,23	680,02	0,32	20,3	120	22,21	2,00E+05	9,58E+07
P2 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)		29,33	7,07	1114	7,12	542,1728	0,26	3,4	229	53,6	1,53E+05	5,58E+05
P3 (Exutório do bairro Maxaquene)		25,33	7,36	1548,66	1,81	744,593962	0,33	12,0	192	44,51	2,38E+05	1,55E+07

P4 (Av. Angola/ Av. J. Chissano)	24,33	7,1	1137,33	0,79	553,037581	0,56	10,66	459,33	120,81	2,85E+06	2,42E+08
P5 (Av. Angola/ Mafalala)	27,33	7,09	1360,66	2,7	657,042362	0,3	3,0	261	69,7	5,20E+06	8,36E+07
P6 (Exutório xipamanine/ Hospital)	28,0	7,08	1293,33	3,21	625,686781	0,31	4,7	121	31,76	1,00E+05	1,65E+07
P7 (Aeroporto A e B)	29,0	7,08	1205	6,4	584,5515	0,71	15,0	397	73,85	2,00E+06	4,41E+07
P8 (conduta xipamanine)	26,0	7,07	1322	5,17	639,0384	0,36	6,5	661	238,69	2,00E+06	1,12E+08
P9 (Vala xipamanine/ch amanculo)	26,33	7,07	1036	3,38	505,8482	0,35	8,56	128	38	1,00E+06	4,80E+07
P10 (vala do infulene)	24,66	7,05	1439,66	8,55	693,832662	0,4	11,1	60	20,52	1,00E+06	6,30E+06
P11 (Exutório jardim)	25	7,04	1351,66	7,87	652,851062	0,45	20,1	76	12,31		
P12 (Descarregador)	23,33	7,03	1426,66	7,58	687,778562	0,43	19,1	237	71,98	2,00E+05	1,57E+07
P13 (Cervejeira)	26,33	7,02	1898,33	1,26	907,435281	0,61	9,96	3018	849,22	4,62E+05	1,30E+09
Média	26,4	7,1	1349,5	4,8	651,8	0,4	11,1	458,4	126,7	1,28E+06	1,65E+08
Desvio	1,856	0,085	220,284	2,705	102,586	0,135	6,059	787,95	225,07	1530744,4	363684735,4

Tabela B2 - 3: Terceira campanha de visita (22 de Julho de 2022)

Pontos de amostragem	Data	Parâmetros de campo					Parâmetros laboratorias					
		Tempertura (°C)	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	TDS (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	E.col (NMP/100mL)	Coliformes totais (NMP/100mL)
P1 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)	22/07/2022	23,0	6,99	931,33	5,57	457,10	3,1	10,5			3,89E+05	1,55E+07
P2 (Av. Acordos de luzaka/Av. J. Chissano)		23,0	6,99	957,33	3,96	469,21	2,3	6,1	180	39,90	3,73E+06	2,38E+07
P3 (Exutório do bairro Maxaquene)		22,0	6,99	1654,66	4,94	793,96	4,52	8,3	*	*	1,00E+05	9,06E+06
P4 (Av. Angola/Av. J. Chissano)		23,0	6,99	1364	4,11	658,60	2,53	6,1	486	131,67	2,76E+06	2,42E+07
P5 (Av. Angola/ Mafalala)		22,0	6,99	1132,66	0,74	550,86	3,84	10,0	*	*	2,92E+06	3,45E+07
P6 (Exutório xipamanine/Hospital)		23,0	6,99	1647,66	5,14	790,70	2,62	12,3	284	52,51	2,00E+05	9,33E+06
P7 (Aeroporto A e B)		23,0	6,99	1276,66	3,22	617,92	4,58	3,3	*	*	<1000000	5,2x10^6
P8 (conduta xipamanine)		22,0	6,99	1585	5,02	761,52	4,62	11,0	*	*	2,00E+06	7,17E+07
P9 (Vala xipamanine/chamanculo)		22	6,99	1486	4,13	715,41	3,51	15,5	*	*	<1000000	7,40E+06
P10 (Vala do infulene)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

P11 (Exutório jardim)		23	6,99	1352	7,87	653,01	1,66	21,7	*	*	4,10E+05	8,66E+07
P12 (Descarregador)		22	6,99	939	8,32	460,68	1,59	10,1	*	*	6,30E+05	6,05E+06
P13 (Cervejeira)		24,0	7,0	2660	5,16	1262,1 5	32,6	2,2	*	*	9,87E+07	1,30E+09
	Media	22,7	7,0	1415,5	4,8	682,6	5,6	9,8	316,67	74,69		1,44E+08
	Desvio	0,651	0,00 289	473,951	1,984	220,71	8,563	5,326	155,59	49,744		384120851

B. Anexo 3: Padrões de emissão de efluentes

Tabela C3 - 1: Padrões de emissão de efluentes domésticos e industriais em sistemas de drenagem estabelecido pelo regulamento dos sistemas públicos de distribuição de água e de Drenagem de Águas residuais (Decreto nº 30/2003 de 1 de Julho).

Parâmetro ⁽¹⁾	Valor máximo admissível ⁽¹⁾	Unidades	Obs.
Temperatura	45	°C	
pH, 25°C	6,0 - 10,0	Escala de Sorensen	
Sólidos suspensos totais (SST)	1000	mg/l	
Carência química de oxigênio(CQO)	2000	mg/l O ₂	
Óleos e gorduras	100	mg/l	

Tabela C3 - 2: Padrões gerais de descarga de águas residuais domésticas e industriais no meio receptor estabelecido pelo regulamento dos sistemas públicos de distribuição de água e de Drenagem de Águas residuais (Decreto nº 30/2003 de 1 de Julho).

Parâmetro ⁽¹⁾	Valor máximo admissível	Unidades	Observações
Cor	diluição 1:20	Presença/ausência	
Cheiro	diluição 1:20	Presença/ausência	
Ph, 25°C	6,0-9,0	Escala de Sorensen	
Temperatura	35 ⁽²⁾	°C	Aumento no meio receptor
Carência química de oxigênio (CQO)	150,0	mg/l O ₂	
Sólidos suspensos totais (SST)	60,0	mg/l	
Fósforo total	10,0	mg/l	3 mg/l em zonas sensíveis
Azoto total	15,0	mg/l	

Tabela C3 - 3: Padrões de emissão de efluentes líquidos pelas industriais estabelecido pelo regulamento sobre padrões de qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes (Decreto nº 18/2004 de 2 de Junho).

C. 1: Indústrias Cervejeiras

Parâmetro	Valor	MS
PH	6-9	*
DBO ₅ (demanda biológica de oxigénio)	30	*
DQO	80	
SST(sólidos suspensos totais)	15	*
Óleos e gorduras	10	
Azoto (NH ₄)	10	
E-Coliformes (moléculas/100ml)	400	*
Aumento de temperatura	<=3° C	

- As unidades são em mg/L, excepto pH
- Os parâmetros de maior significado (MS) são assinalados com (*). Aqueles parâmetros que normalmente são determinados nas análises ambientais

Qualidade da água para fins de irrigação (regulamento sobre padrões de qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes), Decreto nº 18/2004 de 2 de Junho.

Irrigação:

- Total de sólidos dissolvidos < 500 mg/L.
- Total de bactérias < ou = 100000/100ml.
- Salinidade: media através da condutividade eléctrica da água (CE água, mS/Cm).
- Níveis de absorção de sólidos (SAR) da água de rega.
- Nitratos (N-NO₃⁻, mg/L): Intervalo de 5 – 30
- Fosfatos (P-PO₄³⁻, mg/L): intervalo normal 0 – 2.

Tabela C3 - 4: Classificação, quantificação e interpretação de análises laboratoriais de Água para condutividade eléctrica (CE)

Tabela 1.1. CE _{água} mS/cm				
Min	Max	Classificação	Qualificação	Interpretação
0.10	0.25	Muito baixo	Não salgada	Sem restrições para rega
0.26	0.75	Baixo	Pouco salgada	Pouco risco para rega com lavagem moderada
0.76	2.25	Médio	Salgada	Risco para rega: utilizar água sobre solos moderadamente a mal permeáveis e culturas com média a boa tolerância a salinidade: lavagem é necessária
2.26	4.00	alto	Altamente salgada	Riscos altos para a rega: utilizar água sobre solos bem permeáveis e culturas tolerantes a salinidade, "condições especiais de lavagem necessárias"
4.01	6.00	Muito alto	Extremamente salgada	Rega não desejável: apenas sobre solos altamente permeáveis e culturas altamente tolerantes a salinidade
> 6.00		Extremamente alto	Excessivamente salgada	Água não apta para rega, somente em condições muito especiais

- C. **Anexo 4:** Credencial submetido ao Conselho Municipal de Maputo na Direcção Municipal de Infra-Estruturas Urbanas no âmbito do fornecimento de dados relacionados com o sistema de drenagem da área em estudo.



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Química

Maputo, 10 de Maio de 2022

CREDECIAL

Havendo necessidade de pesquisa e recolha de dados, no âmbito da realização do trabalho de final do curso, subordinado ao tema: "Análise do Sistema de Drenagem de Águas residuais Domésticas e Pluviais na Região da Bacia do Infulene", credenciamos o **Hélio Faustino Nhantumbo**, estudante finalista do curso de Engenharia do Ambiente, para realização de uma visita de estudo nos Sistemas de Drenagem da Bacia de Infulene.

Sem mais de momento, aproveitamos a ocasião para endereçar os nossos melhores cumprimentos.

O Chefe do Departamento



Prof. Doutor Estevão Pundja, "eng"
Engenharia Química
(Prof. Auxiliar)



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO
Direcção Municipal de Infra-Estruturas Urbanas
Entrada N.º 1024
Data: 23-05-2022
Ass: [Signature]

Av. de Moçambique, Km 1,5, C. Postal 257, Tel: (+258) 21 475318, Fax: (+258) 21 475311.