



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

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

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA AGRICULTURA NA BACIA
DO RIO INFULENE: ANÁLISE DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO**

Autora:

Sarlina Bernardo Mazive

Supervisor:

Prof. Doutor Estevão Pondja, Eng^o

Maputo, Outubro de 2025



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

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA AGRICULTURA NA
BACIA DO RIO INFULENE: ANÁLISE DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO**

Autora:

Sarlina Bernardo Mazive

Supervisor:

Prof. Doutor Estevão Pondja, Eng^o

Maputo, Outubro de 2025

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante finalista **Sarlina Bernardo Mazive** entregou no dia ___/___/ 2025 as ___ cópias do relatório do seu trabalho de licenciatura com referência _____ intitulado:

Avaliação dos Impactos Socioambientais da Agricultura na Bacia do Rio Infulene: Análise do Processo de Eutrofização.

Maputo, ___ de _____ de 2025

A Chefe da Secretaria

Declaração de Honra

Eu, **Sarlina Bernardo Mazive**, declaro por minha honra, que o presente relatório académico foi elaborado por mim próprio.

Não se recorreu a quaisquer outras fontes, para além das indicadas, e todas as formulações e conceitos usados, quer adoptados literalmente ou adaptados a partir das ocorrências originais (em fontes impressas, não impressas ou na internet), se encontram adequadamente identificados e citados em conformidade com as convenções e normas do regulamento de culminação de cursos de engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. Declaro ainda, que este relatório não foi apresentado a qualquer outra entidade ou instituição, para além da directamente envolvida na sua elaboração, para efeitos de avaliação, apreciação ou recurso de suporte em outras pesquisas.

Declaro finalmente, encontrar-me ciente de que a inclusão, neste relatório, de qualquer falsa declaração ou manipulação de informação terá consequências legais.

Maputo, Outubro de 2025

Autora

Dedicatória

Dedico esta monografia, aos meus pais **Gilda Filipe Vilanculos** e **Bernardo Filipe Mazive** pelo apoio, incentivo e valores transmitidos ao longo da minha formação. Pelo esforço e orientação que sempre me motivaram a prosseguir os estudos e alcançar os meus objectivos. Esta conquista representa também o resultado da vossa dedicação e exemplo.

Agradecimentos

Agradeço a Deus Todo-Poderoso, pela magnífica oportunidade de poder trilhar o caminho do ensino até ao ensino superior. E por ter conseguido admitir, frequentar o curso até a realização desta monografia.

Agradeço também, ao sacrifício e entrega dos meus pais, para que não fosse uma jornada com início e sem fim, devidas as dificuldades. O apoio que recebi deles e do meu irmão Amílcar foi também um factor de extrema importância para a culminação deste curso.

Ao meu supervisor Prof. Doutor Estevão Pondja, Eng^o pelo apoio, encorajamento, conselhos e dicas na realização deste trabalho. A amizade construída ao longo deste percurso levarei comigo para o resto da minha vida.

Não deixaria de fora, os Eng^o Michaque, Virgínia e Dominique, pelo suporte durante as idas ao campo, em todo trabalho laboratorial e preparação dos mapas e gráficos da minha área de estudo.

Aos meus colegas de trabalho, Elton, Aníbal, pelo suporte em todas as vezes que tive me fazer ausente por questão escolar, pelo apoio moral e com dificuldades técnicas que enfrentei com computador ao longo deste processo.

Por fim, não menos importante, a todos meus colegas e amigos, mas de forma especial a Sara Mendes, Luana Patrícia, Rosa Nhampulo, Ivan Pene, Márcia Cossa e Eugénia da Glória por todas as vezes que ficamos até tarde na Faculdade estudando para testes, exames, defesas de trabalho em grupo, pelo apoio, companheirismo também na elaboração desta pesquisa bibliográfica.

Resumo

A actividade agrícola decorre próximo a cursos de água como rios e lagos e recorre-se ao uso de adubos e fertilizantes com vista a acelerar o processo de crescimento das culturas. Entretanto, a presença destes compostos em níveis elevados nos corpos de água causa a eutrofização. Este trabalho tem como objectivo avaliar os impactos socioambientais da actividade agrícola na Bacia do Rio Infulene, com ênfase no processo de eutrofização. A análise concentrou-se na avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, por meio de análises laboratoriais de diferentes pontos da Bacia dentre os quais, os principais indicadores foram os níveis de nutrientes agrícolas, como nitrogénio (nitratos e nitritos) e fósforo, resultantes do uso de fertilizantes e adubos. Os resultados mostraram que os valores da concentração de fósforo variaram de 0,52 mg/l a 6,21 mg/l, a concentração dos compostos de nitrogénio variou de 1,46 mg/l a 99 mg/l para nitratos e de 2 mg/l a 5 mg/l para nitritos, estes valores estão acima dos limites máximos admissíveis estabelecidos pelo Diploma Ministerial nº 180/2004 sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano. Conclui-se que a actividade agrícola aumenta a concentração de nutrientes nos pontos onde há maior taxa da prática, levando à eutrofização do rio. Como medidas de mitigação, propõe-se a realização de campanhas de remoção de plantas aquáticas e o controle periódico e rigoroso dos níveis de nutrientes na água.

Palavras-chave: Eutrofização, agricultura, nutrientes.

Abstract

Agricultural activity often takes place near water bodies such as rivers and lakes, and relies on the use of fertilizers to accelerate crop growth. However, the presence of these compounds at elevated levels in water bodies leads to eutrophication. This study aims to assess the socio-environmental impacts of agricultural activity in the Infulene River Basin, with emphasis on the eutrophication process. The analysis focused on the evaluation of the physical, chemical, and biological parameters of the water through laboratory tests performed at different points within the Basin. Among these parameters, the main indicators were the levels of agricultural nutrients, such as nitrogen (nitrates and nitrites) and phosphorus derived from the use of fertilizers.

The results showed that phosphorus concentrations ranged from 0.52 mg/l to 6.21 mg/l, while nitrogen compound concentrations varied from 1.46 mg/l to 99 mg/l for nitrates and 2 mg/l to 5 mg/l for nitrites. These values exceed the maximum permissible limits established by Ministerial Diploma No. 180/2004 on Water Quality for Human Consumption. It is therefore concluded that agricultural activity increases nutrient concentrations at points where farming practices are more intensive, leading to eutrophication of the river. As mitigation measures, this study proposes the implementation of aquatic plant removal campaigns and the periodic and rigorous monitoring of nutrient levels in the water.

Keywords: Eutrophication, agriculture, nutrients

Índice	
Declaração de Honra	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de símbolos e abreviaturas	viii
1. Introdução	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Metodologia	3
2. Revisão da literatura	4
2.1. Conceitos básicos.....	4
2.3. Actividades desenvolvidas ao longo da bacia do rio infulene	12
2.4. Adubos ou fertilizantes.....	16
3. Materiais e métodos	20
3.1. Área de estudo – Bacia o Rio Infulene	20
3.2. Amostragem.....	21
3.3. Procedimentos para análise dos parâmetros	23
4. Apresentação dos resultados.....	30
5. Impactos e medidas de mitigação	37
5.1. Impactos	37
5.2. Medidas de mitigação	37
6. Conclusão	39
6.1. Recomendações.....	39
7. Referências bibliográficas	41
Anexos	48

Lista de símbolos e abreviaturas

$\mu\text{g/L}$ – Micrograma por litro;

μl – Microlitro

μm – Micrómetro;

$\mu\text{S/cm}$ – Microsiemens por centímetros;

CaCl_2 – Cloreto de cálcio;

CAN - Calcium Ammonium Nitrate;

DAP - Fosfato diamônico;

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio;

DQO – Demanda Química de Oxigênio;

FeCl_3 – Cloreto de ferro III;

kg – Quilograma;

km – Quilómetro;

MAP – Fosfato monoamônico;

mg/kg – Miligrama por quilograma;

mg/l – Miligramas por litro;

MgSO_4 – Sulfato de magnésio;

N - Nitrogênio;

nm – Nanómetro;

NMP – Número Mais Provável;

NPK – Nitrogênio, Fósforo, Potássio;

NTU – *Nephelometric Turbidity Unit*;

P – Fósforo;

pH – Potencial Hidrogeniônico;

ppm – parte por milhão;

UV – Ultravioleta;

yr – Ano.

Índice de figuras

Figura 1: a) Descarte de pneus. b) Presença de lamas.	13
Figura 2: a) Descarte de folhas e arbustos. b) Descarte de resíduos domésticos. ..	14
Figura 3: a) Esgoto doméstico. b) Ducto de fezes.	15
Figura 4: a) Saco de 50 kg de urea granular. b) Saco de 50 Kg de NPK.	19
Figura 5: Mapa da área de estudo – Bacia do Rio Infulene.	20
Figura 6: Coloração da água da Bacia do Rio Infulene.	22
Figura 7: a) Crescimento excessivo de plantas sobre o rio. b) Peixes mortos. c) Proliferação de algas. d) Proliferação de algas e crescimento de plantas.	23

Lista de tabelas

Tabela 1: Dureza da água.	7
Tabela 2: Composição do bagaço de cevada: Expresso em matéria seca.	17
Tabela 3: Tabela da composição dos adubos.	18
Tabela 4: Coordenadas dos pontos de amostragem.	21
Tabela 5: Resultados da análise de clorofila-a.	36

Lista de Gráficos

Gráfico 1: a) Gráfico de oxigênio dissolvido. b) Gráfico da conc. de nutrientes.	30
Gráfico 2: a) Gráfico dos valores de pH. b) Gráfico dos valores da temperatura.	31
Gráfico 3: a) Gráfico dos valores de coliformes. b) Gráficos dos valores da turvação. c) Gráfico da conc. de STD. d) Gráfico de valores de CE.	32
Gráfico 4: Gráfico da conc. de DBO. b) Gráfico da conc. de DQO.	35

1. Introdução

A poluição e a degradação dos recursos hídricos, principalmente por actividades humanas, constituem um dos maiores desafios da gestão da água no mundo contemporâneo. Entre essas actividades, a agricultura ocupa um papel central, embora seja essencial para a segurança e desenvolvimento socioeconómico, também é responsável por impactos ambientais significativos no fornecimento de água em quantidade e de qualidade quando conduzida de forma intensiva (Silva, 2019).

Em Moçambique, a agricultura representa a base do desenvolvimento Nacional e constitui um meio de subsistência para inúmeras famílias (Matsinhe, 2017). Para facultar o cultivo, muitas famílias estabelecem as suas terras agrícolas em locais próximos a rios ou lagos, aproveitando a disponibilidade da água para irrigação. Contudo, o uso indiscriminado de fertilizantes naturais e artificiais nessas áreas agrícolas contribui para infiltração e arraste de nutrientes (como nitrogénio e fósforo) desencadeando processos de contaminação e eutrofização (Vollenweider, 1968).

Estudos mostram que o aumento da concentração de nutrientes na água, principalmente nitrogénio e fósforo, favorece a proliferação excessiva de organismos aquáticos, reduz a qualidade da água e afecta directamente a biodiversidade, gerando impactos tanto ambientais quanto sociais (Esteves, 2011; Matsinhe, 2017). Desde a década de 1960, pesquisas internacionais apontavam para essa relação entre práticas agrícolas e degradação de recursos hídricos (Vollenweider, 1968; Schindler, 1977), enquanto estudos realizados em Moçambique e na África Austral nas décadas seguintes também destacavam os riscos do uso de agroquímicos nos rios urbanos (Nhantumbo, 1985).

Na Cidade de Maputo a Bacia do Rio Infulene é um exemplo emblemático desse problema. Com cerca de 20 km de extensão e uma área de 185 km², o rio é amplamente utilizado tanto para práticas agrícolas como para o descarte de resíduos domésticos e industriais. O facto mais preocupante, porém, é o uso de fertilizantes nas áreas agrícolas adjacentes, que, por processos de lixiviação e escoamento superficial, acabam por contaminar o rio. Essa realidade tem tornado a água do Infulene imprópria para o consumo humano e limitando o acesso das

comunidades vizinhas a uma fonte segura de água (Langa & Dinis, 2021 citado por (Langa, 2022)

Diante disso, o problema central deste estudo reside no facto de que actividade agrícola desenvolvida na Bacia do Rio Infulene com recurso a fertilizantes naturais e químicos para o rápido desenvolvimento das culturas, tem comprometido a qualidade e quantidade da água provocado pelo acúmulo excessivo de nutrientes que resultam na eutrofização.

O presente trabalho mostra-se relevante do ponto de vista científico porque visa apresentar a análise do processo de eutrofização decorrente da contaminação da água dos rios e lagos, podendo ser um recurso didático e teórico para esclarecer dúvidas dentro da comunidade académica da Engenharia do Ambiente. Ademais, o trabalho poderá servir como ponto de partida para futuros trabalhos relacionados à questão da eutrofização.

Este trabalho é social e ambientalmente relevante, pois busca apresentar propostas que promovam o uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis. Além disso, visa aprimorar o tratamento e o aproveitamento eficiente de águas contaminadas, bem como desenvolver estratégias para o tratamento de ambientes eutrofizados.

1.2. Objectivos

Os objectivos do presente trabalho estão organizados da seguinte forma:

Objectivo geral

Avaliar os impactos socioambientais da agricultura na Bacia do Rio Infulene, com enfoque no processo de eutrofização.

Objectivos específicos

Para alcançar o objectivo geral, foram definidos os seguintes objectivos específicos:

- Identificar as actividades sociais praticadas ao longo da Bacia do Rio Infulene que contribuem para eutrofização;
- Caracterizar a composição dos adubos e fertilizantes usados nas machambas ao longo da Bacia do Rio Infulene;
- Analisar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de amostras de água da Bacia do Rio Infulene;

- Identificar as consequências ambientais e sociais da eutrofização na Bacia do Rio Infulene;
- Propor medidas de mitigação e prevenção dos impactos ambientais e sociais.

1.3. Metodologia

Com vista a alcançar os objectivos definidos, a realização deste trabalho obedece a seguinte metodologia:

Pesquisa bibliográfica

- Obtenção de informações sobre os parâmetros de avaliação da água contaminada e composição dos adubos e fertilizantes usados pelos agricultores, em artigos de revistas científicas, publicações da internet, trabalhos de licenciatura anteriores e livros de química.

Pesquisa de campo

- Para obtenção de informações sobre as actividades praticadas ao longo da Bacia do Rio Infulene, para além da agricultura;
- Colecta de amostras e determinação valores de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Pesquisa laboratorial

- Conservação das amostras;
- Tratamento das amostras para a análise;
- Determinação dos parâmetros identificados nas amostras.

Tratamento e análise de dados

- Discussão e interpretação dos resultados;
- Conclusões e recomendação.

2. Revisão da literatura

2.1. Conceitos básicos

Eutrofização é o processo de poluição de corpos de água, como rios e lagos, devido ao aumento de nutrientes na água, provenientes de fontes naturais dos mesmos, como por exemplo a deposição atmosférica, o intemperismo de rochas e solos e a decomposição da matéria orgânica; fontes antropogénicas que podem ser classificadas como pontuais (são aquelas que são identificadas com facilidade e que também são individuais) ou difusas (são geradas em áreas extensas e associadas à chuva e ao escoamento superficial do solo), sendo derivadas de actividades agrícolas e de lançamentos de efluentes industriais e domésticos (Von Sperling, 2014 como citado em de Resende, et al., 2018). Esse excesso de nutrientes estimula o crescimento de algas microscópicas e cianobactérias, formando uma camada que prejudica as trocas gasosas com a atmosfera e limita a passagem da luz, resultando na redução do oxigénio dissolvido na água. Esse desequilíbrio ambiental pode levar à morte de espécies marinhas devido à falta de oxigénio e a alteração do ecossistema aquático (Raven, et al., 2012 como citado em Langanke , 2000).

As principais causas da eutrofização são descarga de esgotos urbanos não tratados, uso excessivo de fertilizantes agrícolas, lançamento de efluentes industriais ricos em nutrientes, erosão do solo e assoreamento, detergentes (alguns contendo fósforo) (Cunha & Calijuri, 2011).

Consequências da eutrofização são: redução da biodiversidade; aumento exagerado de algas e outras plantas aquáticas; mortalidade de fauna aquática, interferência nos usos múltiplos da água (abastecimento, lazer, pesca), toxinas no ambiente aquático, as quais são produzidas por algumas espécies de cianobactérias, que podem afectar a saúde humana, podendo desencadear à morte; redução do potencial recreativo; redução da navegação e a capacidade de transporte; perda financeira em decorrência dos altos custos para o tratamento da água (Cunha & Calijuri, 2011; Von Sperling, 2014).

Segundo o decreto nº 52/2023 sobre o Regulamento de Padrões de Qualidade de Água Bruta e de Descargas de Efluentes Líquidos e Sólidos **Poluição** é a introdução de substâncias ou formas de energia que, directa ou indirectamente

modifiquem a natureza do corpo hídrico de forma que prejudique os legítimos usos para os quais feitos.

Segundo a Lei Brasileira nº 6.938/81, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente a proteção ambiental no Brasil, a **contaminação** é a presença indesejada de substâncias nocivas ou perigosas em um local ou em um objecto específico, mesmo em pequenas quantidades

2.2. Parâmetros de qualidade da água

De acordo com o Diploma Ministerial nº 52/2023, são indicadores da qualidade da água, e representam suas características físicas, químicas e biológicas que permitem avaliar o estado e a aptidão da água em relação a diferentes finalidades de uso. A análise desses parâmetros permite determinar se a água apresenta condições adequadas para abastecimento humano, irrigação, recreação, preservação da vida aquática ou outros usos previstos. Dessa forma, constituem indicadores essenciais para o monitoramento ambiental e para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

2.2.1. Parâmetros físicos

Temperatura: é um factor físico que determina a intensidade de calor (Matic', et al., 2013 citado por SIR, 1997). Para medição da temperatura são usados termómetros de mercúrio ou aparelhos mais sofisticados como o Termístor.

Cor: resulta da existência de substâncias em solução na água, provenientes da decomposição do ferro e manganês da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas (ácidos húmicos e fúlvicos) ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos (Minas, 2010).

Turvação: é a propriedade óptica da água que expressa o grau em que a passagem da luz é dificultada pela presença de partículas em suspensão, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas (Brasil, 2021). A turvação não mede directamente a concentração de partículas, mas sim, o efeito de dispersão e absorção da luz causado por essas partículas. Quanto maior o espalhamento da luz, maior é a turvação. Este parâmetro deve ser determinado no mesmo dia que a amostra é colectada, com a amostra a temperatura ambiente (Baird, et al., 2017).

Sabor e odor: resultam de causas naturais (algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos, compostos orgânicos: gás sulfídrico, sulfatos) e artificiais (esgotos domésticos e industriais) (Minas, 2010).

Sólidos totais dissolvidos (STD): refere-se a concentração total de substâncias dissolvidas na água, compreende sais inorgânicos, minerais, metais e outros iões dissolvidos e geralmente é medido em partes por milhão (ppm) ou mg/l (Billota & Brazier, 2008).

Constituem a porção de sólidos totais na amostra de água que passa por um filtro com um tamanho nominal de poro de 2 μ m ou menor sob condições especificadas (Baird, et al., 2017). Elevadas concentrações de STD podem afectar o sabor, a aparência, a segurança da água para o consumo humano, bem como a vida aquática no rio (Adjovu, et al., 2023).

Conductividade eléctrica: é a capacidade que a água possui de conduzir corrente eléctrica (Pradeep, et al., 2011). Este parâmetro está relacionado com a presença de iões dissolvidos na água, que são partículas carregadas electricamente e é medido em microsiemens/centímetro (μ S/cm). Quanto maior for a quantidade de iões dissolvidos, maior será a conductividade eléctrica da água (S. & M., 2013).

2.2.2. Parâmetros Químicos

Potencial hidrogeniónico (pH): é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade, isto é, é o modo de expressar a concentração de iões de hidrogénio numa determinada solução (Kumar & Probahar, 2012). Geralmente, um pH muito ácido ou alcalino indica a presença de despejos industriais. A medição do pH é crucial para avaliar a qualidade da água, sendo realizada por meio do método eletrométrico, com o uso de um medidor de pH digital, que proporciona informações valiosas sobre as condições ambientais.

Alcalinidade: causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos, em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável a água (Minas, 2010).

A sua determinação baseia-se na titulação calorimétrica de substâncias alcalinas presentes na amostra (bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos) com um ácido forte em meio tamponado, com recurso a *kits* TNT Plus Reagents da marca HACH. O

reagente TNT 870 contém indicadores que alteram a cor da solução conforme o pH atinge o ponto de viragem (geralmente pH 4,5). O resultado é expresso em mg/L de CaCO₃ (Baird, et al., 2017).

Dureza: resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade; em teores elevados; causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras (Minas, 2010).

Tabela 1: Dureza da água.

	Dureza (mgL⁻¹ CaCO₃)	Classificação da água
1	Menor 50	Água mole
2	Entre 50 e 150	Dureza moderada
3	Entre 150e 300	Água dura
4	Maior 300	Água muito dura

Fonte: Adaptado (Minas, 2010).

Compostos de nitrogénio: são substâncias que contém nitrogénio na sua composição. O nitrogénio é um elemento químico essencial para a vida; forma ampla variedade de compostos orgânicos (incluem substâncias como amônia, ácido nítrico, nitratos e nitritos) e compostos inorgânicos (são compostos que contém nitrogénio em moléculas orgânicas, como aminas, amidas, nitrocompostos e aminoácidos) (Omer, 2020; M & S., 2013).

A água natural contém nitrogénio molecular e nitratos em solução. Quando a água dos rios recebe água de esgotos, pode conter amônia e nitritos, elevando os níveis naturais de nitrogénio na água (Omer, 2020). Embora o nitrogénio seja essencial na água, em altas concentrações pode causar a eutrofização.

Os nitratos e nitritos podem ser determinados com recurso a *kits* TNT Plus Reagents da marca HACH. O método para determinação de nitratos baseia-se na redução do

nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) por uma coluna redutora de cádmio. O nitrito formado reage com ácido sulfanílico para originar um sal de diazônio, que subsequentemente reage com N-(-1-naftil)-etilenodiamina (NEDA), formando um corante rosa-avermelhado. A intensidade da cor é proporcional à concentração de nitratos e é medida a 543nm (Baird, et al., 2017).

Os nitritos por sua vez, a sua determinação baseia-se na reacção de diazotação: os nitritos presentes na amostra reagem com ácido sulfanílico para formar um composto de diazônio que reage com NEDA produzindo uma coloração rosa-avermelhada, semelhante à do método de nitratos, mas sem a etapa de redução. A absorvância é medida a 507nm, sendo a cor proporcional à concentração de nitritos (Baird, et al., 2017).

Fósforo: segundo (M. & S. , 2013) é um dos mais importantes factores limitantes à vida dos organismos aquáticos. Em uma massa de água, o fósforo é fundamental no controlo ecológico das algas. Dejectos orgânicos, especialmente de esgotos domésticos, bem como alguns tipos de dejectos industriais, podem enriquecer as águas com esse elemento.

A determinação de fósforo pode ser realizada com recurso a *kits* TNT Plus Reagents da marca HACH (TNT 843 ou equivalente), que se baseia na oxidação dos compostos orgânicos e inorgânicos de fósforo a ortofosfato mediante digestão ácida em persulfato. Em seguida o ortofosfato reage com molibdato de amónio e antimónio em meio ácido, formando o ácido fosfomolibdato, que é reduzido por ácido ascórbico a um composto azul de molibdénio. A intensidade da coloração azul é directamente proporcional à concentração de fósforo total, sendo medida geralmente em 880 nm (Baird, et al., 2017).

Demanda biológica de oxigénio (DBO): é a quantidade necessária de oxigénio para as bactérias aeróbias degradarem ou oxidarem a matéria orgânica (Kumar & Probahar, 2012). Este parâmetro é determinado no laboratório, observando-se o oxigénio consumido nas amostras de líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °, C, de seguida aplica-se a equação 1 (Baird, et al., 2017).

$$. \text{DBO}_5 = \text{DO}_f - \text{DO}_i \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

DBO5 – demanda bioquímica de oxigénio em mg/L;

DO_f – oxigénio dissolvido medido no quinto dia;

DO_i – oxigénio dissolvido medido no primeiro dia.

Demanda Química de Oxigénio (DQO): é a quantidade de oxigénio necessária para a oxidação da matéria orgânica com recurso a um oxidante forte, como, por exemplo, o Permanganato de Potássio (KMnO₄) em meio reaccional ácido. Caso esteja a ser analisado o DBO e o DQO para o mesmo líquido, o DQO será maior que o DBO (Kumar & Probahar, 2012). Por outro lado, a DQO pode ser determinada através da relação empírica usada em engenharia sanitária, expressa na equação 2 (Fair, et al., 1968) (Metcalf & Eddy, et al., 2014).

$$DBO = 0,6 * DQO \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

DBO – demanda bioquímica de oxigénio em mg/L;

DQO – demanda química de oxigénio em mg/L;

2.2.3. Parâmetros Biológicos

Coliformes são um grupo de bactérias amplamente utilizadas como indicadores de contaminação fecal em alimentos e águas. Elas pertencem à família *Enterobacteriaceae* e incluem gêneros como *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter* (Tortora, et al., 2017). **Coliformes totais** referem-se a todo o grupo (Jay, et al., 2005).

Também podem ser definidas como bactérias gram-negativas, aeróbias ou facultativamente anaeróbias, que fermentam lactose com produção de ácido e gás em até 48 horas a 35 – 37 °C (Jay, et al., 2005).

Coliformes fecais ou termotolerantes são aqueles que crescem a temperaturas mais altas (44,5 °C) e indicam contaminação fecal directa, sendo o mais conhecido o *Escherichia coli* (*E. coli*) (Franco & Landgraf, 2008).

Escherichia coli é uma bactéria amplamente distribuída no trato intestinal de humanos e animais, podendo actuar como comensal (micoorganismo que vive

normalmente em ou sobre o corpo humano) ou como patógeno, dependendo da cepa (da variante genética ou tipo específico de microrganismo dentro da mesma espécie). Algumas variantes são responsáveis por infecções alimentares graves e problemas urinários, além de serem indicadoras de contaminação fecal em alimentos e água (Franco & Landgraf, 2008; (Tortora, et al., 2017); (Jay, et al., 2005).

A *Escherichia coli* é um dos microrganismos mais comum do corpo humano, principalmente no trato digestivo. Não é um patógeno comum, alguns produzem enterotoxinas que causam a diarreia, doença de origem alimentar grave (Carneiro, et al., 2015).

Os coliformes e *E. coli* são determinados pelo mesmo método – Quanti-Try/2000 desenvolvido pela empresa IDEXX que baseia-se na tecnologia de substratos enzimáticos definidos, que permite a detecção simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água. O princípio fundamenta-se na actividade enzimática desses microrganismos; O colilert (ou colilert-18) contém dois substratos cromogénico-fluorogénicos: ortho-nitrophenyl- β -D-galactopyranoside (ONPG) e 4-methylumbelliferyl- β -D-glucuronide (MUG). A enzima β -galactosidase, presente em todos os coliformes totais, hidrolisa o ONPG, originando uma coloração amarela na amostra. Já a enzima β -glucuronidase, característica de *E. coli*, hidrolisa o MUG, libertando um composto fluorescente visível sob luz ultravioleta (365nm).

Durante o ensaio, a mistura de amostra e reagente é distribuída automaticamente em 97 microcâmaras do Quanti-Try/2000 é incubada a 35°C por 18 a 24 horas, conforme o reagente utilizado. Após incubação, o número de microcâmaras positivas é contado, e o número Mais Provável de organismos por 100mL é determinado através da tabela estatística MPN fornecida pelo fabricante (Baird, et al., 2017).

Algas ou cianobactérias: são importantes no ambiente aquático, uma vez que são responsáveis pela produção de grande parte do oxigénio dissolvido do meio. Quando existem em grandes quantidades no meio aquoso, devido ao excesso de nutrientes, podem provocar a eutrofização (Omer, 2020). Tem as seguintes consequências no ambiente aquático: sabor, odor, toxicidade, turvação, cor, formação de massas de matéria orgânica que podem contribuir para a redução do

oxigênio dissolvido na água, corrosão, interferência nos processos de tratamento da água, aspecto estético desagradável.

Cianotoxinas: são substâncias orgânicas de ocorrência natural, produzidas por várias espécies de cianobactérias como produtos secundários do metabolismo. A presença excessiva de cianobactérias forma espuma na superfície, que é sinalizada por uma cor verde-azulada na água (Mota & Rolla, 2011). Por outro lado, o excesso de cianotoxinas em águas destinadas ao consumo humano pode trazer efeitos directos na qualidade da água, tais como: aumento de matéria orgânica particulada; aumento de substâncias orgânicas dissolvidas que podem conferir odor e sabor à água (Pereira, 2013)

Fitoplâncton compreende algas microscópicas que são fotossintetizantes e unicelulares. Elas podem ser encontradas isoladas ou em colônias que flutuam preferencialmente na superfície das águas. São organismos que sintetizam matéria orgânica e utilizam a energia solar junto aos seus nutrientes essenciais para o seu metabolismo e desenvolvimento (Pereira, 2013).

Clorofila – a é o pigmento fotossintético presente em todos os organismos fitoplanctônicos sejam eucarióticos (algas) ou procarióticos (cianobactérias) e é utilizado como parâmetro de biomassa algal em diversos trabalhos, tanto nos experimentais quanto nas caracterizações de ambientes aquáticos e monitoramento da qualidade de água. Um dos problemas na determinação da clorofila-a é que este pigmento varia na célula fitoplanctônica conforme o estado fisiológico e a espécie (Kuroda, et al., 2023).

Geralmente a determinação da concentração de clorofila-a na amostra de microalgas é aceita como uma estimativa da biomassa de microalgas. Os métodos mais utilizados são rápidos e se relacionam com microalgas vivas, estes incluem fotometria, filtragem e determinação de extração de densidade óptica. Os produtos químicos comumente utilizados são: acetona 90%, acetona 100% e metanol 90% (Johan, et al., 2015).

Durante o processo de determinação são selecionados três comprimentos de onda que permitem corrigir interferências de clorofila B e carotenoides que também absorvem luz ao vermelho, respectivamente, 630nm, 645nm e 665nm e absorvância de 750nm. Para correção da turvação nos três comprimentos de onda é aplicada a

equação 3, que considera a absorvância de 750nm não específica, pois a clorofila praticamente não absorve luz neste comprimento. Posteriormente os dados são introduzidos na equação 4 (CAE , 2014).

$$D_{nm} = A_{nm}(mta) - A_{750}(mta) \quad (\text{Equação 3})$$

$$Chl - a \left(\mu \frac{g}{l} \right) = \frac{(11,6D_{665} - 0,14D_{630} - 1,31D_{645})v}{LV} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Chl-a – clorofila-a em $\mu\text{g/L}$;

v – Volume de acetona (9ml);

V – Volume da amostra de água (L);

L – Largura da cubeta (5cm);

D_{nm} – diferença de comprimento de onda;

mta – amostra.

De acordo com Vollenweider, (1968), os valores de clorofila-a menores que 2 $\mu\text{g/L}$, caracterizam águas limpas, com baixa produção de algas, denominado estado oligotrófico;

Estado mesotrófico, quando os valores variam de 2 a 8 $\mu\text{g/L}$, sugerindo produtividade moderada de algas;

Quando há alta produtividade algal e sinais de eutrofização, denomina-se estado eutrófico, com valores na faixa de 8 a 25 $\mu\text{g/L}$;

Para valores acima de 25 $\mu\text{g/L}$, o corpo de água apresenta proliferação excessiva de algas indicando eutrofização severa, considerado estado hipertrófico.

2.3. Actividades desenvolvidas ao longo da Bacia do Rio Infulene

Na extensão da Bacia o Rio Infulene é desenvolvida a actividade agrícola (caso de estudo). Todavia, pela existência de algumas residências em alguns pontos da mesma, existem outras actividades praticadas pelos moradores que tem grande impacto no processo de eutrofização, nomeadamente: descarte de resíduos domésticos, descarte de esgoto doméstico e industrial.

Descarte de pneus

De acordo com um estudo, publicado na revista *Environmental Science & Technology*, a presença de pneus ilustrado na figura 1 a), liberta as chamadas “partículas de desgaste de pneus”. Essas partículas representam uma das principais fontes de poluição por microplásticos em rios urbanos, podendo representar um risco quatro vezes maior para o meio ambiente em comparação com outros tipos de microplásticos (Ziajahromi, et al., 2023). Surpreendentemente, em comparação com os gases do efeito estufa libertados na combustão, o desgaste de pneus foi identificado como a principal causa de poluição por material particulado em massa relacionada ao uso de veículos (Tian, et al., 2024).



Figura 1: a) Descarte de pneus. b) Presença de lamas.

Os pneus descartados são compostos de borracha, óleos, negro de fumo, metais pesados (como zinco, chumbo, cobre e cádmio) e diversos aditivos orgânicos. Com o tempo, a exposição na água, ao sol e a degradação microbiana leva a liberação lenta desses compostos tóxicos, que se acumulam na lama do fundo do rio que acaba sobressaindo à superfície do rio conforme se apresenta na figura 1 b). Essa lama, por ser rica em matéria orgânica e de baixa oxigenação, actua para o aumento da condutividade eléctrica e da DBO, além de reduzir a qualidade de sedimento e da coluna de água. Por outro lado, a presença de pneus descartados em corpos de água dificulta a circulação natural da água, favorecendo a formação de zonas de estagnação. Nessas zonas, o fluxo reduzido promove a sedimentação acelerada de partículas finas e nutrientes, aumentando a turvação e facilitando o acúmulo de matéria orgânica, condições que favorecem o processo de eutrofização (Anon., 2023).

Quando o lixo é disposto nas vias públicas, causa problemas de infraestrutura e alagamentos. Ao chegar aos rios, esses resíduos provocam desequilíbrio ambiental, representando uma grande ameaça à vida aquática, além de contaminar a água utilizada para consumo humano, que se torna imprópria e passa a causar diversas doenças. Por outro lado, com o acúmulo do lixo nos rios, torna-se difícil alcançar a água para sua utilização em actividades como a irrigação de culturas (Anon., 2023).



Figura 2: a) Descarte de folhas e arbustos. b) Descarte de resíduos domésticos.

Os resíduos ilustrados na figura 2 a) e b), tratam-se de restos vegetais, folhas, papéis e outros resíduos ricos em matéria orgânica e nutrientes (principalmente carbono, nitrogénio e fósforo). Quando esses materiais entram em decomposição dentro do rio, ocorre a libertação gradual de nutrientes na coluna de água, os quais são prontamente assimilados por algas e plantas aquáticas, estimulando o crescimento excessivo de biomassa – um dos principais sinais do processo de eutrofização. Além disso, a decomposição incompleta das folhas e resíduos vegetais aumenta a turvação e favorece a formação de lamas orgânicas no fundo do rio, que se tornam ambientes pobres em oxigénio e de lenta renovação. Os resíduos domésticos por sua vez (figura 2b) intensificam ainda mais o problema. Materiais como restos de alimentos, plásticos, papéis e embalagens frequentemente transportam matéria orgânica biodegradável, detergentes, gorduras e compostos químicos que elevam a DQO e condutividade eléctrica da água, refletindo maior concentração de substâncias dissolvidas. A acumulação destes materiais sólidos nas margens e no leito do rio diminuem o fluxo da água, promovem o assoreamento e criam zonas de estagnação, favorecendo o depósito de sedimentos e aumento da temperatura superficial da água. Temperaturas mais elevadas, combinadas com disponibilidade de nutrientes, aceleram a actividade microbiana e o crescimento de algas reforçando o ciclo de eutrofização (Tian, et al., 2024).

Descarga de água de esgoto doméstico

O esgoto apresentado na figura 3 a) e b) altera toda a composição química da água do rio, impactando directamente a vida aquática. Isso acontece porque o acúmulo de matéria orgânica propicia o surgimento de microorganismos que diminuem a quantidade de oxigénio na água, comprometendo directamente a vida aquática e a qualidade dessa água. Além disso, os nutrientes presentes no esgoto, com destaque para nitrogénio e fósforo, podem provocar a eutrofização (BRK Saneamento, 2024).



Figura 3: a) Esgoto doméstico. b) Ducto de fezes.

c) Colecta de água do rio para fins domésticos. d) Campos agrícolas.

Uso da água do rio para actividades domésticas

Devido à falta de água potável para o consumo (em alguns dias) e para realização de actividades domésticas, os residentes das proximidades do Rio fazem uso água

do rio, como ilustra a figura 3 c). Do ponto de vista sanitário, o contacto directo ou indirecto com microorganismos patogénicos, coliformes fecais e E. coli pode provocar doenças gastrointestinais, infeções cutâneas e respiratórias além de restrições oculares e dérmicas (WHO, 2017).

Na preparação de alimentos, o uso de água eutrofizada compromete a segurança alimentar, pois, pode ocorrer contaminação cruzada entre microorganismos patogénicos e os alimentos, aumentando o risco de surtos de intoxicação alimentar (WHO, 2017).

Do ponto de vista ambiental e técnico, o uso recorrente de água eutrofizada em domicílios pode comprometer sistemas de saneamento e drenagem, provocando formação de biofilmes e entupimentos, além de aumentar a carga de poluente lançada nos corpos hídricos receptores (Tundisi & Tundisi, 2008).

Campos agrícolas

Os campos agrícolas ilustrados na figura 3 d) são precursores de compostos orgânicos e conseqüentemente os que mais influenciam no aumento dos níveis de nitrogénio e fósforo na Bacia do Infulene devido a processos de lixiviação (que contribuem para o transporte de nitratos para águas subterrâneas e rios), escoamento superficial e erosão do solo (que transportam partículas ricas em fósforo e matéria orgânica), amplificados pelo uso excessivo de fertilizantes químicos (Tundisi & Tundisi, 2008).

2.4. Adubos ou fertilizantes

De acordo com Alcarde, et al. (1998) adubo ou fertilizante é um produto mineral ou orgânico, natural ou sintético, fornecedor de um ou mais nutrientes vegetais. Os fertilizantes, quando adicionados ao solo, nas quantidades correctas, devem promover melhorias químicas e/ou físicas e/ou biológicas e aumentar a produtividade e qualidade da colheita (Zonta, et al., 1996).

Os principais tipos de fertilizantes usados em Moçambique são a Urea (46%), NPK (12:24:12) nas culturas alimentares (milho, arroz e hortícolas). Na cultura do tabaco os fertilizantes mais utilizados são a urea (46%), o NPK (10:24:20) e CAN (26%). Na cultura da cana sacarina, os fertilizantes mais usados são a urea (46%), o NPK (...), o CAN (26%), o DAP, o MAP e o sulfato de amónio (Ministério da Agricultura, 2012).

2.4.1. Adubos e fertilizantes usados nos campos agrícolas ao longo da Bacia do Rio Infulene

Com vista a acelerar o desenvolvimento das culturas, fortalecimento das raízes, maior absorção de água e melhorar a disponibilidade de nutrientes do solo, são usados adubos ou fertilizantes nos campos agrícolas. Não é diferente na Bacia do Rio Infulene. Próximo a fábrica de cervejas de Moçambique (2M), os agricultores usam o bagaço de cevada fornecido pela fábrica, como adubo. Com a seguinte composição apresentada na tabela 2:

Tabela 2: Composição do bagaço de cevada: Expresso em matéria seca.

	Características	Conteúdo
1	Matéria seca	22,96%
2	Energia bruta	1223,24 kcal/kg
3	Proteína bruta	22,23%
4	Material mineral	11,33%
5	Fibra bruta	14,73%
6	Nitrogénio	3,56%
7	Fósforo	0,37%
8	Potássio	0,12%
9	Cálcio	0,61%
10	Magnésio	0,12%
11	Ferro	499 mg/kg
12	Cobre	15 mg/kg
13	Zinco	72,6 mg/kg
14	Manganês	35,5 mg/kg

Fonte: (Vieira, Santos, & Vieira, 2013 como citado em Rosini & Teixeira, 2018).

A tabela 2 ilustra que o bagaço de cevada fornece matéria orgânica ao solo e disponibiliza nutrientes às plantas, e, pode por sua vez corrigir a acidez nos solos de acordo com Rosini & Teixeira (2018) em proporções certas.

Outros fertilizantes usados nos campos do Rio Infulene são **Urea** (46% N), se apresenta na forma de grãos brancos e é usado para fornecer nitrogénio para as plantas e **NPK** com a composição de 12%, 24% e 12%, respectivamente. Todavia, além desses adubos podiam ser usados outros produtos químicos com a devida instrução, para o balanceamento de nutrientes nos solos agrícolas, tais como, **sulfato de magnésio** (fonte de enxofre e magnésio) e também fungicidas defensivos, como, **antracol** que adiciona zinco para proteger batatas e tomates contra a praga precoce e tardia, e controla também manchas cinzentas nas folhas de tomate, mofo na alface e na cebola, mancha preta em cítricos e várias outras doenças (Vollenweider, 1968). A tabela 3 ilustra a composição dos adubos, seus benefícios, sua forma e função:

Tabela 3: Tabela da composição dos adubos.

Componente	Percentagem (%)	Forma	Função	Nome do fertilizante
<i>Apenas Nitrogénio</i>	46	Granular	Fornecer nitrogénio para as plantas.	Urea
<i>Nitrogénio, Fósforo e Potássio</i>	12 24 12	Granular	Fornecer nitrogénio, fósforo e potássio a plantação.	NPK

Fonte: Adaptado.

Os adubos Urea e NPK representados nas figuras 4 a) e b) são vendidos na Casa do Agricultor em Maputo, em sacos de 50Kg, e são da marca *Falcon Fertilizers* – que recomenda, que o solo seja periodicamente analisado para o ajuste das doses de fertilizantes às reais necessidades das plantas; que sejam adoptadas técnicas que minimizem perda, como aplicação localizada e incorporação imediata ao solo; que seja feito o monitoramento da qualidade da água em áreas próximas para que

sejam detectados impactos da fertilização e informa ainda que é necessário capacitar os agricultores locais sobre práticas de manejo sustentável e uso responsável dos fertilizantes.

Segundo dados fornecidos pela Casa do Agricultor, estes campos são adubados majoritariamente com **urea granular** E **NPK**, adquiridos por meio de revendedores não credenciados, ou seja, clandestinos, o que ocasiona a falta de assistência para melhor gestão da aplicação dos adubos nos campos agrícolas.



Figura 4: a) Saco de 50 kg de urea granular. b) Saco de 50 Kg de NPK.

3. Materiais e métodos

3.1. Área de estudo – Bacia o Rio Infulene

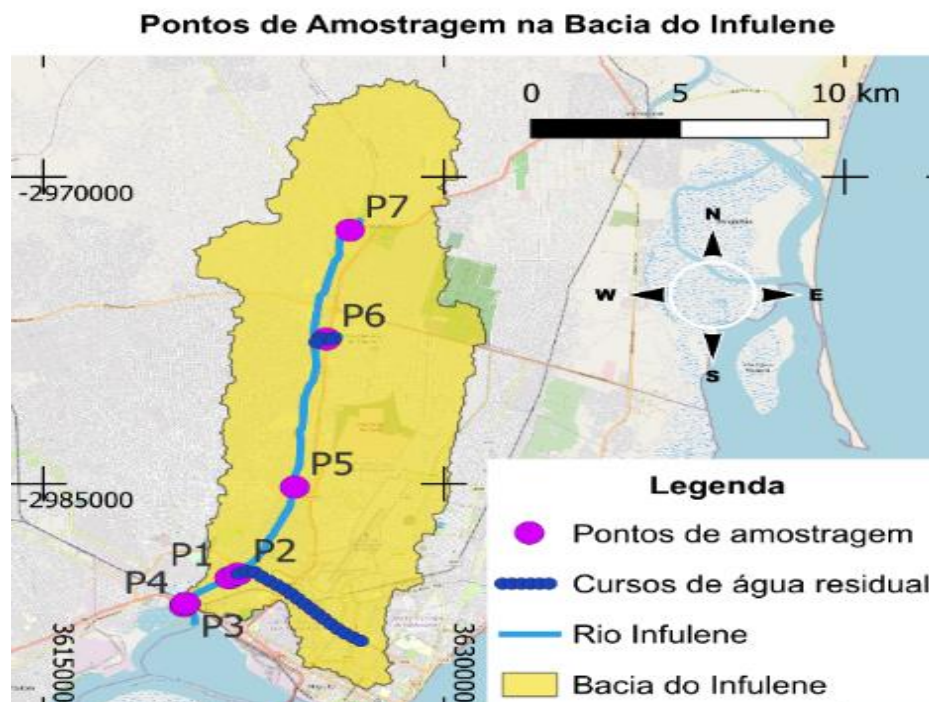


Figura 5: Mapa da área de estudo – Bacia do Rio Infulene.

Este trabalho tem como área de estudo a Bacia do Rio Infulene ilustrada na figura 5, localizada em Maputo, com nascente no Bairro Intaka. Desagua no Estuário do Espírito Santo, servindo de limite entre os municípios de Maputo e Matola. Possui cerca de 20 km de extensão, 500 m de largura média, com uma área de 185 km² e uma descarga total que varia de 2 a 7m³/s (Mongo, 2024).

O Estuário do Espírito Santo é um braço-de-mar na margem ocidental da Baía de Maputo onde desaguam 4 rios: o Tembe, o Umbeluzi, o Matola e o Infulene. Sua profundidade máxima é de 11 metros, com os canais dragados (Litulo, et al., 2023)

A parte das margens não modificada pelo homem é povoada por mangais e encontra-se submetida a enorme pressão pelas referidas actividades económicas. No entanto, o estuário é ainda utilizado por muitos pescadores, uma vez que ali abunda camarão e outros mariscos (Litulo, et al., 2023).

A principal origem da água do Rio Infulene é a das infiltrações das encostas arenosas, muito explorada pelo sector familiar, privado e cooperativo para irrigação de hortifruticulturas (Rodrigues, 2025).

3.2. Amostragem

3.2.1. Escolha dos pontos de amostragem

Os pontos de amostragem foram escolhidos tendo em consideração a existência de fábricas com grande capacidade de emissão de efluentes e a grande afluência dos agricultores ao longo do rio Infulene que contribuem para a contaminação das águas. Foram escolhidas para este estudo as fábricas: Fapacar (fábrica de papel) no bairro Zona Verde, 2M (fábrica de cervejas) no bairro de Infulene, e os outros pontos foram definidos em função da quantidade de plantas e “tapete verde” visualmente notáveis, que são: Zimpeto (1 campanha), Bairro Luís Cabral próximo a Linha Férrea (3 campanhas) e na Zona do Mangal – Estuário Espírito Santo (3 campanhas). Para uma análise comparativa, também foi selecionado um outro ponto de extrema importância, uma das nascentes do Rio, em Intaka (Próximo à ponte).

3.2.2. Critérios de escolha dos pontos de amostragem

Para a escolha dos pontos de amostragem, com as coordenadas indicadas na tabela 4, recorreu-se ao método visual, que consistiu em dar atenção a presença de componentes atípicos na água tais como, cor da água, presença de plantas, surgimento de algas e cianobactérias e morte de peixes.

Tabela 4: Coordenadas dos pontos de amostragem.

Pontos de amostragem	Latitude (°)	Longitude (°)
<i>P1 - Pontinha da 2M</i>	-25.923493	32.536692
<i>P2 – Junção de águas do esgoto e fluvial</i>	-25.921853	32.539633
<i>P3 – Linha férrea</i>	-25.933866	32.521774
<i>P4 – Mangal</i>	-25.934439	32.521345
<i>P5 – Fapacar</i>	-25.887496	32.558690
<i>P6 – Zimpeto</i>	-25.822570	35.566105
<i>P7 – Ponte Intaka</i>	-25.785991	32.577292

Cor da água



Figura 6: Coloração da água da Bacia do Rio Infulene.

Segundo a revista Digital Water, a cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferior a 1 μm – denominadas coloides – finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês), é incolor (Ministério da Saúde, 2008).

A água do Rio Infulene, com excepção das nascentes, apresenta uma coloração castanha conforme ilustrado na figura 6, que se aproxima a cor de areia (amarela) num troço do Rio noutra parte uma cor mais escura/preta devido a presença de substâncias orgânicas dissolvidas.

Presença de grande quantidade de plantas

O crescimento excessivo das plantas conforme apresentado na figura 7 a) dá-se devido a enorme quantidade de nutrientes presentes neste Rio, proveniente de descargas residuais de empresas, esgoto domésticos e arraste de águas de regadio das culturas. Na imagem 7 a), é ilustrada a situação na qual as plantas dominaram a camada superficial do Rio formando um tapete, no qual até um homem pode manter-se de pé sem pisar a água.

Presença de peixes mortos

A morte de espécies marinhas conforme o exemplo ilustrado na figura 7 b) significa que há redução da quantidade de oxigénio disponível na água.

Surgimento de algas e cianobactérias

Em algumas regiões do Rio fica evidente a presença de nitrogénio e fósforo, devido em excesso, refletida no crescimento acentuado de organismos como algas e cianobactérias criando a camada verde que é ilustrada na imagem 7 c) e d).

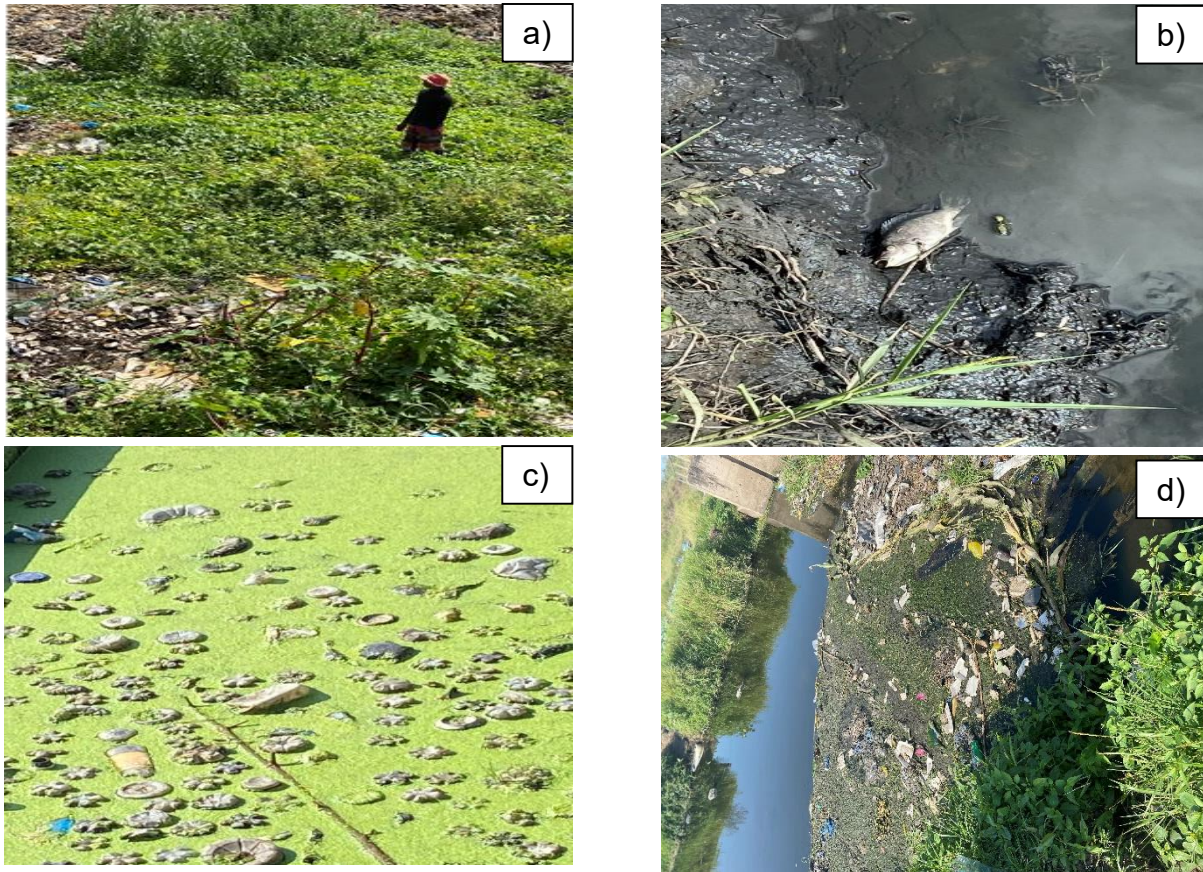


Figura 7: a) Crescimento excessivo de plantas sobre o rio. b) Peixes mortos. c) Proliferação de algas. d) Proliferação de algas e crescimento de plantas.

Conservação e transporte de amostras para o laboratório

A conservação das amostras teve início no local da amostragem logo após a colecta, foram colocados em frascos de plástico devidamente higienizados; acondicionados em um colmam que continha gelo, para conservar a temperatura da amostra. A posterior, foram refrigerados numa geleira a temperatura de 4 °C por 3 dias.

3.3. Procedimentos para análise dos parâmetros

Determinação de pH, electrocondutividade, temperatura e oxigénio dissolvido

O parâmetro electrocondutividade foi medido pelo condutímetro, e pH pelo pH-metro, 1 oxigénio dissolvido foi medido pela sonda multiparâmetros Revio, todos por leitura directa.

Determinação da demanda bioquímica do oxigénio

Materiais e equipamentos:

- Garrafas de tampa esmerilada com volume compreendido entre 250 a 300ml;
- Soluções de CaCl_2 , MgSO_4 , FeCl_3 e solução tampão de fosfato;
- Água destilada suficiente para o número de réplicas que se deseja analisar.
- Sonda Hach LDO 101;
- Secador;
- Incubadora.

Procedimento:

Garrafas de incubação: foram usadas garrafas com aproximadamente 300ml de capacidade, com tampa esmerilada. Foram higienizadas com detergente, enxaguadas, e drenadas toda água com auxílio de um secador de recipientes à temperatura de 240°C, antes da utilização.

Incubadora de ar: foi estabelecida uma temperatura de 20 ± 1 °C. Excluiu-se toda a luz, evitando a possibilidade de produção fotossintética de oxigénio dissolvido, duas horas antes de se dar início a experiência.

Procedimento experimental

Antes de iniciar a experiência, assegurou-se que tanto as amostras assim como o ambiente estivessem a uma temperatura de 20 ± 1 °C, portanto, as amostras foram retiradas da geleira e foram colocadas na incubadora à temperatura desejada.

De seguida, preparou-se a água de diluição. Adicionou-se num frasco de vidro com o volume maior em relação a quantidade desejada de água de diluição; para cada 1L de água destilada (para três frascos de DBO caso o procedimento seja feito em

¹ O oxigénio dissolvido sofre alteração caso não seja medido *in-situ*. E a medida que a água colocada em um recipiente de colecta é retirada do mesmo, esse valor tende a aumentar o erro na sua leitura.

três réplicas) adicionou-se 1000µl das seguintes soluções: CaCl₂, MgSO₄, FeCl₃ e solução tampão de fosfato.

Segundo Baird, et al., (2017) para águas do rio poluído, o intervalo de diluição varia de 25-100% do volume da amostra. Para este caso, foi usado 90% do volume da amostra e colocado em um recipiente de vidro apropriado para o ensaio de DBO e o resto do frasco foi preenchido com a água de diluição.

Posteriormente, foi feita a leitura de oxigênio dissolvido com auxílio da Sonda Hatch LDO 101, no primeiro dia, e a amostra ficou incubada por 5 dias, a uma temperatura de 20°C, e foi feita a última leitura de oxigênio dissolvido no quinto dia de incubação. E por fim, determinou-se o DBO₅ recorrendo a equação 1.

Determinação da demanda química de oxigênio

Para determinação da demanda química de oxigênio foi usada a relação entre DQO e DBO, representada pela equação 2.

Determinação de fósforo total, nitratos, nitritos e alcalinidade

O fósforo total, os nitratos, nitritos e a alcalinidade foram determinados com recurso a *kits* TNT plus® Reagents (conjunto de reagentes pré-dosados).

Materiais e equipamentos:

- TNT 843 ou 845 – fósforo total;
- TNT 835 ou 836 – nitratos;
- TNT 839 – nitritos;
- TNT 870 – alcalinidade,
- Espectrofotómetro Hach DR3900;
- Reactor térmico Hach DRB200 (para digestão);
- Pipetas automáticas e ponteiros estéreis;
- Tubos de amostragem limpos e secos;
- Água destilada (para brancos e diluições).

Procedimentos experimental específico:

a) Fósforo total (TNTplus 843 ou 845)

Adicionou-se 5mL da amostra até a marca na ampola TNTplus de seguida fechou-se o tubo e aguardou-se que se homogeneizasse. Posteriormente, o tubo foi colocado no termorreactor DRB200 a 100-120 °C por 30min; Deixou-se arrefecer e de seguida foi feita leitura no DR3900, que reconheceu o código de barras e fez a leitura automaticamente.

b) Nitratos (TNTplus 835 ou 836)

Introduziu se 10mL da amostra até a marcação, no tubo TNT835; Fechou se o tubo, agitou se suavemente e deixou se reagir por 10min (conforme indicado). De seguida o tubo foi introduzido no DR3900 e efectuou-se a leitura automática.

c) Nitritos (TNTplus 839)

10mL da amostra foram adicionados ao tubo TNT 839; Fechou se o tubo, misturou se e deixou se reagir por 20min. De seguida foi lido directamente o código de barras no DR3900 (a aproximadamente 507nm).

d) Alcalinidade (TNTplus 870)

Adicionou-se 5mL da amostra no tubo TNT 870, fechou-se o tubo e aguardou-se o tempo de reacção especificado (aproximadamente 2 minutos). Depois da dissolução, o tubo foi introduzido noDR3900 para leitura automática do código de barras.

Determinação de coliformes e E. Coli

A determinação de coliformes totais e Escherichia coli foi realizada segundo o método Quanti-Tray/2000 (IDEXX), utilizando o reagente Colilert.

Materiais e reagentes

- Placas Quanti-Tray/2000 com meios Colilert ou equivalente (fornecidos pelo fabricante);
- Reagente colitert 18 (IDEXX);
- Álcool 70%;
- Balança ou pipeta para medir volumes de amostra;
- Selador térmico Quanti-Tray;
- Incubadora ajustável à temperatura recomendada (geralmente 35-37°C);

- Luz UV portátil (365nm) ou cabine para observação da fluorescência;
- Água destilada para diluições, se necessário;
- Tabela MPN/100MI (IDEXX) para interpretação dos resultados.

Temperatura: Neste processo é também importante garantir que a temperatura seja respeitada para alcançar melhor resultado. Ligou-se a incubadora a uma temperatura de 32°C e as amostras que estavam condicionadas na geladeira a 4°C, foram retiradas uma hora antes de se iniciar a experiência para atingir que estejam a temperatura ambiente.

Procedimento geral: Esterilizou-se o balcão com álcool 70% e a placa foi disposta sobre o mesmo. Neste caso, foram feitas diluições de 1ml de amostra para 100ml com água destilada por duas vezes (Factor de diluição: 1-10000).

De seguida adicionou-se Colilert-18 (reagente), e agitou-se até a dissolução completa. A mistura foi depois introduzida na placa, a qual foi selada termicamente no selador, e depois foi etiquetada. O processo foi repetido para as outras placas que representavam cada uma, um ponto da área de estudo.

De seguida, todas as placas foram levadas a incubadora durante 24h. Após o período de incubação, as placas foram retiradas da incubadora e dispostas no balcão devidamente higienizado. Observaram – se as microcâmaras:

- Poços amarelos indicaram presença de coliformes totais;
- Poços amarelados com fluorescência sob luz UV (azulados) indicaram presença de E. Coli.

O número de microcâmaras positivas foi contado e convertido em MPN/100MI utilizando a tabela estatística do Quanti-Try/2000.

Determinação de sólidos totais dissolvidos

A concentração de sólidos totais dissolvidos foi determinada através de sonda multiparámetros Revio, por leitura directa.

Procedimento

Neste processo, o cabo que é usado para leitura de oxigénio dissolvido na água foi introduzido na no rio, em cada ponto escolhido para o estudo e esperou-se atingir a

estabilidade dos valores, que acontecia com o surgimento de um “*emoji* sorridente”. Foi feita a leitura do valor e a sonda foi retirada da água e higienizada com água destilada e novamente introduziu-se na água e assim sucessivamente. Este procedimento foi repetido 3 a 5 vezes em cada ponto e em todas as campanhas.

Determinação da turvação

Materiais:

- Turbidímetro da marca Hach;
- Brancos analíticos;
- Toalhas de papel;

Procedimento

Para este procedimento foi primeiramente calibrado o turbidímetro, com recursos aos brancos analíticos, conforme recomendado por Baird, et al., (2017). De seguida, 10ml da amostra foram colocados na cubeta (frasco apropriado para medição da turvação), de seguida, foi higienizada de marcas de impressão digital, resíduos de água entre outros, com recurso a uma toalha de papel seca. Para iniciar a leitura da turvação, pressionou-se no turbidímetro o botão de “*start*” e aguardou-se que o aparelho pedisse que fosse adicionada a cubeta, centralizando a marca branca que aparece na tampa da cubeta com formato de triângulo invertido, com o traço que aparece no aparelho. De seguida, pressionou-se o botão de “*read*”, para se proceder com a leitura dos valores da turvação, fechando a tampa do turbidímetro. O processo cessou, quando foi lido o menor valor de turvação. De seguida, a amostra foi retirada da cubeta; a cubeta foi higienizada com água destilada e posteriormente lavada com água da amostra. Durante esse processo de higienização da cubeta, pode se dar o caso de haver sedimentação das partículas sólidas presentes na amostra, portanto, é necessário agitar a amostra antes de encher a cubeta para uma nova leitura. O processo foi repetido 3 vezes a 5 vezes.

Determinação de clorofila – a

Materiais e equipamentos:

- Papel filtro de 50mm de diâmetro;
- Papel alumínio;

- Geleira;
- Acetona 90%;
- Metanol 100%;
- Espectrofotometro UV-VIS de feixe único;
- Gral e pistilo;
- Proveta graduada;
- Água destilada.

Procedimento:

Para análise de clorofila-a, colectou-se 1L de água em cada ponto, em frascos de 500ml, isto é, duas réplicas por ponto. De seguida, a água foi filtrada. Para cada frasco foi utilizado um papel filtro de 50mm de diâmetro, e o filtro foi embrulhado cuidadosamente em papel alumínio para preservar as impurezas. Os papéis foram devidamente identificados através de uma marcação no verso com a data, nome do ponto e número de réplica. De seguida foram conservados na geleira a temperatura de -16°C por 24h.

O passo seguinte foi macerar cada filtro, adicionar 9ml de acetona 90%, agitar a mistura e transferir para um tubo de ensaio, que foi selado com plástico filme e depois envolvido em papel alumínio e devidamente etiquetado. Logo de seguida, foi colocado na geleira a uma temperatura de 4°C por 24h.

Após 24h, agitou-se o tubo, fez-se a leitura das absorvâncias no espectrofotómetro nos comprimentos de onda de 630, 645 e 665nm, após a leitura, colocou-se a amostra em um recipiente pequeno, acidificou-se com algumas gotas de Metanol 100% para conversão da clorofila em feopigmentos. Posteriormente foram corrigidos os valores da turvação em cada um dos comprimentos de onda utilizados durante a análise laboratorial com auxílio da equação 3. Feita a correcção, aplicou-se a equação 4 para a determinação da clorofila-a em cada réplica.

4. Apresentação e discussão dos resultados

Por meio dos resultados obtidos da caracterização dos parâmetros é possível constatar que ao longo do período de amostragem, os parâmetros sofreram diversas alterações. Os valores de oxigênio dissolvido apresentados no gráfico 1a), variam de 1,32mg/l a 4,84 mg/l, e este parâmetro sofre variações em função da temperatura do meio e da pressão atmosférica (CETESB, 2006). Os valores menores que 2mg/l de oxigênio dissolvido na água indicam uma condição perigosa, denominada Hipóxia (baixa concentração de oxigênio dissolvido na água) sinal claro de que o ecossistema está sobrecarregado por matéria orgânica e nutrientes, o que causa a morte de algumas espécies aquáticas e reduz a capacidade de autodepuração do sistema aquático natural, características verificadas em sistemas eutrofizados.

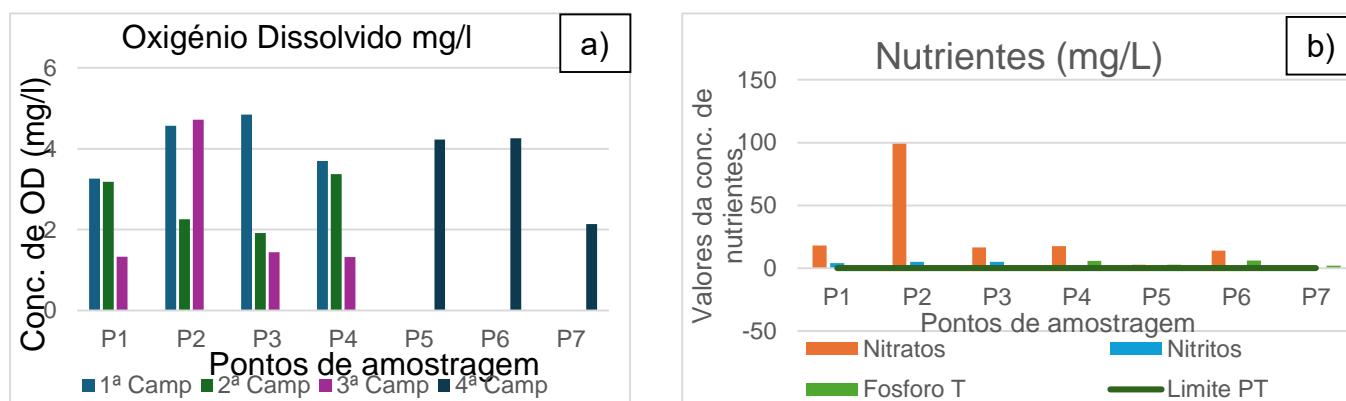


Gráfico 1: a) Gráfico de oxigênio dissolvido. b) Gráfico da conc. de nutrientes.

Os fertilizantes mais usados nas machambas ao longo da Bacia do Rio Infulene são Urea, NPK e bagaço de cevada, que compõem grande quantidade dos compostos de nitrogênio e fósforo. Portanto, verifica-se através do gráfico 1b) que a concentração de nitritos varia de 2 – 5 mg/l, a concentração de nitratos varia de 1,46 – 99 mg/l e a concentração de fósforo varia de 0,52 – 6,21 mg/l. Estes valores estão acima dos limites máximos admissíveis pelo Diploma Ministerial 180/2004. Estes compostos são os principais motores da eutrofização, a sua presença nos corpos de água em altas concentrações, fornece matéria-prima para a proliferação de algas, crescimento excessivo de plantas que quando morrem e decompõem – se, consomem o oxigênio da água, criando zonas mortas onde a vida aquática não consegue sobreviver (Gadelha, et al., 2022/2023). Valores baixos de nutrientes

limitam o crescimento do fitoplâncton e indicam menor risco de eutrofização. Na saúde, o excesso de nitratos na água, se usada para o consumo humano, pode causar problemas graves, como câncer e a meta-hemoglobinemia infantil.

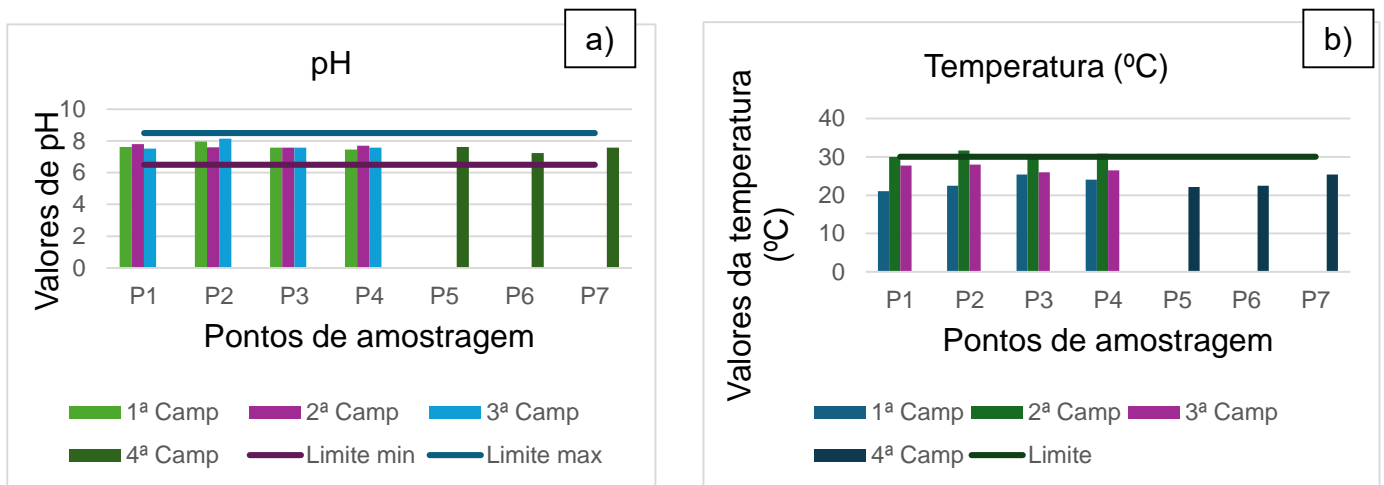


Gráfico 2: a) Gráfico dos valores de pH. b) Gráfico dos valores da temperatura.

O gráfico 2 a) apresenta os valores de pH (7,45 a 8,15) que encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo Diploma Ministerial nº. 180/2004 de 15 de setembro sobre Qualidade da Água para o Consumo Humano, por outro lado é possível observar a variância dos valores o que indica que o rio está poluído. Segundo Water Rangers Organization (2015) valores de pH, na faixa de 8,2 a 8,7 favorecem a floração de algas e quando as algas crescem os níveis de pH podem aumentar e podem atingir valores acima de 10 no verão, e resultaria na morte de todos os peixes. Os valores de pH na faixa de 6,5 a 8,5, como observado nos pontos 2 e 3 da Bacia, situam-se dentro dos limites geralmente considerados favoráveis à maioria dos organismos aquáticos e ao crescimento de fitoplâncton. Dentro desta faixa, as reacções químicas relacionadas com nutrientes permanecem activas: a disponibilidade de fósforo e nitrogénio para o crescimento algal é adequada, e a maioria das bactérias heterotróficas responsáveis pela decomposição de matéria orgânica mantem actividade metabólica eficiente. Valores de pH abaixo de 6,5 podem limitar a actividade microbiana e a solubilidade de nutrientes, retardando o crescimento algal, enquanto valores acima de 8,5 podem reduzir a disponibilidade de certos nutrientes e favorecer espécies específicas de algas que toleram alcalinidade. Portanto, um pH de 6,5 a 8,5 contribui para que os nutrientes presentes no sistema sejam efectivamente utilizados pelas algas, intensificando o processo de eutrófico.

Em regiões de climas quentes e húmidos, a temperatura dos rios pode atingir 30°C, dependendo de factores como temperatura do ar, profundidade da água, exposição solar, presença de correntes e a proximidade de fontes de calor como actividades industriais (Panizza, 2022). A temperatura ao longo da Bacia do Rio Infulene apresentada no gráfico 2 b), varia de 21,1 °C a 31,67°C, a temperatura máxima foi medida nas proximidades da fábrica 2M (ponto 2) e a temperatura mínima foi medida na nascente da Bacia (ponto 7). Altas temperaturas aceleram os processos biológicos do rio, pois, aumentam a taxa metabólica das algas e das bactérias decompositoras, elevando simultaneamente a DBO e a taxa de consumo de oxigénio dissolvido. A combinação de temperatura elevada com abundância de nutrientes e matéria orgânica favorece o crescimento rápido de fitoplâncton, aumentando a turvação e potencializando quedas de oxigénio. Em temperaturas baixas, esses processos seriam mais lentos, podendo permitir maior equilíbrio entre produção e consumo de oxigénio.

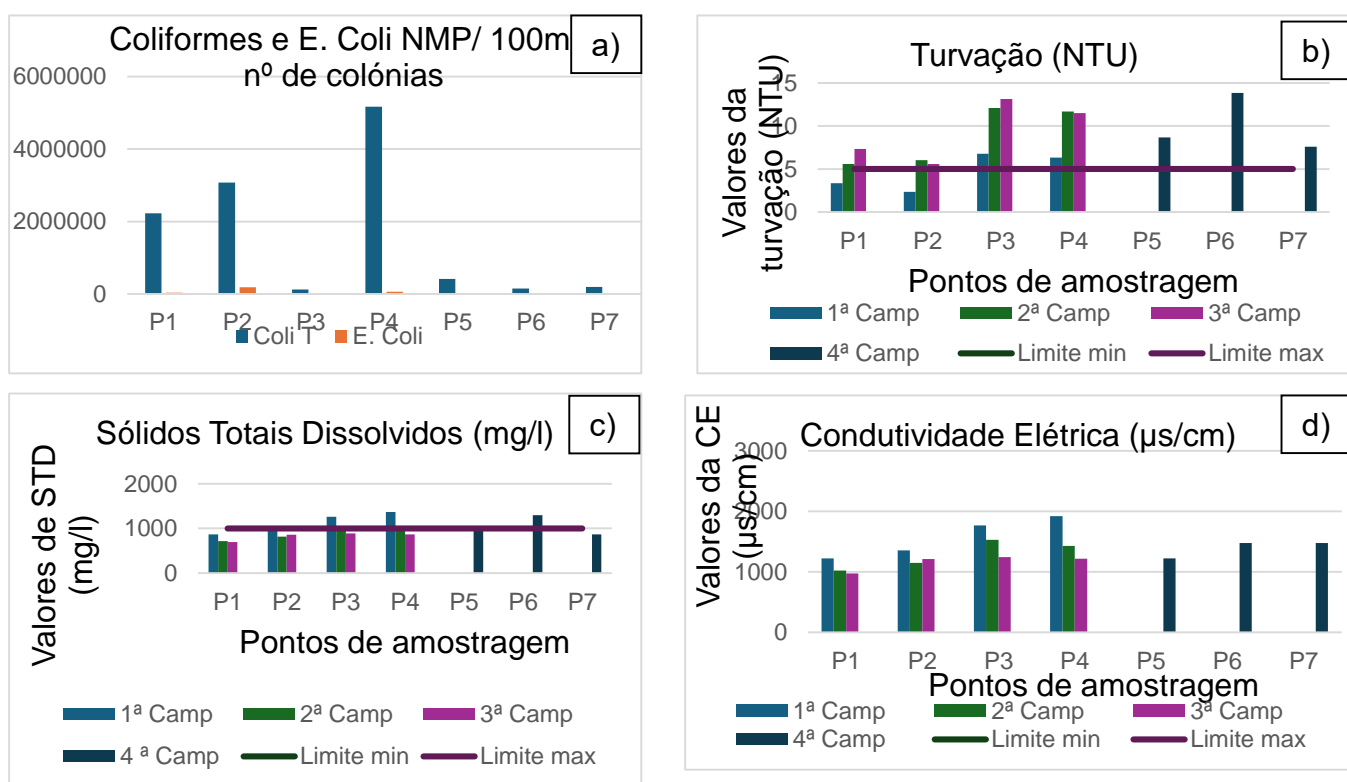


Gráfico 3: a) Gráfico dos valores de coliformes. b) Gráficos dos valores da turvação. c) Gráfico da conc. de STD. d) Gráfico de valores de CE.

É comum a contaminação de águas por coliformes fecais e E. Coli, indicando que a presença destes microorganismos podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade da água para o consumo Humano (Oliveira, et al., 2015). Este parâmetro

foi analisado devido aos ductos de fezes construídos pelos moradores ao longo do Rio, isto nas proximidades do mangal (ponto 4) e na zona Luís Cabral (ponto 3). Segundo o Diploma Ministerial nº. 180/2004 Sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano, é recomendada a ausência destes dois indicadores na água destinada ao consumo humano. A análise microbiológica indicou valores entre 1.22×10^5 e 5.172×10^6 para coliformes fecais e de 10^4 à 1.89×10^5 para E. Coli, conforme ilustrado no gráfico 3 a). Os valores altos sugerem que há entrada contínua de poluentes orgânicos, enquanto os valores baixos indicam menor afluência de esgoto ou material orgânico de origem animal ou humana. A presença de coliformes está associada ao aumento de DBO e nutrientes (nitratos, nitritos e fósforo), reforçando o quadro de eutrofização na Bacia do Rio Infulene.

O gráfico 3 b) corresponde aos valores de turvação da água da Bacia do Rio Infulene, mostrando resultados que variam de 2,34 NTU a 13,84 NTU, fora do limite máximo admissível que é 5 NTU pelo Diploma Ministerial 180/2004. Estes dados refletem a eutrofização da Bacia devido a presença de fitoplâncton ou material orgânico particulado, indicando blooms algais activos ou recentes que reduzem ou impedem em alguns pontos da mesma Bacia a penetração da luz solar, prejudicando a fotossíntese de plantas submersas e contribuindo para o acúmulo de matéria orgânica no fundo do rio. Valores baixos de turvação indicam águas mais claras, com menor quantidade de partículas em suspensão, sugerindo menor impacto da eutrofização.

Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) ao longo da Bacia do Rio Infulene variam de 693 mg/l a 1366,67 mg/l, apresentados no gráfico 3 c). Os valores acima de 1000mg/l encontram-se fora do limite admissível pelo Diploma Ministerial 180/2004 e estes foram lidos nos pontos 3, 4 e 6, localizados entre o bairro de zimpeto e fábrica 2M. Os STD afectam o sabor, cor e odor e são constituídos na maior parte sais inorgânicos, como, cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos, podem também sofrer influência por actividades humanas como descargas de efluentes industriais e aplicação de fertilizantes agrícolas (Zonta, et al., 2008). Valores altos indicam maior quantidade de nutrientes disponíveis, incluindo nitratos e fosfatos solúveis, que alimentam o crescimento de algas e os

valores baixos indicam menor concentração de solutos dissolvidos, caracterizando águas mais oligotróficas e menos susceptíveis a blooms.

Para se avaliar a condutividade elétrica, deve-se levar em consideração factores como local, época de colecta e origem da amostra analisada, pois a mesma é variável de acordo com tais características (Ribeiro, et al., 2005 como citado em Nolasco, et al., 2020). Um menor traço de uma impureza iônica leva a um grande aumento da condutividade, é evidente a presença de impurezas visto que os valores da condutividade variam entre 973 à 1919 $\mu\text{S}/\text{cm}$ da Bacia do Rio Infulene, ilustrados no gráfico 3 d). Estes estão dentro do limite máximo admissível pelo Diploma Ministerial 180/2004. Altos valores de condutividade eléctrica são, portanto, indicativos de maior presença de sais e nutrientes dissolvidos, que alimentam o crescimento de algas e plantas aquáticas, intensificando o processo de eutrofização. A medida que as algas proliferam, parte dos nutrientes é assimilada pela biomassa fitoplanctónica; contudo, quando essa biomassa morre e se decompõe; há libertação de mais iões e compostos dissolvidos no meio, o que pode manter ou até aumentar os valores de condutividade. Além disso, o aumento da condutividade está associado a redução de OD, uma vez que a decomposição da matéria orgânica consome oxigénio e altera o equilíbrio químico da água. A DBO e a DQO também tendem a aumentar com o aumento da condutividade, pois refletem a carga de matéria orgânica e substâncias oxidáveis presentes.

Por outro lado, valores baixos de condutividade eléctrica indicam menor concentração de sais e nutrientes dissolvidos, caracterizando águas mais puras, com menor grau de mineralização e, conseqüentemente, menor risco de eutrofização. Esse cenário é típico de rios oligotróficos, onde a produtividade biológica é baixa, o oxigénio dissolvido se mantém elevado e o equilíbrio ecológico é mais estável.

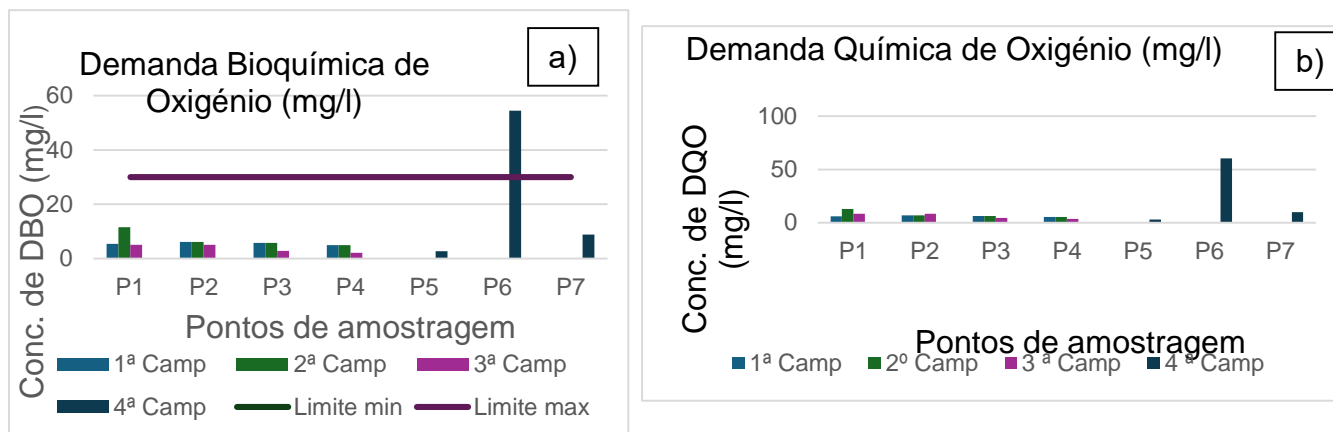


Gráfico 4: Gráfico da conc. de DBO. b) Gráfico da conc. de DQO.

Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica do oxigênio (DBO) e demanda química do oxigênio (DQO) são utilizados como parâmetros para avaliação do grau e capacidade de autodepuração de rios (SIR, 1997). De forma geral, valores de DBO entre 1 a 2 mg/l são considerados característicos de rios limpos, enquanto valores mais elevados (10 a 300 mg/l ou mais) indicam poluição orgânica, e valores de DQO acima de 120 mg/l podem indicar a necessidade de tratamento biológico (Vasco, et al., 2011).

Os valores de DBO ilustrados no gráfico 4 a) apresentam uma pequena variação (2,78 – 6,15 mg/l) entre o período chuvoso e seco, no período chuvoso os valores foram baixos devido a diluição proporcionada pelo aumento da vazão, no período seco, o valor 11,55 mg/l é explicado pela presença de matéria orgânica de indústrias e de vegetais em decomposição.

Os resultados de DQO (3,5 – 60,53 mg/l) mostrados no gráfico 4 b) indicaram grandes variações entre os valores tanto no período chuvoso (durante as campanhas 1 e 2) quanto no período seco (campanha 3). Valores altos de DQO refletem presença significativa de matéria orgânica total ou poluentes químicos podendo intensificar a pressão sobre o oxigênio dissolvido e os valores baixos indicam menor carga de matéria orgânica ou poluentes, caracterizando águas com menor potencial de eutrofização. Essas variações podem ser provocadas pela influência do comportamento hidrológico, características dos efluentes domésticos, agrícolas e industriais lançados no rio.

Relacionando DBO: DQO podemos constatar que a Bacia do Rio Infulene recebe esgotos oriundos de várias fontes (doméstica, comercial e industrial) que

potencialmente contribuem tanto com compostos biodegradáveis quanto com uma parcela de compostos orgânicos de difícil degradação biológica (Bollmann & Marques, 2006 como citado em Vasco, et al., 2011).

Tabela 5: Resultados da análise de clorofila-a.

Amostra	Clorofila-a (mg/L)	Clorofila-a (µg/L)
1	0,059787	59,787
2	0,416597	416,597
3	0,14235	142,35
4	0,15786	157,86

A tabela 5 ilustra os resultados obtidos da análise da clorofila-a na Bacia do Rio Infulene, nos pontos críticos de amostragem (1, 2, 3 e 4). Os valores entre 59,78 a 416.60 µg/L indicam que rio apresenta um estado hipertrófico, evidenciando uma alta biomassa fitoplanctônica resultante do excesso de nutrientes (nitrogênio e fósforo) provenientes de escoamento agrícola, efluentes domésticos, resíduos orgânicos e esgotos industriais com elevada concentração matéria orgânica. Estes valores ultrapassam amplamente os limites estabelecidos para águas eutrofizadas (8-25 µg/L) confirmando o avanço do processo de eutrofização. Esse efeitos refletem-se nos parâmetros anteriormente analisados, caracterizando alterações típicas de ecossistemas eutrofizados, tais como redução do OD, aumento da turvação, elevação do pH, maior DBO. Observa-se que nos pontos críticos, esse padrão se confirma de forma consistente: há concentrações elevadas de nutrientes (nitratos, nitritos e fósforo), turvação, coliformes, DBO, DQO e STD, acompanhados de valores baixos de oxigênio dissolvido. Essa combinação indica que há transporte contínuo de matéria orgânica e nutrientes que favorece o crescimento algal, eleva a carga de decomposição microbiana e reduz a disponibilidade de oxigênio, comprometendo a qualidade do ecossistema.

Por outro lado, quando os valores de pH se mantêm na faixa de 6,5 e 8,5 e a temperatura é de aproximadamente 30°C, criam-se condições químicas e biológicas ideias para que os nutrientes disponíveis sejam rapidamente assimilados por algas promovendo blooms e aumentando a DBO e a turvação, esse cenário intensifica a redução de OD, especialmente após a morte e decomposição da biomassa algal,

reforçando a associação entre altos valores de nutrientes, coliformes, DBO, DQO, turvação e STD com baixos níveis de oxigénio, ou seja, caracteriza um estado fortemente eutrofizado da bacia.

Valores baixos de todos os parâmetros de poluição, associados a OD elevado, indicam águas oligotróficas, com menor risco de blooms e de impacto ecológico.

5. Impactos e medidas de mitigação

5.1. Impactos

Alguns dos principais prejuízos do fenómeno da eutrofização constatados na Bacia do Rio Infulene são:

- Redução da quantidade de oxigénio dissolvido na água, o que provoca morte de espécies aquáticas, como os peixes;
- Aumento exagerado de algas e outras plantas aquáticas;
- Libertação de gases com odores desagradáveis;
- Redução do potencial recreativo;
- Redução da actividade pesqueira.

5.2. Medidas de mitigação

O plano de acção para mitigação dos impactos da eutrofização no Rio Infulene apresentado na tabela 5, foi elaborado com base em pesquisas e estudos recentes e pelas medidas adoptadas pela Finlândia especialmente em águas costeiras (como as do mar Báltico) e em bacias hidrográficas agrícolas. Muitas das estratégias combinam regulação, incentivos, práticas agrícolas sustentáveis e soluções baseadas na natureza. A adopção dessas medidas permitiu-lhes reduzir em cerca de 3% da carga total de nitrogénio agrícola no período de 1990 a 2010 (MEF, 2023-2027). Em águas residuais urbanas, os níveis de remoção de fósforo são bastante altos (geralmente acima de 90-95%) nos grandes centros, o que já contribui significativamente para as reduções gerais, em aproximadamente 70% entre 1981 a 2016 (MEF, 2023-2027).

Para mitigar a eutrofização, medidas podem ser tomadas tanto em fontes externas quanto no próprio corpo de água. Isso inclui reduzir a entrada de nutrientes, tratar

águas residuais, gerenciar o uso de fertilizantes, proteger áreas próximas ao rio, e promover a conscientização pública.

Tabela 5: Tabela de medidas de mitigação.

Impacto/problema	Possível solução	Resultado esperado
<i>Excesso de nutrientes no rio.</i>	Remoção de plantas sobre o rio; Preservação de matas ciliares (vegetação nativa ao longo do rio).	Aumento da incidência da luz solar, aumentando as trocas gasosas; Filtração de nutrientes e redução da erosão do solo, diminuindo a entrada de poluentes.
<i>Acúmulo de resíduos que impedem o fluxo normal do rio.</i>	Remoção de lamas; Placas de filtração nos ductos das casas e indústrias.	Aumento do fluxo do rio, propiciando a capacidade de auto-depuracção; Redução da coloração escura da água e do odor;
<i>Excesso de nitrogénio e fósforo no rio.</i>	Monitoramento dos adubos usados pelos agricultores; Estudo da possibilidade de uso de adubos biodegradáveis; Alternância pontual de revolvimento em sistemas de plantio directo.	Redução d uso de adubos industrializados e a bioacumulação no fundo do rio. Redução da estratificação do P no solo.

Fonte: (Tribunal de Contas Europeu, 2016).

6. Conclusão

A análise realizada ao longo da presente pesquisa demonstra que os objectivos inicialmente estabelecidos foram alcançados fornecendo evidências que a Bacia do Rio Infulene é hipertrófica. Com base na análise integrada de dados qualitativos e quantitativos, foi possível identificar que as práticas agrícolas adoptadas nas margens do rio, sobretudo o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, têm contribuído significativamente para a deterioração da qualidade da água, provocando um processo acelerado de eutrofização.

A análise das actividades realizadas ao longo da Bacia do Rio Infulene revelou que as práticas agrícolas, especialmente o uso indiscriminado de fertilizantes e a falta de saneamento adequado, são os principais factores responsáveis pela eutrofização da água, por outro lado, a presença de esgotos domésticos e industriais contribuem para o aumento de carga de nutrientes como nitrogénio e fósforo.

Com a caracterização da composição dos adubos e fertilizantes usados nas machambas foi possível identificar que os mesmos têm uma composição rica em nutrientes como nitrogénio (N) e fósforo (P) e potássio (K), que quando não aplicados de maneira controlada acabam contribuindo para o aumento de substâncias em excesso no ambiente aquático.

As amostras para análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água da Bacia do Rio Infulene apresentaram elevados níveis de nutrientes como nitritos, nitratos e fósforo, além de elevadas concentrações de coliformes fecais e *E. coli*, indicando a degradação da qualidade da água com implicações directas à saúde pública e para sustentabilidade do ecossistema aquático. Comprometendo o consumo e a irrigação de culturas.

As consequências da eutrofização na Bacia do Rio Infulene são evidentes, incluem a redução da biodiversidade aquática, a morte de peixes devido à falta de oxigénio e a alteração do equilíbrio local. Socialmente as comunidades a beira do Rio enfrentam problemas como a contaminação das fontes de água e redução da actividade pesqueira, essencial para o sustento da população.

6.1. Recomendações

Depois da realização deste trabalho, ficam as seguintes recomendações:

- Fazer o controlo periódico e minucioso das descargas no Rio, proveniente das fábricas;
- Constante formação para os agricultores em relação ao uso e aplicação dos adubos;
- Envolvimento da população nas campanhas de limpeza do Rio;
- Estudos e investigações contínuas em busca de novas técnicas e medidas mais acessíveis para remediação da eutrofização.

7. Referências bibliográficas

Adjovu, G. E., Stephen, H. & Ahmad, S., 2023. Spatiotemporal variability in total dissolved solids and total suspended solids along the Colorado river. *MDPI*, 10(6).

Alcarde, J. C., Guidolin, J. A. & Lopes, A. S., 1998. *Os adubos e a eficiência das adubações*, São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos - ANDA.

Anon., 2023. *BRK Saneamento*. [Online] Available at: https://blog.brkambiental.com.br/descarte-de-lixo/?utm_source [Acedido em 2024].

APHA; AWWA; WEF, 2017. *Standard Methods - for the examination of water and wastewater*. 23 ed. Washington, DC(Nova Yorque): Standard Methods Online.

Baird, R. B., Eaton, A. D. & Rice, E. W., 2017. *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23 ed. Washington, DC: APHA, AWWA, WEF.

Billota, G. S. & Brazier, R. E., 2008. Understanding the influence of water suspended solids on water quality and aquatic biota. *ELSEVIER - Water Research*, pp. 2849-2861.

Bollmann, H. A. & Marques, D. M. L. d. M., 2006. *Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária*, s.l.: s.n.

Braile, P. M. & Cavalcanti, J. E. W. A., 1979. Manual de tratamento de águas residuárias. *CETESB*.

Brasil, A., 2021. *Avaliação da qualidade da água*. [Online] Available at: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua doce/avaliacao da qualidade da agua.html [Acedido em Agosto 2024].

CAE, 2014. *Determinação de clorofila-a e feofotina-a: Método espectrofotométrico*, São Paulo: s.n.

Carneiro, H. A. et al., 2015. *Monitoramento da Qualidade da Água de Cinco Rios do Litoral da Paraíba: Coliformes Fecais*, s.l.: Revista Brasileira de Gestão e Sustentabilidade.

CETESB, 2006. *Mortandade de peixes*. [Online] Available at: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/> [Acedido em 2024].

Cunha, D. G. F. & Calijuri, M. d. C., 2011. Eutrofização e ecossistemas aquáticos: causas, consequências e estratégias de controle. *Revista Ambiente e Água*, 6(2), pp. 6-17.

de Resende, J. C., Gutierrez, E. B., Vieira, H. & Paschoal, L. R., 2018. *Revisão dos métodos de determinação de nitrogénio e fósforo totais visando ao monitoramento em tempo real em cursos d'água*. Rio Grande do Sul, s.n.

Esteves, F. A., 2011. Impactos antrópicos nas lagoas costeiras do norte do estado de Rio de Janeiro: uma revisão sobre a eutrofização artificial e gases de efeito estufa.. *Revista Brasileira de Política e Gestã Ambiental*, pp. 13 (32), 703-728.

Fair, G. M., Geyer, J. C. & Okun, D. A., 1968. *Water and wastewater engineering*. New York: John Wiley & Sons.

Franco, B. D. G. d. M. & Landgraf, M., 2008. *Microbiologia dos alimentos*. 2 ed. São Paulo: Editora Atheneu.

Gadelha, J. E. F. d. S. et al., 2022/2023. *Consequências da eutrofização em corpos hídricos*, Rio Verde - Goiânia: Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro.

Jay, M. J., Loessener, M. J. & Golden, D. A., 2005. *Modern food microbiology*. 7 ed. Nova Iorque: Editora Springer.

Johan, F., Jafri, M. Z., Lim, H. S. & O, W. M. W., 2015. Laboratory Measurement: Chlorophyll-a Concentration Measurement with Acetone Method Using Spectrophotometer. *ResearchGate*, Março. pp. 745-748.

Kumar, P. M. & Probahar, C., 2012. Physico-chemical parameters of river water: A Review. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, pp. 2-4.

Kuroda, E. K. et al., 2023. Determinação de clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento. *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*.

Langa, J. S., 2022. *Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na região da bacia do rio Infulene*, Maputo: Universidade Eduardo Mondlane .

Langa, J. S. & Dinis, J., 2021. Avaliação da água para o consumo humano na bacia do rio Infulene. *Livro de Resumos do 16º Simpósio Luso-Brasileiro de Gestão e Planeamento de Bacias Hidrográficas (16 SILUSBA), Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH)*, p. 85.

Langanke , R., 2000. *Eutrofização*. [Online] Available at: https://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_eutro.htm [Acedido em Outubro 2023].

Litulo, C., Fernandes, R. S., Soares, M. & Pereira, M. A. M., 2023. *Estudo sobre os mangais do distrito da Matola e Estuário do Espírito Santo, Baía de Maputo*, Maputo: Não Publicado.

M., J. V. & S. , P. G., 2013. Assessment of Water Parametrs: A Review. *Open Access*, p. 2033.

Matic', N. et al., 2013. Geochemical and isotropic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia). *Journal of Geochemical Exploration*, Setembro, Volume 132, pp. 90-110.

Matsinhe, A. A., 2017. *Uso da água poluída para irrigação de hortícolas consumidas em Maputo: ameaça à saúde pública.*, Maputo: Repositório de Monografias da UEM.

McGraw-Hill Companies, Inc., 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and reuse*. Em: T. U. Press, ed. *Wastewater Engineering: Treatment and reuse*. 4 ed. Pequim: Metcalf & Eddy, Inc., pp. 50-70.

MEF, 2023-2027. *Programme: Improving the state of waters and marine areas*. Finland: Minitry of the Environment Finland.

Metcalf & Eddy, I. et al., 2014. *Wastewater engineering: treatment and resource recovery*. 5 ed. New York: McGraw - Hill Education.

Minas, T. d., 2010. *Aula 4 - Parâmetros de qualidade da água*. [Online] Available at: <https://www2.ufjf.br/nupis/files/2010/09/aula-4-qu%C3%ADmica-anal%C3%ADtica-ambiental.pdf>

Ministério da Saúde, F. N. d. S., 2008. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. *Digital Water*, Volume 4.

M, J. V. & S., P. G., 2013. Assessment of water parameters: A review. *Open Access*, p. 2033.

Mongo, C. S., 2024. *Simulação de manchas de inundação e avaliação da intrusão salina na Bacia hidrográfica do Infule, considerando o efeito das mudanças climáticas, por meio da simulação hidráulica*, Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.

Mota, H. R. & Rolla, M. E., 2011. *As Cianobactérias e a Qualidade da Água: A importância de estar sempre atento*, Minas Gerais: Companhia Energética de Minas Gerais.

Nhantumbo, H. F., 1985. *Avaliação da qualidade da água do rio Infulene*, Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.

Nolasco, G. M. et al., 2020. Análise da Alcalinidade, Cloretos, Dureza, Temperatura e Condutividade em Amostras de Água do Município de Almenara - MG. *Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara - MG*.

Oliveira, A. J. d., Santos, M. C. H. G., Itaya, N. M. & Calil, R. M., 2015. *Coliformes Termotolerantes: Bioindicadores da Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano*, São Paulo : ASA - Atas de Saúde Ambiental .

Omer, N. H., 2020. *Water Quality - Science, Assessments and Policy*. Londres: IntechOen.

Panizza, G. R., 2022. *Efeito da temperatura sobre o metabolismo e excreção de *scleromystax macropterus* e *macrobachium* na Bacia do Rio Preto*, s.l.: Universidade Estadual Paulista - Unesp.

Pereira, L. D. A., 2013. *Saber Ecológico: O fitoplâncton e nossas águas*, Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais .

- Pradeep, V., Deepika, C., Urvi, G. & Hitesh, S., 2011. Water Quality Analysis of an Organically Polluted Lake by Investigating Different Physical and Chemical Parameters. *Internacional Journal of Research in Chemistry and Environment*, p. 106.
- Raven, H. P., Berg, R. L. & Hassenzahl, D. M., 2012. *Environment*. s.l.:Wiley - John Wiley & Sons, Inc..
- Reis, R. d., 2010. *Meio ambiente e sustentabilidade*. São Paulo: Moderna .
- Ribeiro, G. M., Maia, C. E. & de Medeiros, J. F., 2005. *Uso de regressão linear para a estimativa da relação entre a condutividade eléctrica e a composição iónica da água de irrigação*, s.l.: Revista Brasileira de Engenharia Agrária e Ambiental.
- Rodrigues, M. B., 2025. *Uso da água para irrigação*. [Online] Available at: <https://moztimes.com/blog/uso-de-agua-poluida-para-irrigacao-de-hortícolas-consumidas-em-maputo-ameaca-saude-publica/> [Acedido em 2025].
- Rosini, C. G. & Teixeira, N. T., 2018. *Bagaço de cevada como fonte de matéria-orgânica para o solo*, Espírito Santo: s.n.
- Schindler, D. W., 1977. Evolution of phosphorous limitation in lakes.. *Science*, Volume 195, pp. 260-262.
- Scimago Institutions Rankings, 2017. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Revista Ambiente e Água*.
- Silva, L. M. A., 2019. *Efeitos do enriquecimento e da diluição da água eutrófica sobre a biomassa e estrutura do fitoplâncton e do epipélon.*, São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente.
- SIR, 1997. *Oxigénio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigénio (DBO) e demanda química de oxigénio como parâmetros de poluição do ribeirão Lavapé/Botucatu - SP*, São Paulo: Eclética Química.
- Tian, L. et al., 2024. Tire wear chemicals in the urban atmosphere: Significant contributions of tire wear particles to PM_{2.5}. *Environmental Science & Technology*, 12 Setembro, Volume 58, pp. 16952-16961.

Tomazoni, J. C., Mantovani, L. E., Bittencourt, A. V. L. & Filho, E. F. d. R., 2005. *Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas Bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau - Sudoeste do Estado do Paraná*, s.l.: Boletim Paranaense de Geociências.

Tortora, G. J., Funke, B. R. & Case, C. L., 2017. *Microbiologia*. 11 ed. Porto Alegre: Artmed.

Tribunal de Contas Europeu, 2016. *Relatório especial: combater a eutrofização no mar Báltico: são necessárias medidas adicionais e mais eficazes*, Luxemburgo: Tribunal de Contas Europeu.

Tundisi, J. G. & Tundisi, T. M., 2008. *Limnologia*. São Paulo, Brasil: s.n.

Vasco, A. N. et al., 2011. *Avaliação espacial e temporal da qualidade de água na sub-bacia do Rio Poxim, Sergipe, Brasil*, Taubaté, Brasil: Revista Ambiente e Água.

Vieira, M. S., Santos, V. M. & Vieira, A. A., 2013. Composição química e digestibilidade dos nutrientes do bagaço em suínos em terminação. <https://pt.engormix.com/suinoicultura/artigos/composicao-quimica-digestibilidade-dos-t38552.htm>..

Vollenweider, R. A., 1968. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorous as factors in eutrophication.*, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

Von Sperling, M., 2014. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias*. 2 ed. Belo Horizonte: s.n.

Water Rangers Organization , 2015. Key Tests for Quality Water.

WHO, 2017. *Guidelines for drinking-water quality*, Genebra, Suíça: WHO Press.

Ziajahromi, S. et al., 2023. Microplastics and tire wear particles in urban stormwater: Abundance, characteristics and potencial mitigation strategies. *Environmental Science & Technology*.

Zonta, E., Stafanato, J. B. & Pereira, M. G., 1996. *Recomendações de Adubação e Calagem no Estado de São Paulo*. São Paulo(Campinas): Instituto Agrônômico.

Zonta, J. H., Zonta, J. B., Rodrigues, J. I. d. S. & Reis, E. D., 2008. Qualidade das Águas do Rio Alegre - Espírito Santo. *Revista Ciência Agronômica* .

Anexos

Anexo A: Exemplo de cálculo para determinação de DBO

$$DBO = \frac{V_{\text{frasco}}}{V_{\text{amostra}}} (DO - DO_f)$$

Onde: V_{amostra} – Volume da amostra em ml;

V_{frasco} – Volume do frasco em ml;

DQO – Demanda química de oxigênio mg/l;

DO_i – Oxigênio dissolvido inicial mg/l;

DO_f - Oxigênio dissolvido final mg/l;

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio.

Os frascos usados na análise de DBO tem um volume aproximado a 300ml; O volume da amostra de água usado ao longo do trabalho foi de 90ml, sendo que os limites variam de 5 – 100 ml de volume de amostra de água, segundo o Standard Methods.

$$V_{\text{frasco}} \sim 300\text{ml}$$

$$V_{\text{amostra}} = 90\text{ml}$$

$$DO_i = 9.19 \text{ mg/l}$$

DO_f = 7,50 mg/l substituindo na fórmula, teremos:

$$DBO = \frac{300\text{ml}}{90\text{ml}} (9.19 - 7.50)$$

$$DBO = 5,633 \text{ mg/l}$$

Anexo B: Técnicas de lavagem do material laboratorial

Após usar qualquer recipiente ou material no laboratório, é necessário observar as boas técnicas para sua higienização, que consistem em:

Remover a substância presente no recipiente, lavar de seguida o recipiente em água corrente, aconselha-se a passar pelo menos 3 vezes água corrente;

De seguida, coloca-se o detergente e com auxílio de uma escova que se adeque ao tamanho e formato do recipiente em causa, esfrega-se o recipiente;

No passo seguinte, passe-se novamente água da torneira, para enxaguar toda espuma e detergente do material;

A posterior, introduz-se o material em causa, num recipiente com água destilada e leva-se o recipiente a secar no secador, a 240°C.

Anexo C-1: Resultados obtidos na Primeira Campanha.

1a Campanha Ponto 1					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	3.23	3.28	3.29	3.266667	0.026247
pH	7.62	7.62	7.62	7.62	0
C	1223	1223	1223	1223	0
T	21.1	21.1	21.1	21.1	0
STD	868	868	868	868	0
DBO	6.06666667	4.66666667		5.366667	0.7
DQO	10.11111111	7.77777778	0	5.962963	4.322716
Turvacao	3.23	3.58	3.2	3.336667	0.172498
1a Campanha Ponto 2					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	4.6	4.58	4.52	4.566667	0.033993
pH	7.96	7.97	7.97	7.966667	0.004714
C	1354	1354	1353	1353.667	0.471405
T	22.4	22.5	22.5	22.46667	0.04714
STD	962	961	961	961.3333	0.471405
DBO	6.06666667	6.23333333		6.15	0.083333
DQO	10.11111111	10.3888889	0	6.833333	4.833227
Turvacao	2.15	2.35	2.52	2.34	0.151217
1a Campanha Ponto 3					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	4.78	4.82	4.94	4.846667	0.067987
pH	7.58	7.58	7.58	7.58	8.88E-16
C	1767	1768	1768	1767.667	0.471405
T	25.5	25.4	25.4	25.43333	0.04714
STD	1260	1260	1260	1260	0
DBO	5.63333333	5.83333333		5.733333	0.1
DQO	9.38888889	9.72222222	0	6.37037	4.506587
Turvacao	7.27	6.67	6.43	6.79	0.35327
1a Campanha Ponto 4					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	3.68	3.69	3.72	3.696667	0.016997
pH	7.48	7.45	7.45	7.46	0.014142
C	1918	1919	1920	1919	0.816497
T	24.1	24	24	24.03333	0.04714
STD	1360	1370	1370	1366.667	4.714045
DBO	5.06666667	4.83333333		4.95	0.116667
DQO	8.44444444	8.05555556	0	5.5	3.892327
Turvacao	5.9	6.16	6.92	6.326667	0.432769

Anexo C-2: Resultados obtidos na Segunda Campanha

2 Campanha Ponto 1					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	2.75	3.39	3.42	3.186667	0.309012765
pH	7.76	7.83	7.83	7.806667	0.032998316
C	1020	1021	1022	1021	0.816496581
T	30	31	29	30	0.816496581
STD	718	718	719	718.3333	0.471404521
DBO	18.43333333	4.66666667		11.55	6.883333333
DQO	30.7222222	7.77777778	0	12.83333	13.04179732
Turvacao	6.49	5.51	4.7	5.566667	0.731862161
2 Campanha Ponto 2					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	2.52	2.17	2.07	2.253333	0.192930615
pH	7.6	7.6	7.6	7.6	0
C	1144	1144	1145	1144.333	0.471404521
T	31.8	31.7	31.5	31.66667	0.124721913
STD	813	814	814	813.6667	0.471404521
DBO	6.06666667	6.23333333		6.15	0.083333333
DQO	10.1111111	10.3888889	0	6.833333	4.833226904
Turvacao	6.31	6.01	5.77	6.03	0.22090722
2 Campanha Ponto 3					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	1.89	1.86	2	1.916667	0.0601849
pH	7.56	7.6	7.6	7.586667	0.018856181
C	1520	1530	1530	1526.667	4.714045208
T	30.7	30.7	30.7	30.7	0
STD	1090	1090	1090	1010	0
DBO	5.63333333	5.83333333		5.733333	0.1
DQO	9.38888889	9.72222222	0	6.37037	4.506587162
Turvacao	10.9	12.8	12.6	12.1	0.852447457
2 Campanha Ponto 4					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	3.37	3.37	3.37	3.37	0
pH	7.71	7.71	7.71	7.71	0
C	1425	1425	1425	1425	0
T	30.8	30.8	30.8	30.8	0
STD	1010	1010	1010	1010	0
DBO	5.06666667	4.83333333		4.95	0.116666667
DQO	8.44444444	8.05555556	0	5.5	3.892326523
Turvacao	11.3	11.5	12.2	11.66667	0.38586123

Anexo C-3: Resultados obtidos na Terceira Campanha

3 Campanha Ponto 1					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	1.3	1.34	1.34	1.326667	0.023094011
pH	7.55	7.52	7.51	7.526667	0.02081666
C	972	973	974	973	1
T	27.7	27.7	27.8	27.73333	0.057735027
STD	693	693	694	693.3333	0.577350269
DBO	5.933333333	4.8	4.21	4.981111	0.875825536
DQO	9.88888889	8	7.01666667	8.301852	1.459709227
Turvacao		7.46	7.46	7.46	0
3 Campanha Ponto 2					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	4.52	4.82	4.82	4.72	0.141421356
pH	8.15	8.14	8.13	8.14	0.008164966
C	1210	1210	1210	1210	0
T	28	28	27.9	27.96667	0.047140452
STD	859	859	859	859	0
DBO	4.56666667	4.83333333	5.75333333	5.051111	0.508340316
DQO	7.61111111	8.05555556	9.58888889	8.418519	0.847233859
Turvacao	5.37	5.92	5.49	5.593333	0.236126143
3 Campanha Ponto 3					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	1.44	1.44	1.44	1.44	0
pH	7.58	7.57	7.57	7.573333	0.004714045
C	1240	1241	1242	1241	0.816496581
T	26	25.9	26	25.96667	0.047140452
STD	884	885	885	884.6667	0.471404521
DBO	2.3	2.66666667	3.4	2.788889	0.457313681
DQO	3.83333333	4.44444444	5.66666667	4.648148	0.762189468
Turvacao	13.8	13.1	12.5	13.13333	0.531245915
3 Campanha Ponto 4					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	1.28	1.32	1.36	1.32	0.04
pH	7.59	7.57	7.56	7.573333	0.015275252
C	1215	1216	1216	1215.667	0.577350269
T	26.4	26.4	26.6	26.46667	0.115470054
STD	863	863	864	863.3333	0.577350269
DBO	1.8	2.33333333	2.16666667	2.1	0.272845092
DQO	3	3.88888889	3.61111111	3.5	0.454741821
Turvacao	11.6	10.5	12.4	11.5	0.953939201

Anexo C-4: Resultados obtidos na Quarta Campanha

Campanha Ponto 5					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	3.32	4.67	4.7	4.23	0.643584
pH	7.6	7.62	7.62	7.613333	0.009428
C	1220	1220	1220	1220	0
T	22.3	22.1	22	22.13333	0.124722
STD	945	946	939	943.3333	3.091206
DBO	4.14	1.333333333		2.736667	1.403333
DQO	6.9	2.22222222	0	3.040741	2.875758
Turvacao	9.23	8.56	8.22	8.67	0.419603
Campanha Ponto 6					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	4.68	4.58	3.52	4.26	0.524849
pH	7.69	7.03	6.97	7.23	0.32619
C	1454	1500	1470	1474.667	19.06713
T	22.4	22.5	22.5	22.46667	0.04714
STD	1328	1281	1279	1296	22.64214
DBO	59.4	49.5666667		54.48333	4.916667
DQO	99	82.6111111	0	60.53704	43.32589
Turvacao	14.15	13.85	13.52	13.84	0.257294
Campanha Ponto 7					
Parametros	1a. Medicao	2a. Medicao	3a. Medicao	Media	Desvio
OD	2.94	1.87	1.6	2.136667	0.578638
pH	7.58	7.58	7.58	7.58	8.88E-16
C	412	397	385	1474.667	11.04536
T	25.5	25.4	25.4	25.43333	0.04714
STD	857	880	852	863	12.19289
DBO	8.96666667	8.7		8.833333	0.133333
DQO	14.94444444	14.5	0	9.814815	6.942494
Turvacao	8.72	7.77	6.34	7.61	0.978196

Anexo C-5: Resultados obtidos para nutrientes, coliformes e E. coli

		Nitratos (mg/L)					
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
18.1	9.9*E+1	16.5	17.5	2.7	14.13	1.46	
		Nitritos (mg/L)					
4	5	5	2				
		Fosfatos (mg/L)					
-0.878	-0.136	0.52	5.95	2.85	6.21	2.1	
		Coliformes totais / 100ml nº de colonias					
2.22E+06	3.08E+06	1.22E+05	5.17E+06	4.14E+05	1.56E+05	1.97E+05	
		E. Coli/n100 nº de colonias					
4.10E+04	1.89E+05	<1E+4	6.30E+04				

Anexo D: Determinação de clorofila - a

Branco	Abs 630nm	Branco	Abs 645nm	Branco	Abs 665nm	Branco	Abs 750nm	Correção	Correção	Correção	Média 1	Média 2	Média 3	Cl'' a'' 1
0	0.018	0	0.019	0	0.03	0	0.016	0.002	0.003	0.014	0.0075		0.0305	0.059787
0	0.017	0	0.021	0	0.051	0	0.004	0.013	0.017	0.047		0.01		0
0	0.044	0	0.057	0	0.21	0	0.005	0.039	0.052	0.205	0.0395		0.2095	0.416597
0	0.041	0	0.057	0	0.215	0	0.001	0.04	0.056	0.214		0.054		0
0	0.019	0	0.023	0	0.075	0	0	0.019	0.023	0.075	0.017		0.0725	0.14235
0	0.021	0	0.03	0	0.076	0	0.006	0.015	0.024	0.07		0.0235		0
0	0.016	0	0.026	0	0.089	0	0.003	0.013	0.023	0.086	0.0115		0.079	0.157876
0	0.014	0	0.021	0	0.076	0	0.004	0.01	0.017	0.072		0.02		0