



Universidade Politécnica
Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias
Licenciatura em Engenharia Ambiental

**Análise da Influência do Necrochorume na Qualidade da Água
Subterrânea e Impacto na Saúde Pública: Caso de Estudo no
Cemitério de Lhanguene**

Autora:

Bárbara Cleusa Danune Caetano

Maputo, Julho de 2025

Universidade Politécnica
Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologia
Licenciatura em Engenharia Ambiental

Análise da Influência do Necrochorume na Qualidade da Água
Subterrânea e Impacto na Saúde Pública: Caso de Estudo no Cemitério
de Lhanguene

Relatório apresentado à Universidade Politécnica, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Ambiental.

Supervisor: Mestre Bento Cambula

Autora:

Bárbara Cleusa Danune Caetano

Maputo, Julho de 2025

Folha de aprovação

Aos ____ de _____ de _____, a presente Monografia foi apresentada, numa defesa pública, na qual lavrou-se uma acta onde consta que a autora foi aprovada com a classificação de ____ (_____) valores, feita pelos seguintes Membros de Júri:

Presidente

Supervisor

Oponente

Maputo, aos ____ de _____ de 2025

Declaração de Honra

Eu, Bárbara Cleusa Danune Caetano, declaro por minha honra, que o presente trabalho, intitulado “Análise da Influência do Necrochorume na Qualidade da Água Subterrânea e Impacto na Saúde Pública: Caso de Estudo no Cemitério de Lhanguene”, e a informação contida nele, é fruto da minha investigação pessoal e independente, e os resultados nele apresentados são leais às observações feitas no campo e no laboratório. As fontes consultadas para a elaboração do mesmo estão citadas ao longo do texto, assim como nas referências bibliográficas.

Maputo, Julho de 2025

A Autora

(Bárbara Cleusa Danune Caetano)

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Simão Alfredo Caetano e Rosaura Estrela Mendonça Danune Caetano, e aos meus irmãos Shane Caetano e Kensil Caetano, por sempre me apoiarem, acreditarem em mim e acompanharem todas as minhas realizações durante todo o meu percurso acadêmico.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais e aos meus irmãos por toda a força e apoio que depositaram em mim, por sempre acreditarem em mim e no meu potencial e por celebrarem comigo todas as minhas conquistas e realizações na minha vida estudantil.

Agradeço ao meu supervisor, Mestre Bento Cambula, por todo o suporte, atenção e ensinamentos prestados desde o tempo de carteira até à realização deste trabalho.

Ao meu docente, Mestre Gaidar Lovane, pelos ensinamentos e pela confiança que sempre depositou em mim durante o período lectivo e pelo apoio e disponibilidade prestados na elaboração deste trabalho.

À HaskoningDHV Moçambique Limitada, pela oportunidade de estágio e apoio na realização do presente trabalho. Aos meus supervisores de estágio, Dra. Carlota Quilambo e Eng.º José Manane pelos ensinamentos, pela motivação, e pelas contribuições valiosas para a elaboração deste trabalho.

Agradeço às minhas colegas de carteira, Eline Silva, Kishaya Hassangy e Marleene Albrinho, que desde o início da nossa formação nos unimos nesta longa e árdua caminhada, pela amizade, força, companheirismo e apoio incondicional durante a nossa formação académica.

A todos que directa ou indirectamente estiveram envolvidos em todo o processo que culminou com a realização do presente trabalho, endereço igualmente o meu muito obrigada.

Parecer do Supervisor

A candidata **Bárbara Cleusa Danune Caetano** conduziu com responsabilidade própria o trabalho de investigação sob o título: “**Análise da Influência do Necrochorume na Qualidade da Água Subterrânea e Impacto na Saúde Pública: Caso de Estudo no Cemitério de Lhanguene**”.

O trabalho está inserido na área de análises ambientais onde usando dos conhecimentos adquiridos ao longo da sua formação no curso de engenharia ambiental, a candidata procurou entender o nível de concentração de componentes essenciais da água subterrânea que é extraída para o consumo humano nas áreas do entorno do cemitério face a risco de contaminação por necrochorume.

A candidata demonstrou, ao longo do seu trabalho, um elevado espírito investigativo, dedicação e inegável sentido de responsabilidade e iniciativa individual. Os resultados obtidos dão boa indicação da qualidade de água naqueles locais e poderão servir de base para o desenvolvimento de estudos similares e de planos de prevenção.

O trabalho cumpre com as normas de escrita e apresentação de monografias da Universidade A Politécnica, o que permite-me propor que o mesmo seja aprovado pelo júri, para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Ambiental.

Maputo, Julho de 2025

O Supervisor

(Bento Cambula, MSc.)

Resumo

O presente estudo teve como objectivo analisar o potencial de contaminação da água subterrânea por necrochorume nos arredores do Cemitério de Lhanguene de modo a avaliar a potabilidade da água que é extraída para o consumo pelas populações locais. A metodologia aplicada consistiu em identificar pontos de exploração de água subterrânea nos bairros residenciais num raio não superior a 1 km de distância do cemitério, onde foram recolhidas amostras de água para análise laboratorial de parâmetros físicos, químicos e biológicos, em conformidade com os padrões legais de potabilidade de água para o consumo humano, estabelecidos no Diploma Ministerial n.º 180/2004 de 15 de Setembro. As amostras foram analisadas em dois laboratórios de referência nacional onde foram verificados parâmetros relevantes de qualidade de água como a cor, a turbidez, o pH, os nitritos, os nitratos, o amoníaco, o fósforo, o chumbo, o cádmio, os coliformes fecais e totais. Embora tenha se constatado que no ponto mais próximo do cemitério, os níveis de concentração de parâmetros críticos como o fósforo e os nitratos são relativamente superiores aos demais pontos analisados, sugerindo desta forma alguma interferência do cemitério, os resultados indicam que todos os parâmetros analisados se encontram em conformidade com os limites nacionais estabelecidos através do Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano de Moçambique.

Palavras-chave: Cemitério, Qualidade da Água Subterrânea, Contaminação, Necrochorume.

Abstract

The main objective of this study was to analyze the potential for contamination of groundwater by necrochorume in the vicinity of Lhanguene Cemetery, in order to assess the degree of potability of the water that is extracted for consumption. The methodology applied consisted of identifying groundwater exploration points in residential neighborhoods within a radius of no more than 1 km from the cemetery, where water samples were taken for laboratory analysis of physical, chemical and biological parameters, in accordance with the legal standards for the potability of water for human consumption established in Ministerial Diploma no. 180/2004 of September 15. The samples were analyzed in two national reference laboratories and the relevant parameters such as color, turbidity, pH, nitrites, nitrates, ammonia, phosphorus, lead, cadmium, fecal and total coliforms were checked. The results showed that all the parameters analyzed complied with the national limits established by the Regulation on the Quality of Water for Human Consumption. However, at the point closest to the cemetery, the concentration levels of critical parameters such as phosphorus and nitrates were relatively higher than at the other points analyzed, suggesting some interference from the cemetery.

Keywords: Cemetery, Groundwater Quality, Contamination, Necrochorume.

Índice

Folha de aprovação.....	ii
Declaração de Honra	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Parecer do Supervisor	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de siglas, acrónimos e abreviaturas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Delimitação do tema	1
1.2. Problema de investigação	2
1.3. Objectivos	3
1.3.1. Geral	3
1.3.2. Específicos.....	3
1.4. Justificativa.....	4
1.5. Organização do trabalho	5
2. Revisão da literatura	8
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. Água Subterrânea	8
2.1.2. Contaminação	9
2.1.3. Cemitério	10
2.1.4. Necrochorume	12
2.1.5. Qualidade da água	15
2.1.6. Parâmetros da qualidade da água.....	15
2.1.7. Regulamentação da qualidade da água para o consumo humano em Moçambique 20	
2.2. Desenvolvimento circunstancial, descritivo e detalhado do fenómeno em estudo ..	21
2.3. Fundamentação teórica	23
3. Metodologia.....	25
3.1 Descrição da área de estudo.....	25
3.2 Tipo de estudo e desenho da pesquisa	28
3.2.1 População e amostra	28
3.2.2 Critérios de inclusão	28
3.2.3 Critérios de exclusão	29

3.3	Variáveis	29
3.3	Instrumentos e técnicas de recolha de dados	29
4	Discussão de Resultados	34
5	Conclusões	39
6	Limitações do trabalho.....	40
7	Referências bibliográficas.....	41

Índice de figuras

Figura 1: Fontes de contaminação da água subterrânea	9
Figura 2: Ciclo hidrológico.....	10
Figura 3: Esquema da contaminação dos lençóis freáticos pelo necrochorume.....	13
Figura 4: Esquema da contaminação dos lençóis freáticos pelo necrochorume.....	14
Figura 5: Cemitério de Lhanguene	26
Figura 6: Delimitação Geográfica do Cemitério de Lhanguene.....	27
Figura 7: Pontos de amostragem em relação ao Cemitério	30

Índice de fotos

Foto 1: (1) Recolha de amostra de água no Ponto 1; (2) Recolha de amostra de água no Ponto 2; (3) Recolha de amostra de água no Ponto 3	46
Foto 2: (1) Amostras de água recolhidas do Ponto 1; (2) Amostras de água recolhidas do Ponto 2; (3) Amostras de água recolhidas do Ponto 3	47
Foto 3: (1) Aparelho de filtração; (2) Membrana filtrante; (3) Posicionamento da membrana filtrante no respectivo meio de isolamento; (4) Aplicação de 100 ml da amostra de água no filtro.	48
Foto 4: Aplicação da membrana filtrante previamente removida do filtro na incubadora	49
Foto 5: (1) Incubação de coliformes totais a 36° C; (2) Incubação de coliformes fecais a 44° C.	49
Foto 6: Posicionamento das amostras de água e dos reagentes na máquina de leitura	50
Foto 7: Registo automático dos valores no computador.....	50
Foto 8: Medição do pH usando o medidor de pH.....	51
Foto 9: Medição do turbidez usando o turbidímetro	51
Foto 10: Espectrofotómetro	52
Foto 11: Determinação do amoníaco usando o método de Nessler directo.....	52
Foto 12: Determinação de nitritos usando o método do ácido sulfanílico e alfa-naftilamina ..	53
Foto 13: Determinação de nitratos usando o método do ácido fenol-dissulfónico	54

Índice de tabelas

Tabela 1: Organização do trabalho	5
Tabela 2: Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.	16
Tabela 3: Limites admissíveis para a água destinada ao consumo humano fornecida por fontes de abastecimento público sem tratamento.	20
Tabela 4: Coordenadas, sentido em relação ao cemitério e distância dos pontos	30
Tabela 5: Resultados das análises laboratoriais e comparação com a legislação	34

Índice de quadros

Quadro 1: Indicadores de Avaliação de Impactos	36
--	----

Anexos

Anexo 1: Resultados das análises dos parâmetros no Laboratório SwissLAB	516
Anexo 2: Resultados das análises dos parâmetros do Ponto 1 no Laboratório da AdRM	527
Anexo 3: Resultados das análises dos parâmetros do Ponto 2 no Laboratório da AdRM	518
Anexo 4: Resultados das análises dos parâmetros do Ponto 3 no Laboratório da AdRM	529

Lista de siglas, acrónimos e abreviaturas

AdRM	Águas da Região Metropolitana de Maputo
FIPAG	Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água
H0	Hipótese 0
H1	Hipótese 1
km	Quilómetro
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
m	Metro
mg/l	Miligramas por litro
ml	Mililitro
N.º	Número
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i> (Unidade Nefelométrica da Turbidez)
ODS	Objectivos do Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniónico
TCU	<i>True Colour Unit</i> (Unidade de Cor Verdadeira)

1. Introdução

1.1. Delimitação do tema

As águas subterrâneas são fundamentais para cumprir os compromissos dos Objectivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), pois garantem o abastecimento público de milhares de pessoas, sustentam sistemas de irrigação para a produção de alimentos, são utilizadas como insumo para a produção industrial e mantêm importantes ecossistemas. O seu uso promove o progresso local, contribuindo para o crescimento económico, erradicação da pobreza, promoção da dignidade humana e o bem-estar das populações (Hirata et al., 2019).

Diversas actividades do Homem introduzem directa ou indirectamente substâncias ou energia no meio ambiente, alterando o seu equilíbrio. Este facto, subentendido como poluição, reflecte-se directamente nos vários elementos de um ecossistema, incluindo a água subterrânea. Neste contexto, podem-se considerar os impactos ambientais causados pelos cemitérios como um desafio para a gestão ambiental, pois, o agravamento desta condição é nítido e progressivo.

Segundo Matos (2001), existe uma preocupação por parte da Organização Mundial da Saúde (OMS), com relação aos impactos que a actividade cemiterial pode causar ao meio ambiente, principalmente sobre as águas subterrâneas, devido ao aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas respectivas águas e a eventual presença de microrganismos patogénicos. O crescimento progressivo das cidades tem feito com que, cada vez mais, os entornos dos cemitérios sejam habitados e se tornem áreas urbanas (Lauwers, 2015). Vários pesquisadores também defendem a necessidade de estudos geológicos e sanitários das áreas de cemitérios correlacionados à possibilidade de contaminação das águas subterrâneas e superficiais, além da necessidade de implantação planeada de cemitérios e fixação de faixas de protecção sanitária como forma de garantir a preservação das águas e o seu uso para o abastecimento público (Migliorini, 1994).

Para Pires e Garcias (2008), os cemitérios são potenciais fontes geradoras de impactos ambientais, pois a localização e as operações inadequadas de necrópoles nos meios urbanos podem provocar a contaminação de mananciais hídricos por microrganismos que se proliferam no processo de decomposição dos corpos humanos.

Dent e Knight (2006) defendem que as principais formas de contaminação por um cemitério são provocadas pelo efluente natural produzido pelos corpos em decomposição: o necrochorume.

Diante da crescente preocupação com a qualidade das águas subterrâneas e o seu impacto na saúde pública, surge a necessidade de realização de um estudo detalhado no Cemitério de Lhanguene, localizado na cidade de Maputo. Por este cemitério estar situado numa área residencial densa, os riscos associados à contaminação ambiental se amplificam. O necrochorume pode infiltrar-se no solo e alcançar as águas subterrâneas, contaminando-as. Esta potencial contaminação pode ter consequências graves para a qualidade da água que é utilizada pelos moradores da região, uma vez que muitos poços residenciais e furos de água subterrânea estão localizados nas proximidades do cemitério.

Portanto, é imperativo analisar e comprovar a extensão da possibilidade de influência da decomposição dos corpos humanos na qualidade das águas subterrâneas. Este estudo pretende identificar a presença e a concentração de contaminantes provenientes do necrochorume e avaliar os riscos associados para a população local. A pesquisa também vai fornecer dados fundamentais para a implementação de estratégias de mitigação e para a formulação de políticas de gestão ambiental mais eficazes que garantam a segurança e a qualidade dos recursos hídricos utilizados no quotidiano.

1.2.Problema de investigação

A água não potável pode ser um veículo de transporte e propagação de várias doenças, porém, parte-se do princípio de que as águas de fonte subterrânea não sejam facilmente contaminadas ou poluídas e por esse motivo o aproveitamento da mesma para o consumo humano pode ser feito sem várias fases de tratamento.

Olhando para os processos naturais relacionados à circulação de água no planeta e a realidade das nossas condições de saneamento básico, a contaminação de corpos de água subterrâneos revela-se como uma questão ambiental preocupante. Alguns estudos desenvolvidos, como prospecções geofísicas, constataram que em algumas zonas há uma drenagem de migração vertical de lixiviados que se mobilizam até às águas subterrâneas.

Em Moçambique, concretamente na Cidade Capital de Maputo, o sistema de abastecimento de água potável enfrenta limitações significativas no que concerne à disponibilidade da mesma, por conta da sua intermitência. A rede de abastecimento de água funciona apenas durante 8 horas por dia (Conselho Municipal de Maputo, 2021), o que obriga os utentes a terem em sua posse tanques de armazenamento de água, que pode acarretar custos adicionais aos que eles podem arcar. Este facto faz com que grande parte dos munícipes vá em busca de fontes alternativas de captação de água, como poços artesanais e furos de água, para suprirem as suas

necessidades diárias. Por existir este pensamento colectivo, no qual se concorda que a água subterrânea pode ser usada e aproveitada sem nenhum tipo de tratamento prévio, grande parte da população tende a fazer o uso da mesma sem que ela seja previamente tratada.

No contexto do Cemitério de Lhanguene, a situação é particularmente crítica, uma vez que o cemitério se localiza numa área residencial em que se faz o uso de furos e poços de água. Esta prática comum de usar água subterrânea sem tratamento prévio cria uma vulnerabilidade adicional à contaminação que as águas podem apresentar, especialmente considerando a possível infiltração do necrochorume proveniente da decomposição de corpos no cemitério. O necrochorume, rico em compostos orgânicos e patogénicos, pode contaminar as águas subterrâneas e, conseqüentemente, afectar a qualidade da água consumida pelos residentes.

Assim, coloca-se a seguinte questão de partida: **como é que o necrochorume resultante do processo de decomposição dos corpos no Cemitério de Lhanguene influencia na qualidade da água subterrânea?**

H0: A qualidade da água subterrânea nos arredores do Cemitério de Lhanguene não é influenciada pelo necrochorume resultante do processo de decomposição dos corpos.

H1: O necrochorume resultante do processo de decomposição dos corpos no Cemitério de Lhanguene influencia negativamente na qualidade da água subterrânea.

1.3.Objectivos

1.3.1. Geral

O presente trabalho tem como objectivo geral analisar o potencial de contaminação da água subterrânea por necrochorume nos arredores do Cemitério de Lhanguene.

1.3.2. Específicos

O presente trabalho tem como objectivos específicos:

- Identificar quantitativamente os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água subterrânea;
- Avaliar os parâmetros sócio-ambientais da influência do necrochorume;
- Propor técnicas de melhoria de captação de água.

1.4. Justificativa

A realização deste estudo sobre a contaminação das águas subterrâneas no Cemitério de Lhanguene é de extrema importância devido a várias razões interconectadas que envolvem questões ambientais, de saúde pública e sociais.

A área ao redor do Cemitério de Lhanguene apresenta um cenário onde a intersecção entre práticas funerárias e a vida urbana quotidiana pode criar riscos ambientais significativos. O necrochorume, resultante da decomposição dos corpos, é um fluido que pode conter uma variedade de contaminantes e patogénicos. Quando esses contaminantes entram nas águas subterrâneas, eles podem comprometer a qualidade da água utilizada pelos residentes locais, uma vez que muitos dependem de poços artesanais e furos de água subterrânea para as suas necessidades diárias, devido à alta demanda de fontes alternativas ao sistema de abastecimento de água do FIPAG (Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água). Este facto é particularmente relevante numa cidade como Maputo, onde o sistema de abastecimento de água potável é insuficiente para atender à demanda total da população (Baloi, 2022).

Além disso, a prática comum entre os residentes de utilizar água subterrânea sem tratamento prévio aumenta a vulnerabilidade a doenças transmitidas por água contaminada. A falta de conscientização e infra-estrutura adequada para tratamento de água agrava o risco de surtos de doenças, o que coloca uma pressão adicional sobre o sistema de saúde local e compromete a qualidade de vida dos habitantes da região.

Outro aspecto crucial é o impacto ambiental. A contaminação das águas subterrâneas não afecta apenas a saúde humana, mas também pode ter efeitos adversos sobre o ecossistema local. As substâncias tóxicas e patogénicos podem afectar a flora e fauna, alterando a dinâmica ecológica e a qualidade do solo.

Em suma, a realização deste estudo é fundamental para promover a segurança hídrica e a saúde pública, garantir práticas funerárias sustentáveis e proteger o meio ambiente em Maputo. Os resultados obterão contribuições valiosas que beneficiarão não apenas a comunidade local, mas também contribuirão para a melhoria das práticas de gestão ambiental em contextos urbanos semelhantes.

1.5. Organização do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos principais, cada um abordando aspectos específicos do estudo sobre a qualidade da água subterrânea nas áreas próximas ao Cemitério de Lhanguene. A seguir, na Tabela 1, apresenta-se uma descrição detalhada de cada capítulo:

Tabela 1: Organização do trabalho

Capítulo 1: Introdução	
Delimitação do Tema	Introduz a importância das águas subterrâneas para o cumprimento dos Objectivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacando o seu papel no abastecimento público, irrigação, produção industrial e manutenção de ecossistemas. Discute também como as actividades humanas, incluindo a presença de cemitérios, podem impactar a qualidade das águas subterrâneas, reflectindo directamente nos elementos de um ecossistema.
Problema de Investigação	Apresenta a questão central do estudo: “como é que o necrochorume resultante do processo de decomposição dos corpos no Cemitério de Lhanguene influencia na qualidade da água subterrânea?” e define as hipóteses (H0 e H1) relacionadas à influência do necrochorume na qualidade da água.
Objectivos	Estabelece os objectivos gerais e específicos do estudo, incluindo a identificação de pontos de amostragem, recolha de amostras de água e análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos.
Justificativa	Explica a importância do estudo para a saúde pública, gestão ambiental e bem-estar das populações locais.
Capítulo 2: Revisão da Literatura	
Marco conceptual	Aborda conceitos teóricos sobre águas subterrâneas, contaminação, cemitério, necrochorume, qualidade da água, parâmetros de qualidade da água e regulamentação da qualidade da água, destacando a importância da água para a segurança hídrica global e os desafios de contaminação.

Capítulo 3: Metodologia	
Metodologia	Explica como foram seleccionados os pontos de amostragem da água subterrânea nos arredores do cemitério; descreve os procedimentos de recolha de amostras de água em diferentes pontos próximos ao cemitério; detalha os métodos laboratoriais utilizados para analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água subterrânea; lista os parâmetros específicos que foram analisados, como cor, turbidez, pH, nitritos, nitratos, amoníaco, fósforo, chumbo, cádmio e coliformes fecais e totais.
Descrição da área de estudo	Detalha a localização do Cemitério de Lhanguene, incluindo coordenadas geográficas e características físicas; apresenta um histórico do cemitério, desde sua inauguração até o encerramento oficial e a continuidade dos enterros; descreve a área residencial ao redor do cemitério e os riscos associados à contaminação das águas subterrâneas utilizadas pelos moradores locais.
Capítulo 4: Discussão de resultados	
Discussão de resultados	Os resultados laboratoriais foram interpretados e comparados com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental nacional, identificando possíveis não conformidades e as respectivas possíveis razões.
Capítulo 5: Conclusão	
Conclusão	Apresenta um resumo dos principais resultados obtidos, destacando as descobertas mais relevantes e apresentando possíveis causas para as mesmas.
Capítulo 6: Limitações do trabalho	
Limitações do trabalho	Identifica e discute as principais limitações enfrentadas durante a pesquisa, analisa como essas limitações podem ter afectado os resultados e as conclusões do estudo e oferece sugestões sobre como futuras pesquisas podem superar as limitações identificadas.

Capítulo 7: Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

Apresenta uma lista detalhada das fontes bibliográficas e outras informações utilizadas para a elaboração do trabalho.

Fonte: A autora

2. Revisão da literatura

2.1.Marco conceptual

2.1.1. Água Subterrânea

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram abaixo da superfície do solo, preenchendo completamente os poros das rochas e dos sedimentos, e constituindo assim os chamados aquíferos. As águas subterrâneas representam 97% das águas doces e líquidas do planeta, o que torna os aquíferos o maior reservatório de água potável da humanidade. (Hirata et al., 2019).

O recurso hídrico subterrâneo é quase sempre a única opção de água potável no campo e nas periferias das cidades, que não dispõem de rede pública de água, ou dispõem de uma rede pública com mau funcionamento. Além disso, a água subterrânea obtida através de poços e furos particulares surge como fonte alternativa ou complementar em resposta às falhas no abastecimento público ou ao seu menor custo diante dos valores cobrados pela água fornecida pelos prestadores do serviço público (Hirata et al., 2019).

No mundo inteiro, as águas subterrâneas estão, cada vez mais, sob perigo de contaminação em decorrência das actividades humanas, tais como agricultura extensiva, mineração, urbanização, actividade cemiterial e desenvolvimento industrial. Para que a água subterrânea seja usada, especialmente para o consumo e abastecimento público, é necessário que a sua qualidade, enquanto bruta, seja óptima e constante, visto que os processos de tratamento e desinfectação são de alta complexidade técnica e custo financeiro (Foster et al. 2002).

Segundo Uamusse (2015), na maioria das vezes, a água subterrânea não necessita de tratamento para o seu consumo, devido ao processo de filtragem natural do subsolo. Fazem parte deste manancial: poços e furos profundos (Uamusse, 2015).

A qualidade das águas subterrâneas muitas das vezes depende de vários factores tais como a condições do aquífero, litologia da região onde se encontra, a sua velocidade de circulação, qualidade da água de infiltração e o movimento de substâncias transportadas pela mesma (Salgado, 2009).

Apesar de ser considerada menos vulnerável à contaminação que a água superficial, a qualidade da água subterrânea sofre influência das actividades humanas e de elementos característicos do meio ambiente, especialmente do solo, que fazem com que esta seja cada vez mais propensa à poluição (Santos & Nascimento, 2010).

2.1.2. Contaminação

Segundo Carson (1962), contaminação é a introdução de substâncias nocivas ou poluentes no meio ambiente (como ar, água ou solo) que alteram as suas características naturais e podem causar impactos adversos à saúde humana, à vida selvagem e ao equilíbrio dos ecossistemas.

Uma grande variedade de contaminantes é encontrada na água subterrânea, como químicos orgânicos sintéticos, hidrocarbonetos, íons inorgânicos, patógenos e matéria orgânica. As fontes responsáveis pela liberação desses contaminantes podem ser incluídas em seis categorias, conforme exibido na Figura 1:

- 1) Liberadas no local, através de fossas sépticas e poços de injeção;
- 2) Armazenamento, tratamento e deposição (aterros sanitários, lixões, locais de deposição de resíduos, sistemas de tratamento de efluentes, resíduos da mineração, áreas de armazenamento de materiais, cemitérios e tanques de resíduos);
- 3) Retidas no transporte (canalizações de esgotos, gás natural, petróleo, etc.);
- 4) Conseqüentes de actividades planeadas (irrigação, aplicação de pesticidas e fertilizantes, criadouro de animais, escoamento superficial urbano e drenagem de minas);
- 5) Fontes que conduzem os contaminantes aos aquíferos (poços e escavações);
- 6) Ocorrências naturais intensificadas pelo Homem (interacção entre a água superficial e subterrânea, lixiviação e intrusão salina).

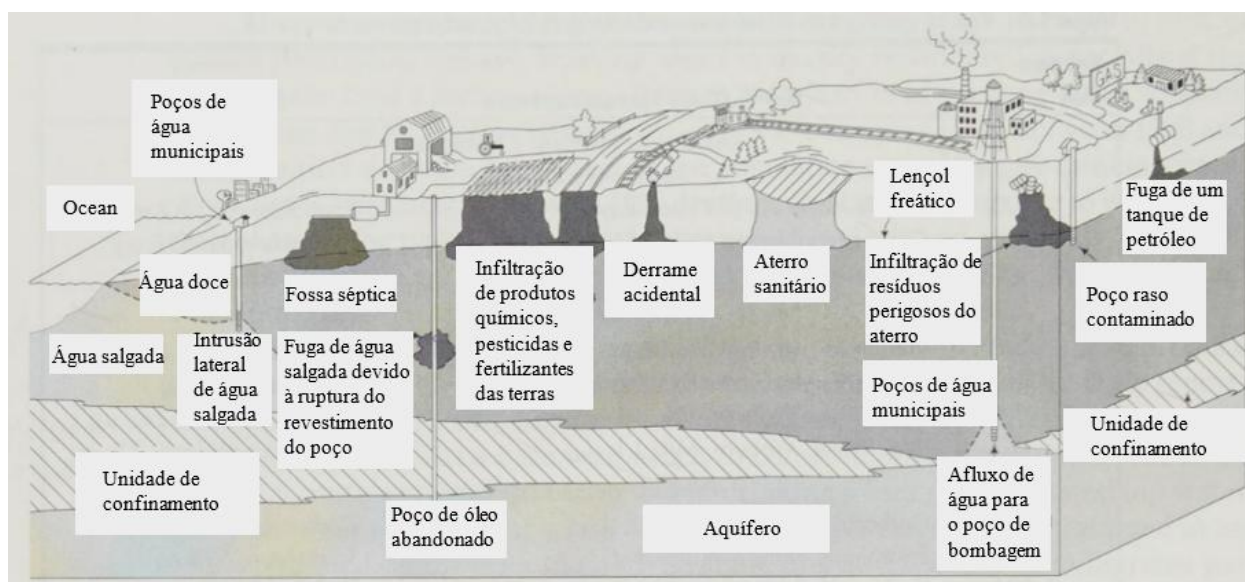


Figura 1: Fontes de contaminação da água subterrânea

Fonte: Fetter, 1999

A água subterrânea depende do ciclo hidrológico (Figura 2), que vai fornecendo água através da infiltração. A sua ocorrência e exploração dependem de três componentes básicos: uma fonte, um reservatório e uma captação de água. O ciclo hidrológico engloba a ocorrência, distribuição e movimento da água, assim como as suas diferenças físicas e químicas nos diversos ambientes. A água circula na atmosfera, biosfera e litosfera através de processos complexos como a evaporação, condensação, precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação, evapotranspiração e escoamento subterrâneo (Foloco, 2023).

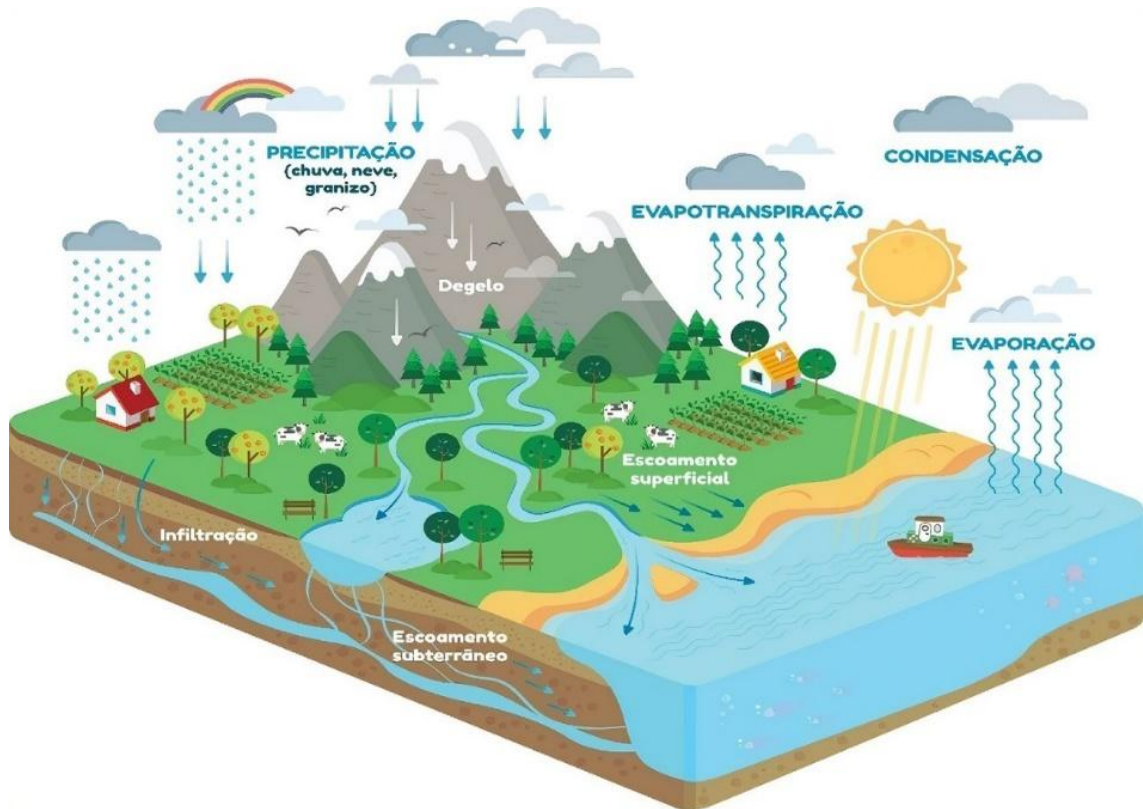


Figura 2: Ciclo hidrológico

Fonte: EPAL, 2018

A contaminação da água subterrânea pode ser de origem natural ou antropogénica. Os contaminantes naturais podem resultar da dissolução e da alteração de rochas. A contaminação de origem antropogénica resulta de diversos tipos de poluição, tais como: poluição urbana, industrial, agrícola e actividade cemiterial. Os contaminantes tornam-se poluidores quando a sua acumulação se torna um risco para os organismos vivos e para o ambiente (Foloco, 2023).

2.1.3. Cemitério

A palavra “cemitério”, que vem do grego “*koimetérion*”, que significa “eu durmo”, designava, a princípio, o lugar onde se dorme, podendo ser um quarto, um local de repouso, uma cama ou um dormitório. Pelo latim “*coemeteriu*”, faz referência ao recinto onde se enterram e guardam

os mortos. Com o advento da religião cristã, o termo tomou o sentido de “campo de descanso após a morte”, uma vez que o cristianismo prega a crença na vida após a morte. Existem alguns eufemismos, tais como “necrópole”, “carneiro”, “sepulcrário”, “campo santo”, “cidade dos pés juntos” e “última moradia” (Mota Júnior, 2012).

Durante muito tempo houve uma enorme dificuldade e uma série de impedimentos para realizar pesquisas e estudos nos cemitérios devido ao valor a ele atribuído em relação à memória dos mortos. De acordo com Matos (2001), os cemitérios de cadáveres humanos são monumentos à memória daqueles que morreram e que os vivos fazem questão de perpetuar e, conseqüentemente, ao longo desse tempo, esse tipo de construção adquiriu a condição de inviolabilidade no que diz respeito à pesquisa científica nos seus diferentes aspectos.

Actualmente, já existe maior e melhor entendimento em relação à esta questão, o que permite que estudos sejam feitos nestes locais sem qualquer tipo de remorso. Nos dias de hoje, depois de vários estudos ambientais já terem sido realizados, é possível obter conhecimentos em vários sentidos em relação aos cemitérios e uma das maiores preocupações diz respeito aos danos que esta infra-estrutura pode causar à saúde ambiental e, conseqüentemente, à saúde da população (Mota Júnior, 2012).

Os cemitérios podem ser grande fonte de problemas sociais caso não estejam devidamente instalados e geridos. Assim, este ambiente deve ser devidamente projectado considerando, principalmente, a sua localização física, incluindo o tipo de solo, profundidade do lençol freático, inclinação do terreno e outros. Além dos factores físicos, o meio social deve receber a mesma importância (Leli et al, 2012).

No final do século XVII a Europa tomou medidas sanitárias e iniciou os enterros em áreas abertas, nos chamados campos-santos ou cemitérios secularizados. A mudança afectou principalmente as pessoas de influência política e religiosa que tentaram preservar a tradição de sepultamentos no interior das igrejas. Até então, o espaço, a céu aberto, determinado cemitério, era reservado para os “não católicos” (protestantes, judeus, muçulmanos, escravos e condenados). No entanto, foi instaurada a lei que obrigava a todos serem sepultados em campos ensolarados. A grande concentração de corpos nas naves e criptas das igrejas desencadeou um alto índice de doenças transmitidas através de miasmas cadavéricos, (Langalde, 1990).

A urbanização acelerada e o crescimento das cidades também foram factores importantes para a criação dos cemitérios colectivos a céu aberto, visto que o crescimento populacional desenfreado já não mais permitia o sepultamento em capelas e igrejas, que já não comportavam

o aumento da demanda (Leli et al, 2012). O cemitério é um empreendimento indispensável a toda sociedade, mas por ser um ambiente de alto risco de poluição e grande impacto psicológico, sempre foi motivo de preocupação, e até mesmo de polêmica (Nogueira et al, 2013).

Para os cemitérios que foram implantados há pouco tempo ou que estão em projecto de implantação, a legislação é aplicada com facilidade. Mas, o problema está nos cemitérios antigos que foram construídos sem nenhum conhecimento quanto aos prejuízos causados ao meio ambiente (Mota Júnior, 2012).

Segundo Migliorini et. al. (2006), alguns impactos ambientais relacionados a águas subterrâneas podem ser oriundos de cemitérios, considerando que a decomposição de corpos libera um líquido tóxico chamado necrochorume. Desta forma, podem representar alto risco de contaminação durante a decomposição dos corpos. A localização dos cemitérios devia ocorrer preferencialmente em áreas afastadas do centro urbano, porém hoje é possível encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana, como é o caso do Cemitério de Lhanguene.

Um exemplo de problemas de contaminação causado por extravasamento de necrochorume foi estudado por Matos (2001) no cemitério de Vila Nova na cidade de Cachoeirinha - São Paulo, onde foi constatado que as águas do lençol freático estavam contaminadas por vírus e bactérias altamente prejudiciais à saúde humana. Neste estudo o autor mostra alguns problemas decorrentes da má administração do cemitério e outros decorrentes da contaminação que podem servir de indicadores.

2.1.4. Necrochorume

Assim como a decomposição de matéria orgânica libera um líquido denominado chorume, o líquido que é liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação é denominado necrochorume (Mota Júnior, 2012).

Segundo Franco (2005), o necrochorume é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, de tonalidade castanho-acinzentada, viscosa, de cheiro forte e com grau variado de patogenicidade e a sua constituição é de 60% de água, 30% de sais minerais e 10 % de substâncias orgânicas, duas delas altamente tóxicas, que são a cadaverina e a putrescina, que também podem conter microrganismos patogénicos. Franco (2005) constata ainda que os patógenos têm aversão natural ao oxigénio presente na zona insaturada do solo, porém, sabe-se que a água subterrânea é pobre em oxigénio dissolvido (zona insaturada), o que os favorece, portanto, quanto mais profunda for água subterrânea, menor será o teor de oxigénio

dissolvido ou disponível, tendendo a um ambiente redutor (anaeróbico), favorecendo a existência de microrganismos.

Um corpo de 70 quilogramas liberta até 35 litros de necrochorume (Fürst, 2014), que, por exemplo, multiplicando pelo número de corpos enterrados no Cemitério de Lhanguene, seria mais do que o suficiente para contaminar o lençol freático da área

Caso essa água seja captada por poços de pequena profundidade, quem fizer o uso da mesma, corre riscos de doenças. A ingestão, inalação ou qualquer contacto directo com esses microrganismos pode ocasionar enfermidades e até mesmo a proliferação de epidemias, que podem levar a óbito, pois o necrochorume pode conter bactérias, vírus e fungos patogénicos, para além de substâncias como o nitrogénio e potássio que podem levar à eutrofização, um processo que causa o crescimento excessivo de algas e outros organismos aquáticos na água. (Mota Júnior, 2012).

Ainda assim, a influência do necrochorume sobre a água pode ser exercida pelo tipo de solo em questão, a direcção dos ventos e se o terreno é provido ou não de recursos (declividade, nível do aquífero e outros) que venham a ocasionar uma zona de acumulação, conforme ilustram as Figuras 3 e 4.

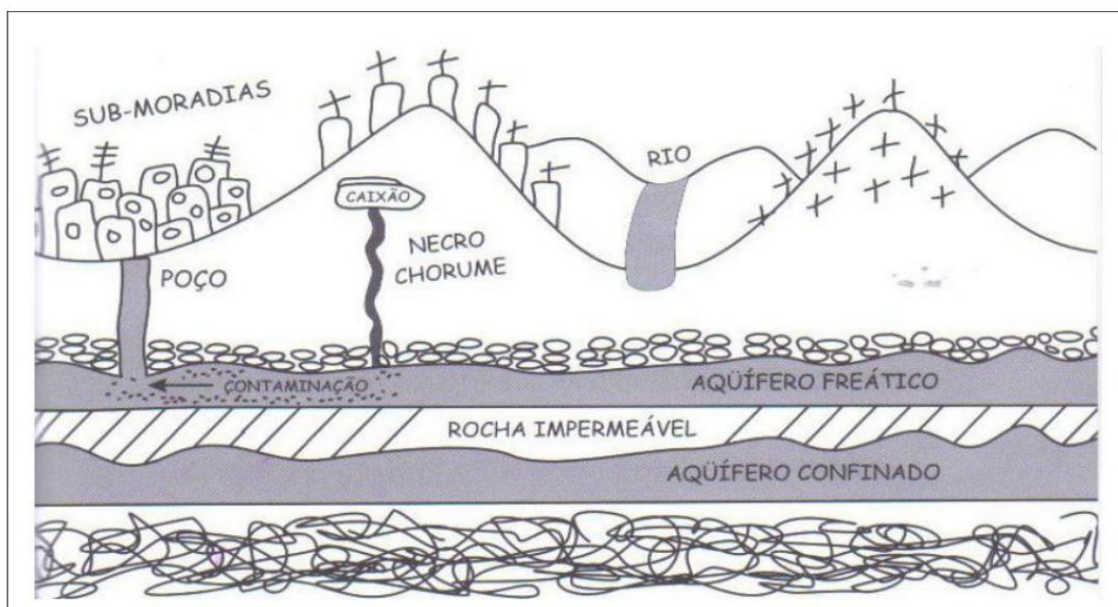


Figura 3: Esquema da contaminação dos lençóis freáticos pelo necrochorume

Fonte: Felicioni, et al, 2007, p.31



Figura 4: Esquema da contaminação dos lençóis freáticos pelo necrochorume

Fonte: Aguiar, 2013

Quando o solo apresenta média permeabilidade e alta capacidade de adsorção e retenção do material argiloso, associada à grande distância até o lençol freático, o necrochorume move-se lentamente e as substâncias do contaminante são interceptadas na zona não saturada. Essa situação é classificada como de médio risco de contaminação de águas subterrâneas. Se a sepultura estiver abaixo do nível freático, pode ser inundada, gerando uma situação de extremo risco, já que, em geral, os caixões não são impermeáveis. Quando o solo tem elevada permeabilidade, o que permite a infiltração profunda do necrochorume, ou a distância para o lençol freático é inadequada, a situação é de alto risco, porque os contaminantes chegam facilmente às águas subterrâneas. Nesses casos, para diminuir a possibilidade de contaminação do aquífero, o enterro deve ocorrer acima do nível natural do terreno (Aguiar, 2013).

A infiltração das águas da chuva nas campas promove o transporte do necrochorume para o solo, que, conforme verificado acima, dependendo das características geológicas do terreno, podem alcançar o aquífero, contaminando-o. Para a minimização desse risco é indispensável o monitoramento da qualidade da água nessas áreas (Kemerich & Borba, 2013). Caso ocorra a contaminação do aquífero freático na área interna do cemitério, não somente esta área estará potencialmente contaminada, mas, sim, áreas próximas, aumentando, assim, o risco de ocorrências de doenças de veiculação hídrica nas pessoas que venham a utilizar desta água através de poços rasos e furos (Kemerich et al., 2014).

2.1.5. Qualidade da água

A preservação da qualidade da água é uma necessidade universal, que exige atenção por parte das autoridades sanitárias e dos consumidores, particularmente no que se refere a água destinada ao consumo humano, visto que a sua contaminação por excretos de origem humana e animal pode torná-la num veículo de transmissão de agentes de doenças infecciosas e parasitárias, os quais influenciam directamente a saúde da população (Santos, 2018). Uma água de qualidade duvidosa pode ser responsável por causar, muitas vezes, infecções gastrointestinais, tétano, hepatite, febre tifóide e disenteria (Aguiar, 2013).

A qualidade da água é determinada pela sua composição física, química e biológica. As características desejáveis e necessárias da água dependem do objectivo do seu uso. Para o consumo humano, há necessidade de água pura e saudável, livre de matéria suspensa visível, cor, sabor, organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais no ser humano (Foloco, 2023).

As impurezas dissolvidas na água subterrânea reflectem as características do solo por onde as águas escoam (Baptista, 2012). A palavra “potável” significa que a água consumida (seja para ingestão ou higiene pessoal) não pode conter elementos que sejam prejudiciais a saúde, isto é, não pode conter substâncias tóxicas e nem organismos patogénicos. Sendo assim, a água para o consumo humano precisa ser analisada por meio de colheita de amostras e encaminhada a laboratórios especializados, onde são feitos testes químicos e biológicos, visando observar se está dentro dos padrões de qualidade estabelecidos (Branco, 2001).

2.1.6. Parâmetros da qualidade da água

Toda água usada num suprimento público, ou privado, deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas e ser livre de microrganismos patogénicos, conforme preconizado na legislação vigente (WHO, 2017). Por isso, há necessidade do controlo periódico, rotineiro dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para garantir padrões da potabilidade da água para o consumo humano (Rodrigues, et al., 2020). Existem vários parâmetros para análise da qualidade da água, mencionados a seguir, na Tabela 2:

Tabela 2: Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Parâmetros		
Físicos	Químicos	Biológicos
<ul style="list-style-type: none"> • Cor • Turbidez • Condutividade elétrica • Sabores e odores • Sólidos • Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Alcalinidade • Dureza • Cloretos • Ferro e Manganês • Nitrogénio • Fósforo • Fluoretos • Oxigénio Dissolvido • Chumbo • Cádmio • Mercúrio 	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes fecais • Coliformes totais

Fonte: Adaptado do Diploma Ministerial, 2004

Dos parâmetros acima mencionados, apenas serão analisados aqueles que em concentrações elevadas indicarão a presença do necrochorume na água, nomeadamente: cor, turbidez, pH, nitrogénio, fósforo, chumbo, cádmio, coliformes fecais e coliformes totais.

1) Parâmetros físicos

• Cor

A cor é responsável pela coloração da água, e está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la. A água pura é virtualmente incolor. A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da quantidade e da natureza do material presente. Normalmente, a cor na água é devida aos ácidos húmicos e tanino, originados da decomposição de vegetais e, assim, não apresenta risco algum para a saúde (Simone, 2018). O necrochorume, por ter tonalidade castanho-acinzentada, pode influenciar na cor da água subterrânea.

• Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A mesma é provocada por partículas em suspensão que na maior parte do tempo são invisíveis para o olho nu por serem partículas muito finas, ou por lançamentos de

esgotos domésticos ou industriais nos corpos de água. A presença de necrochorume pode aumentar a turbidez da água, tornando-a menos clara e mais difícil de tratar (Salamandane, et al., 2021).

2) Parâmetros químicos

- **pH**

O pH representa a concentração de íons hidrogénio, H^+ , dando uma indicação das condições de acidez, neutralidade e basicidade da água. Trata-se de um parâmetro de carácter operacional importante e deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamento (Reis, 2015).

O pH das águas dos poços varia geralmente entre 5,5 e 8,5. Os principais factores que determinam o pH da água são o gás carbónico dissolvido e a alcalinidade. Águas subterrâneas tendem ao neutro solução tampão, mas alto pH deve-se ao CO_3^{2-} e baixo pH ao SO_4^{2-} , normalmente. A decomposição de corpos libera ácidos orgânicos, que podem reduzir o pH da água, tornando-a mais ácida (Bastos, 2013).

- **Compostos de Nitrogénio**

O Nitrogénio é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenómeno chamado de eutrofização (Assaf, 2015).

O nitrato e o nitrito são substâncias químicas derivadas do nitrogénio e são encontrados de forma natural na água e no solo em baixas concentrações. A deposição de matéria orgânica no solo, um dos componentes do necrochorume, aumenta drasticamente a quantidade de nitrogénio. Esse nitrogénio é biotransformado e por fim se transforma na substância inorgânica denominada nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançando o lençol freático e ali se depositando. O nitrato por possuir essas características, torna-se num óptimo indicativo para avaliar se um dado lençol freático está a ser contaminado por alguma actividade antrópica sobre ele exercida (Campos, 2013).

Em elevadas concentrações, o nitrato está adjunto à doença da metahemoglobinemia ou síndrome do bebé azul, que dificulta o transporte de oxigénio na corrente sanguínea dos bebés, podendo acarretar a asfixia. Nos adultos, a actividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o agente responsável por essa enfermidade (Bastos, 2013).

As águas contaminadas pelo nitrato, têm causado problemas, tanto para animais como para o ser humano. As crianças com idade inferior a três meses são mais sensíveis aos íons nitrato por consumirem, relativamente, mais água que os adultos quando se compara o seu peso corporal.

Além disso, o pH do estômago das crianças é mais favorável ao desenvolvimento de bactérias que agem reduzindo iões de nitrato a iões de nitrito, o que não ocorre normalmente no adulto (Daniel, 2008).

Os nitritos são produtos intermediários na conversão de amoníaco em nitratos durante o processo de nitrificação. A presença de nitritos na água subterrânea pode indicar a decomposição de matéria orgânica, como o necrochorume, que infiltra-se no solo e contamina os lençóis freáticos (Silva, et al., 2019).

Segundo Silva et al (2019), o amoníaco é um composto nitrogenado que se forma durante a decomposição de proteínas e outros compostos orgânicos presentes nos corpos. A sua presença no necrochorume é um indicador da decomposição em andamento e pode ser utilizado para avaliar a contaminação do solo e da água subterrânea.

- **Fósforo**

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combinam com catiões formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise se convertendo rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais. Os compostos fosforados presentes no necrochorume podem ser convertidos em fosfatos através de processos biológicos e químicos no solo. Os fosfatos são altamente solúveis em água e podem facilmente contaminar a água subterrânea (Assaf, 2015).

- **Chumbo**

O chumbo é um metal que se encontra na natureza, no ar, no solo e na água. A sua concentração na água é influenciada por inúmeros factores, nomeadamente, as características físico-químicas da água, o tempo de contacto da água com o chumbo e a temperatura da água, que, quando elevada, pode causar uma maior solubilidade dos sais de chumbo. A interacção do necrochorume com minerais no solo pode resultar em reacções químicas que liberam chumbo de minerais que o contêm. Essas reacções podem aumentar a concentração de chumbo na água subterrânea (Epal, 2016).

- **Cádmio**

O cádmio é um metal cinza-claro, com brilho metálico, mole, dúctil e maleável, cuja superfície escurece em contacto com ar devido à formação de uma camada de óxido. A condutividade

térmica a 18°C é de apenas 22% em relação à da prata, ao passo que a condutividade eléctrica é de 21,5%. A doença causada pelo cádmio, ficou conhecida na ciência médica como Itai-Itai. Adquiriu este nome porque as vítimas gemiam muito e itai-itai significa o gemido da dor "ai-ai" em japonês. É caracterizada por dores súbitas na área lombar, nas costas e nas articulações. Os ossos ficam tão frágeis que podem fracturar com muita facilidade (Mainier & dos Santos, s.d.).

O necrochorume, sendo um líquido viscoso e rico em substâncias orgânicas e inorgânicas, pode facilitar a mobilidade do cádmio no solo. Os compostos orgânicos presentes no necrochorume podem formar complexos com o cádmio, aumentando a sua solubilidade e permitindo que ele se mova mais facilmente através das camadas do solo até alcançar os lençóis freáticos (Legner, 2017).

3) Parâmetros biológicos

- **Coliformes fecais ou termotolerantes**

O grupo de coliformes termotolerantes ou fecais são bacilos Gram-positivos, facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás e se reproduzirem, em 24 horas a 44,5°C. São de origem fecal de animal de sangue quente, sendo que a contagem de coliformes fecais detecta a quantidade de microrganismos provenientes dos excretas humanos (Schmidt, 2006).

Conforme os coliformes termotolerantes constituem-se de quatro diferentes géneros, *Escherichia coli*, *Enterobacter sp.*, *Klebsiela sp.*, e *Citrobacter sp.* (Almeida, 2019).

Escherichia coli é a bactéria mais representativa dentro do grupo dos coliformes termotolerantes. Assim sendo, a sua presença é indicativa de coliformes fecais e de necrochorume, pois esta bactéria é habitante do trato intestinal de humanos e animais de sangue quente (Tavares, 2019).

- **Coliformes totais**

Os coliformes totais são microrganismos em forma de bastonetes Gram-negativos não esporogénicos, que podem ou não necessitar de oxigénio (aeróbias ou anaeróbias), capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C e são associadas à decomposição de matéria orgânica no geral (Macedo, 2001).

A bactéria pertencente ao grupo dos coliformes totais pode ser encontrada na água, no solo e em vegetais, sendo que possuem capacidade de se multiplicar na água com altos teores de nutrientes. A presença de matéria orgânica no necrochorume fornece um ambiente propício para a proliferação de bactérias, como os coliformes totais. Essa matéria orgânica serve como

alimento para esses microrganismos, estimulando seu crescimento e aumentando sua concentração na água. (Schmidt, 2006).

2.1.7. Regulamentação da qualidade da água para o consumo humano em Moçambique

O Diploma Ministerial n.º 180/2004 de 15 de Setembro de 2004 (Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano) estabelece padrões de qualidade da água para o consumo humano. O Regulamento propõe que, toda água destinada ao consumo humano, distribuída colectivamente por meio de sistema de abastecimentos de água, deve ser objecto de controle da qualidade da água. Desta forma, toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de distribuição, está sujeita ao controle sanitário. Assim, a água potável deve estar em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido na norma moçambicana de padrões de qualidade da água.

A Tabela 3 representa os padrões e limites admissíveis para a água destinada ao consumo humano fornecida por fontes de abastecimento público sem tratamento, como é o caso dos furos e poços de água subterrânea da zona do Cemitério de Lhanguene.

Tabela 3: Limites admissíveis para a água destinada ao consumo humano fornecida por fontes de abastecimento público sem tratamento.

Parâmetros	Limites admissíveis	Unidades
Cor	15	TCU
Turbidez	5	NTU
pH	6,5-8,5	–
Cádmio	0,003	mg/l
Chumbo	0,01	mg/l
Fósforo	0,1	mg/l
Nitratos	50	mg/l
Nitritos	3,0	mg/l
Amoníaco	1,5	mg/l
Coliformes fecais	0-10	NMP / 100ml n.º de colónias / 100ml
Coliformes totais	–	NMP / 100ml n.º de colónias / 100ml

Fonte: Adaptado do Diploma Ministerial, 2004

2.2.Desenvolvimento circunstancial, descritivo e detalhado do fenómeno em estudo

Introdução ao fenómeno da contaminação das águas subterrâneas próximas a cemitérios

A contaminação das águas subterrâneas é uma preocupação ambiental crescente, particularmente em áreas urbanas onde a presença de cemitérios pode representar um risco significativo para a qualidade dos recursos hídricos (Hirata et al., 2019). A decomposição dos corpos humanos gera necrochorume, um fluido altamente poluente, que pode infiltrar-se no solo e atingir o lençol freático, comprometendo a potabilidade da água consumida pela população (Dent & Knight, 2006).

No Cemitério de Lhanguene essa problemática ganha ainda mais relevância devido à proximidade com áreas residenciais, onde muitos habitantes dependem de poços e furos artesianos como fontes alternativas de abastecimento de água, uma vez que a rede pública apresenta limitações (Conselho Municipal de Maputo, 2021). Estudos anteriores indicam que o necrochorume contém substâncias químicas e microbiológicas potencialmente nocivas, como coliformes fecais, metais pesados, nitratos e compostos orgânicos em decomposição, podendo afectar negativamente a qualidade da água subterrânea (Franco, 2005).

Caracterização das condições ambientais e hidrogeológicas da área de estudo

A vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação depende de diversos factores ambientais e hidrogeológicos. O Cemitério de Lhanguene situa-se numa área de solos predominantemente arenosos, que apresentam elevada permeabilidade, favorecendo a rápida infiltração de contaminantes (Aguiar, 2013). Além disso, a profundidade do lençol freático na região é relativamente reduzida, o que aumenta a susceptibilidade à poluição hídrica (Leli et al., 2012).

A literatura científica destaca que áreas com aquíferos rasos, solos permeáveis e elevada pluviosidade apresentam maior risco de contaminação por necrochorume, especialmente quando o cemitério não possui sistemas adequados de drenagem e contenção de efluentes (Migliorini et al., 2006). A presença de cemitérios em áreas urbanas, sem um planeamento ambiental adequado, pode resultar na degradação da qualidade da água subterrânea, tornando-a imprópria para o consumo humano (Pires, 2008).

Processo de contaminação das águas subterrâneas pelo necrochorume

A decomposição dos corpos humanos no solo gera necrochorume, um líquido viscoso e de coloração castanho-acinzentada, constituído por aproximadamente 60% de água, 30% de sais

minerais e 10% de substâncias orgânicas, incluindo as toxinas cadaverina e putrescina, além de microrganismos patogénicos (Franco, 2005). Este fluido tem elevada capacidade de infiltração no solo, podendo alcançar os aquíferos subterrâneos e comprometer a qualidade da água utilizada pela população local (Fürst, 2014).

A infiltração do necrochorume no solo é influenciada por múltiplos factores, nomeadamente:

a) Tipo de solo

Os solos arenosos permitem maior infiltração e dispersão do necrochorume, aumentando o risco de contaminação do lençol freático (Aguiar, 2013).

b) Profundidade do lençol freático

Quando o nível do aquífero é raso, os contaminantes atingem a água subterrânea mais rapidamente, aumentando os riscos de poluição (Kemerich & Borba, 2013).

c) Precipitação

As chuvas intensas podem acelerar o transporte dos contaminantes para camadas mais profundas do solo, agravando a contaminação hídrica (Foloco, 2023).

d) Composição do necrochorume

A presença de compostos nitrogenados, fósforo, metais pesados e patógenos torna o necrochorume um potencial poluente das águas subterrâneas (Fürst, 2014).

Impactos da contaminação das águas subterrâneas sobre a saúde pública

A contaminação da água subterrânea por necrochorume pode representar uma séria ameaça à saúde pública. Entre os principais efeitos adversos, destacam-se: (i) as doenças de origem microbiológica como gastroenterites, febre tifóide, hepatite A e cólera (Tavares, 2019); (ii) a metahemoglobinemia dificultando o transporte de oxigénio no sangue (Campos, 2013); (iii) problemas nos rins, no sistema nervoso e no fígado (Legner, 2017).

A vulnerabilidade da população residente nas imediações do Cemitério de Lhanguene é agravada pela falta de infraestruturas adequadas de tratamento de água, bem como pela escassez de campanhas de sensibilização sobre os riscos associados ao consumo de água contaminada (Baloi, 2022).

Medidas de prevenção e gestão da contaminação

A mitigação dos impactos da contaminação das águas subterrâneas por necrochorume exige a implementação de medidas ambientais e sanitárias eficazes, tais como:

a) Monitorização da qualidade da água

A realização de análises periódicas da água subterrânea nos arredores do cemitério é fundamental para a detecção precoce da contaminação (Rodrigues et al., 2020).

b) Criação de faixas de protecção sanitária

A delimitação de zonas de segurança ao redor do cemitério pode reduzir a exposição da população ao risco de contaminação hídrica (Migliorini et al., 2006).

c) Tratamento da água para consumo

A implementação de sistemas de filtração e desinfecção pode contribuir para a remoção de contaminantes microbiológicos e químicos (WHO, 2017).

d) Requalificação do cemitério

O desenvolvimento de infraestruturas que minimizem a infiltração do necrochorume, como sistemas de drenagem adequados, pode reduzir a contaminação do solo e da água subterrânea (Nogueira et al., 2013).

e) Educação e consciencialização da população

A promoção de campanhas informativas sobre os riscos da contaminação hídrica e a importância do tratamento da água pode contribuir para a adopção de práticas mais seguras pela comunidade (Almeida, 2019).

2.3.Fundamentação teórica

Para fundamentar teoricamente o estudo “Análise da Influência do Necrochorume na Qualidade da Água Subterrânea e Impacto na Saúde Pública: Caso de Estudo no Cemitério de Lhanguene”, é essencial considerar as questões ambientais e de saúde pública associadas à proximidade de cemitérios com os recursos hídricos.

Uma obra relevante neste contexto é o “Diagnóstico Ambiental de Cemitérios: Estudo de Caso São Luís do Maranhão” feito por José Agnaldo Pereira Mota Júnior, em 2012, que oferece uma base teórica e evidências empíricas pertinentes.

O estudo de Mota Júnior examina como os cemitérios podem impactar o meio ambiente, particularmente no que diz respeito à contaminação de águas subterrâneas. Os cemitérios, devido à decomposição dos corpos, podem liberar poluentes no solo e na água, afectando a qualidade dos recursos hídricos arredores. A análise crítica da pesquisa de Mota Júnior revela que os cemitérios podem ser fontes significativas de poluição, especialmente se não forem bem planeados e geridos.

Mota Júnior destaca vários problemas ambientais associados a cemitérios, pois ele defende que a decomposição dos corpos libera substâncias como amónio, nitrogénio e metais pesados, que podem infiltrar-se no solo e contaminar os lençóis freáticos, o que pode levar a problemas de saúde pública, impactando negativamente as comunidades próximas.

Aplicar os conceitos e metodologias discutidos na pesquisa de Mota Júnior ao caso do Cemitério de Lhanguene pode fornecer *insights* críticos sobre a qualidade da água na região e possíveis riscos para a saúde pública. A comparação dos resultados obtidos com os achados do estudo de São Luís do Maranhão pode ajudar a identificar padrões ou discrepâncias, contribuindo para uma melhor compreensão dos impactos ambientais específicos do Cemitério de Lhanguene.

Outra obra relevante para esta pesquisa é o estudo “Avaliação de Indicadores de Poluição em Águas Subterrâneas em Duas Necrópoles do Município de Belo Horizonte” realizado por Rodrigo Diniz Franco, em 2005, que oferece uma base teórica e argumentativa e evidências relevantes.

O estudo de Franco examina a maneira como os cemitérios podem impactar o meio ambiente, particularmente no que diz respeito à contaminação de águas subterrâneas. Os cemitérios, devido à decomposição dos corpos, podem libertar poluentes no solo e na água, afectando a qualidade dos recursos hídricos arredores.

Franco destaca vários problemas ambientais associados a cemitérios, defendendo que a decomposição dos corpos liberta substâncias como metais pesados e microrganismos patogénicos, que podem infiltrar-se no solo e contaminar os lençóis freáticos. Esses contaminantes foram encontrados em concentrações acima dos valores permitidos para o consumo humano, indicando um risco significativo para a saúde pública.

A análise crítica da pesquisa de Franco revela que os cemitérios podem ser fontes significativas de poluição, especialmente se não forem bem planeados e geridos. A presença de metais pesados e microrganismos patogénicos nas águas subterrâneas próximas aos cemitérios estudados em Belo Horizonte sugere que a contaminação é um problema real e presente. A direcção das águas subterrâneas e a profundidade do nível freático também foram factores importantes na dispersão dos contaminantes, conforme observado por Franco.

A fundamentação teórica baseada no estudo de Franco reforça a importância de monitorar continuamente a qualidade da água em áreas próximas a cemitérios e implementar estratégias de mitigação para proteger os recursos hídricos e a saúde pública.

3. Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho seguiu as seguintes etapas:

Etapa 1: Levantamento bibliográfico e análise de conteúdo

Nesta etapa, fez-se a construção da base teórica do tema, recorrendo-se à pesquisa em fontes secundárias de carácter científico tais como livros, manuais, artigos, dissertações de mestrado, teses de doutoramento, revista, jornais, dicionários, bem como os procedimentos para elaboração dos trabalhos científicos. Esta etapa consistiu na classificação da informação relevante recolhida em diferentes fontes bibliográficas através da discussão teórica, fazendo igualmente, a sistematização da informação, de forma a compreender o enquadramento do tema, a sua relevância, definir o problema, objectivos e hipótese.

Etapa 2: Comunicação com as entidades legais locais e entrevistas aos moradores dos arredores do Cemitério de Lhanguene.

Esta etapa consistiu em obter dados relacionados à área de estudo e aos efeitos do consumo da água subterrânea nas áreas próximas ao Cemitério de Lhanguene a partir de entrevistas dirigidas à comunidade, de forma a obter mais informações acerca das potenciais ameaças e perceber se existem precauções tomadas antes do consumo da mesma.

Etapa 3: Identificação de potenciais pontos de recolha de amostras de água prosseguida da realização de análises das amostras recolhidas.

Nesta etapa foi feita a identificação dos pontos de amostragem e a recolha das amostras da água subterrânea em 3 pontos diferentes próximos ao cemitério. Após a recolha, as amostras foram submetidas aos laboratórios para a realização das análises e avaliação dos parâmetros.

Etapa 4: Discussão de resultados

Nesta última fase, foi feita a comparação entre os seus limites mínimos e máximos estabelecidos pela lei e os resultados obtidos dos teores das amostras, e por fim, a discussão em torno da qualidade da água da região do Cemitério de Lhanguene.

3.1 Descrição da área de estudo

O Cemitério São José de Lhanguene, mais conhecido por Cemitério de Lhanguene (Figura 5), localiza-se na Cidade de Maputo, na Av. de Moçambique, no Bairro Luís Cabral, no Distrito Municipal de KaMubukwana, nas coordenadas 25°56'16.40"S e 32°32'34.08"E (Figura 6) e foi inaugurado aos 20 de Novembro de 1951 e oficialmente encerrado no dia 1 de Dezembro de

2012. O cemitério tem uma área de cerca de 43ha e possui mais de 21000 campas (Jornal O País, 2022).



Figura 5: Cemitério de Lhanguene

Fonte: A autora

Antes do seu encerramento oficial, o Cemitério de Lhanguene contava com uma média de 40 enterros formais por dia. Apesar de ter sido encerrado, o cemitério continua a receber mortos até aos dias de hoje, situação esta que se deve ao facto de os enterros se realizarem em campas pertencentes e/ou reservadas por alguém ou por uma determinada família (Verdade, 2013). Segundo dados fornecidos pelos coveiros do Cemitério de Lhanguene, actualmente decorrem, em média, cerca de 7 enterros por dia.



Figura 6: Delimitação Geográfica do Cemitério de Lhanguene

Fonte: Google Earth Engine, Agosto de 2024

O Cemitério de Lhanguene conta actualmente com mais de 25.000 campas, das quais mais de 5.000 se encontram abandonadas (Zucula, 2022).

Segundo o artigo 12 da Resolução n.º 76/AM/2011 de 26 de Outubro (2011), as sepulturas em todo território nacional, incluindo no Cemitério de Lhanguene, devem obedecer as seguintes dimensões:

- a) Para adultos: 2 m de comprimento; 0,65 m de largura; 1,15 m de profundidade;
- b) Para crianças: 1 m de comprimento; 0,55 m de largura; 1 m de profundidade.

Nos arredores do Cemitério de Lhanguene, a maior parte da população procura por fontes alternativas de abastecimento de água potável, devido à intermitência dos serviços prestados pelo FIPAG e à insuficiência na capacidade de atender à demanda total da população. Assim sendo, a população opta pelo fornecimento de água potável dos distribuidores privados, que captam a água em fontes subterrâneas. Nesta área, a água é maioritariamente usada para fins domésticos e para a irrigação de pequenas culturas agrícolas.

3.2 Tipo de estudo e desenho da pesquisa

Quanto à **abordagem**, este estudo é qualificado como uma pesquisa **quali-quantitativa**, pois faz a análise de dados relacionados aos indicadores e impacto dos efeitos do nicrochorume na água subterrânea, e visa medir e verificar se os parâmetros de potabilidade da água estão dentro dos valores máximos permissíveis estabelecidos por lei, o que envolve a quantificação de variáveis específicas.

Quanto à **natureza**, esta pesquisa é classificada como **aplicada**, pois, tem como objectivo primordial resolver um problema específico e prático, na eventualidade de existência do mesmo, que neste caso é verificar a potabilidade da água subterrânea e garantir que ela esteja dentro dos parâmetros de segurança para o consumo humano. Segundo Coelho (2019), este tipo de pesquisa foca-se em produzir conhecimento que possa ser directamente utilizado para melhorar as práticas ou políticas, como a gestão da qualidade da água.

Quanto aos **objectivos**, a pesquisa é do tipo **descritivo**, uma vez que um dos objectivos se restringe à descrição das características da qualidade da água subterrânea nas áreas próximas ao Cemitério de Lhanguene. A pesquisa descritiva busca fornecer uma visão detalhada e precisa da situação actual, sem necessariamente investigar relações de causa e efeito, e usando métodos como recolha de dados para o alcance dos seus objectivos (Coelho, 2019).

Quanto aos **procedimentos**, esta pesquisa é do tipo **caso de estudo**, pois envolve o estudo de um certo caso singular (i.e., Cemitério de Lhanguene), visando a descoberta e/ou comprovação de fenómenos num determinado contexto. Este tipo de procedimento enfatiza a interpretação de um fenómeno específico e busca retratar a realidade de maneira complexa e profunda, e é composto por três fases: (i) exploratória; (ii) sistematização da recolha de dados e delimitação do estudo; e (iii) análise e interpretação dos resultados (Lüdke, 1986).

3.2.1 População e amostra

A população e a amostra desta pesquisa foram feitas com base no censo, ou seja, é um estudo censitário onde foram englobados todos os furos existentes num raio de 1 km em volta do cemitério. No entanto, para proporcionar uma abordagem mais sistemática, foram consideradas algumas directrizes práticas.

3.2.2 Critérios de inclusão

- Casas que possuem furos localizados no Bairro Luís Cabral;
- Furos localizados num raio de até 1 km do cemitério;
- Furos em diferentes direcções a partir do cemitério (norte, sul, este e oeste);

- Furos com diferentes profundidades para captar possíveis variações na contaminação;
- Consentimento informado dos moradores para participar no estudo;
- Disponibilidade para entrevistas;
- Uso exclusivo de furos para fins domésticos.

3.2.3 Critérios de exclusão

- Casas sem poços ou furos de água subterrânea;
- Casas fora do raio de 1 km do Cemitério de Lhanguene;
- Recusa de participação ou falta de consentimento informado;
- Inacessibilidade dos moradores para participação no estudo;
- Uso exclusivo de poços e/ou furos para fins não domésticos.

3.3 Variáveis

Durante o desenvolvimento deste trabalho podem ser consideradas como variáveis importantes:

- Concentração de contaminantes;
- Profundidade do lençol freático;
- Profundidade a que são recolhidas as amostras de água;
- Direccção do fluxo da água subterrânea;
- Características do solo, como permeabilidade;
- Sazonalidade.

3.3 Instrumentos e técnicas de recolha de dados

As amostras foram recolhidas com recurso aos seguintes materiais: 3 frascos de vidro de 500ml esterilizados para as amostras microbiológicas, 6 garrafas plásticas de 1500ml para as amostras físico-químicas (ver Apêndice 1), álcool para desinfecção das torneiras, caixas térmicas para conservar a temperatura da água, etiquetas de identificação para os frascos (ver Apêndice 2), caneta e bloco de notas para as anotações importantes constatadas durante a recolha e um GPS para o registo das coordenadas.

De seguida, as amostras recolhidas foram conduzidas aos laboratórios onde foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas das mesmas, e onde se avaliaram os parâmetros físico-químicos como cor, turbidez, pH, compostos de nitrogénio, fósforo, chumbo e cádmio, e microbiológicos como coliformes totais e coliformes fecais.

Como técnicas para recolha de dados recorreu-se à:

- Condução de conversas com os moradores locais;

- Formação de grupos entre os moradores locais para partilha colectiva;
- Registo detalhado das descrições visuais e conceituais.

As amostras de água foram recolhidas em 3 pontos distintos nos arredores do cemitério, com as seguintes coordenadas apresentadas na Tabela 4 e ilustradas na Figura 7:

Tabela 4: Coordenadas, sentido em relação ao cemitério e distância dos pontos

	Coordenadas	Sentido	Distância entre o ponto e o cemitério (m)
Ponto 1	25°56'05.4"S 32°32'34.8"E	Norte	45 m
Ponto 2	25°56'29.8"S 32°32'26.3"E	Sul	130 m
Ponto 3	25°55'48.1"S 32°32'35.9"E	Norte	470 m

Fonte: A autora, com base em dados extraídos do Google Earth Engine



Figura 7: Pontos de amostragem em relação ao Cemitério

Fonte: Google Earth Engine, Março de 2025

As análises das amostras de água foram feitas em dois laboratórios, nomeadamente, Águas da Região Metropolitana de Maputo (AdRM) e SwissLab, isto porque o laboratório da AdRM não dispõe, no momento, de reagentes para analisar os parâmetros cádmio, chumbo e fósforo. Os coliformes totais e fecais também foram analisados no SwissLab, por ser mais acessível. Os

restantes parâmetros, nomeadamente pH, turbidez, cor, nitratos, nitritos e amoníaco, foram analisados no laboratório da AdRM.

- **SwissLAB**

SwissLAB é o primeiro laboratório privado em Moçambique dedicado a análises físicas, químicas e microbiológicas de controle de qualidade. Localizado na Praceta Poeta Rui de Noronha N°56, 1100 Maputo, o laboratório é reconhecido pela sua alta fiabilidade e precisão nas análises e está equipado com tecnologia de ponta para atender a diversas necessidades do mercado, incluindo análises de águas para consumo humano, efluentes, solos, alimentos, gases, combustíveis, fármacos, entre outros. No Laboratório SwissLAB foram analisados alguns parâmetros microbiológicos, como coliformes totais e coliformes fecais e parâmetros químicos como chumbo, cádmio e fósforo.

Para a quantificação de coliformes totais e coliformes fecais, foi usado o método da membrana filtrante, conforme ilustra a Foto 3 do Apêndice 3. Neste método, filtra-se o volume de amostra adequado (100 ou 250 ml), colocando a membrana filtrante no respectivo meio de isolamento, evitando a formação de bolhas de ar por baixo da membrana.

Após a filtração das amostras de água, as membranas filtrantes são removidas dos filtros e são colocadas em incubadoras para observar o possível crescimento de colónias na superfície das mesmas (Foto 4 do Apêndice 3). Este processo é repetido para cada amostra de água. Todas as colónias de cor amarela ou laranja, independentemente do seu tamanho, contam-se como bactérias coliformes presumíveis.

Este método foi utilizado para a quantificação dos coliformes totais e dos coliformes fecais. A única diferença é que o tempo de incubação na estufa para os coliformes totais é de 36° C e para os coliformes fecais é de 44° C, conforme ilustrado na Foto 5 do Apêndice 3.

Para a análise dos parâmetros químicos, como cádmio, chumbo e fósforo, foi utilizado o método de calibração de curvas. O primeiro passo deste método é posicionar correctamente as amostras de água e os respectivos reagentes na máquina de leitura (Foto 6 do Apêndice 3), e registar no computador o número e a posição das amostras.

Após o primeiro passo, a máquina de leitura e o computador trabalham automaticamente em coordenação (ver Foto 7 do Apêndice 3), onde a máquina faz a intercalação entre as amostras

de água, a amostra padrão e os reagentes, e o computador regista os valores e traça as curvas de calibração.

AdRM

O Laboratório das Águas da Região Metropolitana de Maputo (AdRM) é um centro de análises físico-químicas e microbiológicas que assegura a qualidade da água potável fornecida às cidades de Maputo, Matola e à Vila de Boane. Este laboratório é essencial para garantir que a água distribuída pelo sistema de abastecimento atende aos padrões de potabilidade recomendados para o consumo humano.

No laboratório das AdRM foram analisados alguns parâmetros físicos, como cor e turbidez, e parâmetros químicos como pH, nitritos, nitratos e amoníaco.

Para a determinação do pH, utilizou-se um dispositivo denominado “medidor de pH”. O medidor possui um electrodo de vidro sensível ao ião de hidrogénio. Este electrodo é mergulhado numa solução neutra que possui um potencial constante, conforme ilustra a Foto 8 do Apêndice 4.

Quando o electrodo é inserido numa amostra de água, ocorre uma troca de iões de hidrogénio entre a solução e o electrodo, criando uma diferença de potencial eléctrico e o medidor converte essa diferença de potencial num valor de pH, que é exibido na tela do dispositivo.

Para a determinação da cor, utilizou-se um espectrofotómetro (ver Foto 10 do Apêndice 4). Este aparelho mede a quantidade de luz absorvida ou transmitida por uma amostra de água em diferentes comprimentos de onda. A água a ser analisada é colocada numa cubeta, que é um pequeno recipiente transparente e o espectrofotómetro emite uma luz branca que passa por um sistema óptico, decompondo-a em diferentes comprimentos de onda.

Para a medição do teor de amoníaco nas amostras de água foi usado o método de Nessler directo (ver Foto 11 do Apêndice 4). Neste método o reagente de Nessler é adicionado à amostra e reage com o amoníaco, formando um complexo de tom esverdeado, dependendo da quantidade de amoníaco presente na amostra. A intensidade da cor formada é proporcional à concentração de amoníaco na amostra. Esta cor é medida usando o mesmo aparelho usado para a determinação da cor, o espectrofotómetro, por meio de curvas de calibração.

Para a determinação dos nitritos, foi utilizado um método similar ao método de Nessler directo, denominado método do ácido sulfanílico e alfa-naftilamina (Foto 12 do Apêndice 4). O procedimento nestes dois métodos é o mesmo, o único diferencial está nos reagentes usados e, conseqüentemente, nas colorações resultantes das reacções: no método de Nessler é usado o reagente de Nessler e a coloração resultante da reacção é esverdeada, enquanto no método do ácido sulfanílico e alfa-naftilamina é usado o ácido sulfanílico como reagente e a coloração resultante da reacção é rosada. Para ambos, o tempo de reacção é de 20 minutos.

Para a determinação a concentração de nitratos nas amostras de água foi usado o método do ácido fenol-dissulfónico (Foto 13 do Apêndice 4). A amostra de água é tratada com ácido sulfúrico para converter os nitratos em nitritos. De seguida, o ácido fenol-dissulfónico, que reage com nitritos, é adicionado à amostra, formando um complexo amarelo. A intensidade da cor amarela formada é proporcional à concentração de nitratos na amostra. Esta cor é medida usando o espectrofotómetro previamente mencionado.

4 Discussão de Resultados

As amostras foram recolhidas no dia 10 de Março e foram submetidas aos laboratórios no mesmo dia. Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos¹ estão apresentados a seguir (Tabela 5):

Tabela 5: Resultados das análises laboratoriais e comparação com a legislação

Parâmetro	Resultados			LMA	Unidade
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3		
Cor	3,00	4,00	3,00	15	TCU
Turbidez	0,19	0,20	0,29	5	NTU
pH	8,18	8,17	8,31	6,5 - 8,5	-
Cádmio	<0,25	<0,25	<0,25	0,3	mg/l
Chumbo	<0,25	<0,25	<0,25	0.1	mg/l
Fósforo	8,2	6,4	6,6	10	mg/l
Nitratos	42,30	37,60	11,70	50	mg/l
Nitritos	0,02	0,01	0,01	0,3	mg/l
Amoníaco	<0,01	<0,01	<0,01	1,5	mg/l
Coliformes fecais	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	NMP / 100ml
Coliformes totais	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	NMP / 100ml

Fonte: A autora, com base nos resultados das análises laboratoriais e no Diploma Ministerial n.º 180/2004

Os resultados dos parâmetros analisados indicam que as amostras de água estão em conformidade com o Regulamento sobre a Qualidade de Água para o Consumo Humano do Diploma Ministerial n.º 180/2004 de 15 de Setembro. No entanto, é possível constatar que as concentrações mais altas de parâmetros críticos como fósforo e nitratos foram encontradas no Ponto 1, que é o ponto mais próximo ao cemitério. Embora os parâmetros estejam em conformidade com o recomendado, é possível associar estes resultados à maior concentração de necrochorume no Ponto 1, ainda que sejam de forma não prejudicial.

A direcção do fluxo das águas subterrâneas também é um factor importante a ser levado em consideração. As águas subterrâneas geralmente fluem das zonas de recarga (onde a água entra no solo) para as zonas de descarga (onde a água sai do solo, como em rios ou lagos). Sendo que o Cemitério de Lhanguene está localizado numa zona de recarga, é possível que o necrochorume

¹ Os relatórios dos resultados das análises laboratoriais podem ser visualizados mais adiante, nos Anexos 1 a 4.

tenha sido transportado pela água subterrânea para áreas mais distantes, na direcção do Vale do Infulene, que é uma zona de descarga. É possível que neste processo os contaminantes sejam dispersados.

Outro factor importante é a profundidade do lençol freático *versus* a profundidade dos furos onde foram recolhidas as amostras de água. Se os furos de amostragem tiverem sido perfurados muito superficialmente, podem não captar a água do lençol freático, resultando em amostras não representativas. Por outro lado, furos muito profundos podem captar água de diferentes camadas, diluindo a concentração de contaminantes. Para se saber da profundidade dos furos e do lençol freático, é necessário que se realizem estudos piezométricos.

Estes resultados podem ser também relacionados às propriedades do solo da área do cemitério. A forma como o necrochorume se infiltra e se dispersa no solo depende de várias características do solo. Os solos com alta capacidade de adsorção, como solos argilosos, podem reter contaminantes presentes no necrochorume, diminuindo sua mobilidade. Isso pode ajudar a mitigar a contaminação, mas também pode levar ao acúmulo de poluentes no solo. Para se saber com exactidão o tipo de solo naquela área, é preciso que se façam estudos geotécnicos.

Os resultados que indicam conformidade com o regulamento podem também estar relacionados ao facto do cemitério já não estar activo e a maior parte dos corpos lá presentes já terem se decomposto há anos ou, caso ainda estejam em decomposição, já terem passado da fase da decomposição em que o necrochorume é libertado. Os corpos que ainda se encontram em fase de decomposição podem não ser suficientes para criar uma contaminação que necessite de atenção.

Além da análise laboratorial dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água subterrânea, torna-se igualmente relevante considerar os indicadores sócio-ambientais associados à presença e à influência do necrochorume nas áreas circunvizinhas ao Cemitério de Lhanguene. A avaliação desses indicadores permite compreender os efeitos indirectos e perceptíveis do fenómeno, tanto no ambiente como na saúde e bem-estar das populações locais, indo para além dos resultados laboratoriais formais. Neste sentido, o quadro seguinte (Quadro 1) sistematiza os principais parâmetros observáveis ou relatáveis pela população, bem como os respectivos impactos ambientais e sanitários, oferecendo uma leitura integrada da problemática e contribuindo para responder ao objectivo específico de avaliação dos parâmetros sócio-ambientais da influência do necrochorume.

Quadro 1: Indicadores de Avaliação de Impactos

Indicador	Efeito sobre o Ambiente	Efeito sobre a Saúde Pública
Odor	Indicador de decomposição avançada e emissão de compostos orgânicos voláteis no solo e ar	Desconforto, náuseas, irritação mucosa em áreas próximas ao cemitério
Cor	Presença de matéria orgânica em decomposição; alteração visual dos corpos hídricos	Desencorajamento ao consumo; percepção de água imprópria
Sabor	Indício de poluição perceptível mesmo antes de ultrapassar limites legais	Risco de consumo contínuo de água contaminada por desconhecimento
Turbidez	Partículas em suspensão e matéria coloidal oriunda de necrochorume	Redução da eficácia na cloração doméstica; risco microbiológico oculto
pH alterado (ácido ou básico)	Alteração da acidez do solo e água; afectação de microecossistemas subterrâneos	Possível irritação gastrointestinal; instabilidade química na ingestão prolongada
Fósforo (elevado)	Eutrofização de lençóis freáticos e poços; crescimento excessivo de algas e bactérias	Indirectamente favorece proliferação bacteriana; não tóxico em si, mas desequilibra o sistema
Nitratos / Nitritos (elevados)	Eutrofização; infiltração profunda; mobilidade rápida nos aquíferos	Metahemoglobinemia (síndrome do bebé azul); toxicidade crónica em adultos
Amoníaco	Indica presença de proteínas em decomposição; contamina solo e aquífero	Tóxico em níveis elevados; indicativo de decomposição activa
Coliformes fecais e totais	Indicam presença de matéria orgânica recente e possível contaminação fecal do subsolo	Gastroenterites, febre tifóide, cólera, hepatite A e outras doenças hídricas
Chumbo	Contaminação química persistente; bioacumulação no solo e sedimentos	Neurotoxicidade, efeitos sobre rins e sistema nervoso; risco para crianças

Indicador	Efeito sobre o Ambiente	Efeito sobre a Saúde Pública
Cádmio	Elemento persistente, contamina ecossistemas por décadas	Doença de Itai-Itai, fragilidade óssea, problemas renais crónicos
Presença de algas ou biofilmes em furos	Indica proliferação por nutrientes em excesso (eutrofização)	Pode favorecer colonização por bactérias patogénicas (E. coli, etc.)
Desconforto dos moradores (relato de sabor ou cheiro estranho na água)	Indício de poluição perceptível mesmo antes de ultrapassar limites legais	Risco de consumo contínuo de água contaminada por desconhecimento
Diminuição da fauna edáfica (formigas, minhocas, etc.)	Alteração biológica do solo por acidez e carga orgânica	Indicador indirecto de desequilíbrio ecológico com potenciais reflexos sanitários

Fonte: A autora

Com base nos resultados obtidos e na análise da realidade local, identificou-se a necessidade de adopção de técnicas de melhoria na captação da água subterrânea como medida preventiva à possível contaminação por necrochorume. Embora as amostras analisadas estejam em conformidade com a legislação vigente, a proximidade entre os pontos de captação e o cemitério, associada à elevada permeabilidade dos solos e à reduzida profundidade do lençol freático, justifica a implementação de práticas mais seguras. Entre as técnicas recomendadas destacam-se: o tratamento da água captada antes do consumo, a impermeabilização da base dos furos de captação, o aumento da profundidade dos furos para evitar as camadas mais vulneráveis à infiltração superficial, a instalação de selagens sanitárias nas bocas dos poços e a introdução de sistemas de filtração doméstica, como filtros de carvão activado ou cloradores simples. A título complementar, recomenda-se a educação comunitária para o uso seguro da água subterrânea e a criação de zonas de protecção sanitária em torno das áreas de captação, reforçando a gestão participativa e sustentável dos recursos hídricos locais.

A presente investigação partiu da premissa teórica sustentada por autores como Mota Júnior (2012) e Franco (2005), que, através de estudos de caso em diferentes contextos urbanos no Brasil, demonstraram que a decomposição de corpos humanos em cemitérios mal geridos pode causar a contaminação das águas subterrâneas por necrochorume. Estes estudos revelaram concentrações elevadas de microrganismos patogénicos, metais pesados e compostos nitrogenados, ultrapassando os limites de potabilidade definidos pelas autoridades sanitárias

locais, o que levou à conclusão de que os cemitérios são fontes potenciais de poluição dos aquíferos, especialmente quando inseridos em áreas urbanas densamente povoadas.

No entanto, os resultados obtidos no presente estudo, com base nas análises laboratoriais de três pontos de amostragem nos arredores do Cemitério de Lhanguene, apontam para um cenário distinto, onde todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados se mantêm dentro dos limites estabelecidos pelo Diploma Ministerial n.º 180/2004. Os parâmetros críticos como nitratos, fósforo, coliformes fecais, chumbo e cádmio, que são apontados na literatura como principais marcadores de contaminação por necrochorume, não ultrapassaram os níveis legalmente admissíveis em nenhum dos pontos analisados. Ainda que o Ponto 1, situado a apenas 45 metros do cemitério, tenha registado valores mais elevados de fósforo (8,2 mg/l) e nitratos (42,3 mg/l), estes continuam abaixo dos limites máximos admissíveis, o que indica que não há, no presente momento, risco directo para a saúde pública.

Estes resultados sugerem que, apesar da plausibilidade teórica da hipótese de contaminação, as condições hidrogeológicas locais, como a profundidade dos furos, a possível adsorção natural do solo ou mesmo o facto de o cemitério já se encontrar oficialmente encerrado desde 2012, podem estar a mitigar os efeitos esperados da infiltração de necrochorume. Importa também salientar que a ausência de contaminação significativa pode estar associada à fase avançada de decomposição dos corpos, com conseqüente cessação da libertação de necrochorume activo.

Deste modo, e com base nas evidências empíricas apuradas, valida-se a Hipótese H0, segundo a qual *“a qualidade da água subterrânea nos arredores do Cemitério de Lhanguene não é influenciada pelo necrochorume resultante do processo de decomposição dos corpos”*. A hipótese H1, que previa uma influência negativa do necrochorume, não se confirmou à luz dos dados analisados.

Contudo, esta validação é circunstancial e não definitiva, uma vez que a natureza dinâmica dos aquíferos e a possibilidade de contaminações futuras, sobretudo em épocas de maior pluviosidade, exigem que se mantenha um sistema de monitoramento regular da qualidade da água. A concordância dos resultados com a legislação vigente não exclui a necessidade de vigilância ambiental contínua, sobretudo pelo facto de o cemitério ainda acolher sepultamentos informais em campas antigas.

5 Conclusões

Os pontos de amostragem foram estrategicamente seleccionados dentro de um raio de até 1 km do Cemitério de Lhanguene, abrangendo as direcções norte e sul e profundidades variadas dos furos de água, visto que nestes locais não se usam poços para a extracção de água subterrânea. A selecção dos pontos permitiu uma análise abrangente da qualidade da água subterrânea em diferentes locais e profundidades, aumentando a representatividade dos dados recolhidos.

As amostras de água foram recolhidas em três pontos distintos nos arredores do cemitério, com coordenadas específicas e em diferentes direcções e profundidades. Este processo garantiu a obtenção de dados diversificados e representativos da área de estudo, o que permitiu melhor conhecimento da qualidade da água subterrânea nas áreas do entorno do cemitério.

Foram analisados parâmetros físicos, químicos e biológicos, como a cor, a turbidez, o pH, os nitritos, os nitratos, o amoníaco, o fósforo, o chumbo, o cádmio, os coliformes fecais e os coliformes totais, conforme a recomendação da legislação nacional específica. Os ensaios foram realizados em dois laboratórios de referência nacional, garantindo a precisão e confiabilidade dos resultados.

Os resultados obtidos no estudo sobre a qualidade da água subterrânea nas proximidades do Cemitério de Lhanguene indicam que os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados estão em conformidade com o Regulamento sobre a Qualidade de Água para o Consumo Humano do Diploma Ministerial n.º 180/2004 de 15 de Setembro. No entanto, observou-se que as concentrações de fósforo e nitratos são elevadas no ponto mais próximo ao cemitério, sugerindo uma possível influência do necrochorume. Apesar disso, os níveis ainda estão dentro dos limites aceitáveis, não representando um risco imediato à saúde pública.

De uma forma geral, pode-se concluir que a qualidade da água subterrânea nas proximidades do Cemitério de Lhanguene está dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Embora haja uma maior concentração de alguns parâmetros críticos no ponto mais próximo ao cemitério, os níveis não ultrapassam os limites legais, indicando que a contaminação, se presente, não é significativa a ponto de comprometer a potabilidade da água. É recomendável que se continue a monitorar a qualidade da água e implementar medidas preventivas para garantir a segurança hídrica a longo prazo.

6 Limitações do trabalho

Durante a realização deste estudo, foram encontradas algumas limitações, nomeadamente:

- Falta de informação por parte dos responsáveis dos furos no que diz respeito à cedência de informação sobre a profundidade dos seus furos;
- Falta de informação sobre a profundidade do lençol freático e as características do solo da área do cemitério;
- Escassez de recursos financeiros para a realização de estudos adicionais, nomeadamente piezométricos e geotécnicos, para a medição dos níveis de água subterrânea e classificação das características do solo, respectivamente;
- Impossibilidade de realizar o estudo em diferentes épocas (seca e chuvosa). As condições ambientais e a qualidade da água podem variar com as estações do ano, exigindo múltiplas recolhas de amostras ao longo do tempo para obter uma análise mais abrangente.

7 Referências bibliográficas

- Aguiar, J. (2013). *Chorume*. Cursos & Consultorias.
- Almeida, I. R. (2019). *Avaliação da Qualidade da Água de Abastecimento do Campus Saúde da Cidade Universitária José da Silveira Netto, Belém*. Dissertação submetida para o grau de Mestrado em Águas e Saneamento Brasil.
- Assaf, A. (2015). *Qualidade da Água*. Portal Tratamento de Água. Disponível em <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/>.
- Baloi, S. (2022). *FIPAG Projecta Expansão do Abastecimento de Água na Região do Sul*. MzNews.
- Baptista, T. M. (2012). *Qualidade da Água e Fatores de Contaminação de Poços rasos na área Urbana de Anastácio*. Dissertação submetida para o grau de Mestrado em Águas Brasil.
- Bastos, M. L. (2013). *Caracterização da qualidade da água subterrânea – Estudo de caso no Município de Cruz das Almas – Bahia*. Tese de Licenciatura. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, pp. 14-26.
- Branco, Samuel M (2001). *Água: origem, uso e preservação*. São Paulo: Moderna.
- Campos, T. S. (2013). *Avaliação dos Valores de Nitrato em Águas Subterrâneas e Sua Correlação Com Atividades Antrópicas no Município de Águas Lindas de Goiás*.
- Carson, R. (1962). *Primavera Silenciosa*. New Yorker.
- Coelho, B. (2019). *Os Diferentes Tipos de Pesquisa*. Mettzer.
- Conselho Municipal de Maputo, Município de Maputo. (2021). *Projecto de Transformação Urbana de Maputo*.
- Daniel, M. H. B. (2008). *Caracterização do perfil do nitrato na água para consumo humano do município de Natal-RN no ano de 2007*. Monografia (especialização) -Universidade de Brasília.
- Dent, B. B. & Knight, M. J. (2006). *Cemeteries: a Special Kind of Landfill*. National Center of Groundwater Management. University of Technology.
- Diploma Ministerial n.º 180/2004. (2004). *Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano*. Boletim da República. I Série -Número 37. Quarta-feira, 15 de Setembro.
- EPAL. (2016). *Chumbo, Ficha Informativa*. Grupo Águas de Portugal. Disponível em <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/agua/ficha-chumbo.pdf?sfvrsn=2>.
- EPAL. (2018). *Ciclo Hidrológico*. Empresa Portuguesa das Águas Livres. Disponível em <https://www.epal.pt/EPAL/menu/epal/comunica%C3%A7%C3%A3o-ambiental/ciclo-da-%C3%A1gua>
- Felicioni, F., Andrade, F. F. A & Bortolozzo, N. (2007). *A Ameaça dos Mortos*. Ed. Maxprint, Jundiaí – SP.
- Fetter, C. W. (1999). *Contaminant Hydrogeology*. Prentice Hall, vol. 3, p20.

- Foloco, N. D. T. (2023). *Avaliação da Contaminação da Água para o Consumo Humano por Lixiviados de Lixeira, Caso de Estudo: Lixeira de Hulene*. Monografia apresentada para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia do Ambiente.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'elia & M. Paris, M. I. (2002). *Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies*. The World Bank.
- Franco, D. R. (2005). *Avaliação de Indicadores de Poluição em Águas Subterrâneas em Duas Necrópoles do Município de Belo Horizonte*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária da Universidade de Minas Gerais.
- Fürst, O. (2014). *Cemitérios Como Fonte de Contaminação Ambiental*. Biboca Ambiental.
- Hirata, R., Suhogusoff, A., Marcellini, S., Villar, P. & Marcellini, L. (2019). *As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil*.
- Jornal O País (2022). *Mais de 5 mil Campas em Lhanguene e Michafutene Estão Abandonadas*.
- Jornal Verdade. (2013). *Continuam enterros no Cemitério de Lhanguene*.
- Kemerich, P.D.C., Biachini, D. C., Fank, J. C., Borba, W. F., Weber, D. P. & Ucker F. E. (2014). *A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil*. Edição Especial, p. 3777-3785.
- Kemerich, P.D.C., Ucker, F. E. & Borba, W. F. (2013). *Cemitérios Como Fonte de Contaminação Ambiental*. Revista Scientific American Brasil, Vol.1, p. 78-81.
- Langalde, V. de. (1990). *Ésoterisme, Médiuns, Spirites du Père Lachaise*. Paris: Vermet.
- Lauwers, D. & Papa, E. (2015). *Smart Mobility: Opportunity or Threat to Innovate Places and Cities?*
- Legner, C. (2017). *Problemas, Cuidados e Como Tratar o Necrochorume*. ed. 36.
- Leli, I. T., Zapparoli, F. C. M., dos Santos, V. C., Oliveira, M. & Reis, F. A. G. V. (2012). *Estudos Ambientais Para Cemitérios: Indicadores, Áreas De Influência E Impactos Ambientais*. Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Lüdke, M.; André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.
- Macedo, Jorge A. B (2001) *Águas e Águas*, São Paulo: Varela.
- Mainer, F.B. & dos Santos, F. B. (s.d.). *Os Revestimentos de Cádmio e as Contaminações Ambientais*. Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Engenharia, Niterói, RJ, Brasil.
- Matos, B. A. (2001). *Avaliação da Ocorrência e do Transporte de Microrganismos no Aquífero Freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo*. 2001. 113 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Migliorini, R. B. (1994). *Cemitérios Como Fonte de Poluição em Aquíferos: Estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia Sedimentar de São Paulo*.

- Migliorini, R. B., Lima, Z. M. & Zeilhofer, L. V. A. C. (2006). *Qualidade das Águas Subterrâneas em Áreas de Cemitério*. Região de Cuiabá – MT. *Águas Subterrâneas*, v.20. p.15-28.
- Mota Júnior, J. A. P. (2012). *Diagnóstico Ambiental de Cemitérios – Estudo de caso São Luís do Maranhão*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da UFP.
- Nogueira, C. O. G., Costa Júnior, J. E. V. & Coimbra, L. A. B. (2013). *Cemitérios e os seus Impactos Socioambientais no Brasil*. Fórum Ambiental da Alta Paulista. v. 9.
- Pires, A. S. & Garcias, C. M. (2008). *São os Cemitérios a Melhor Solução para a Destinação dos Mortos?* In: IV Encontro Nacional Da Anppas; Brasília.
- Reis, F. (2015). *Avaliação da Qualidade Microbiológica de Águas e Superfícies de bebedouros de parques de Curitiba*. Dissertação para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Ambiental. Brasil.
- Resolução n.º 76/AM/2011 de 26 de Outubro (2011). *Postura sobre Funerais e Cemitérios*. Boletim da República III Série- Número 12. Quinta-feira, 22 de Março.
- Rodrigues, J. A. M., Andrade, A. C. O., Viola, M. R., Ferreira, D. D., Mello, C. R. & Thebaldi, M. S. (2020). *Modelagem hidrológica em uma bacia do bioma Cerrado brasileiro*. *Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*.
- Salamandane, C., Lobo, M.L., Afonso, S., Miambo, R. & Matos, O. (2021). *Occurrence of Intestinal Parasites of Public Health Significance in Fresh Horticultural Products Sold in Maputo Markets and Supermarkets, Mozambique*. *Microorganisms*.
- Salgado, R. L. (2009). *Avaliação Microbiológica de Fontes Subterrâneas*. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Brasil.
- Santos, A. P. (2018). *Controlo da Qualidade da Água*. Trabalho de Conclusão Apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Porto como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro do Ambiente. Portugal.
- Santos, R. A., Cruz, M. J. M. & Nascimento, S. A. (2010). *Avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos cársticos: subsídios para uma gestão dos recursos hídricos subterrâneos*. *Cadernos de Geociências*, v. 7, n. 1, p. 54-72.
- Schmidt, E & Isabete, I. (2006). *Estudo da e qualidade das águas subterrânea na região sudoeste do município de Estrela-RS*. Monografia (Graduação) curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário Univates, Lajedo.
- Silva, W. L. A., Freitas, G. R. S., Silva, M. R. F. (2019). *Determinação Indireta de Contaminação por Necrochorume em Poços Artesianos Próximos aos Cemitérios Públicos do Município de Lagoa Nova/RN*.
- Simone, S. (2018). *Avaliação da Qualidade da Água dos Poços na Cidade de Quelimane – Estudo de caso dos bairros Micajune, Icidua e Elalane*. Curso de Química Marinha da Universidade Eduardo Mondlane como parte dos requisitos para obtenção do grau de licenciatura.

Tavares, L. C. (2019). *Avaliação da Qualidade Microbiológica de Águas*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento. Paraná.

Uamusse, A. J. (2015). *Avaliação da Qualidade de água dos Poços*. Trabalho apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia do Ambiente. Gaza.

World Health Organization (WHO). (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 4th edition.

Zucula, J. (2022). *Mais de 5mil campas em Lhanguene e Michafutene estão abandonadas*. Jornal O País.

Apêndices

Apêndice 1: Processo de recolha das amostras de água do furo no Bairro de Luís Cabral



Foto 1: (1) Recolha de amostra de água no Ponto 1; (2) Recolha de amostra de água no Ponto 2; (3) Recolha de amostra de água no Ponto 3

Fonte: A autora. Tiradas aos 10/03/2025

Apêndice 2: Amostras recolhidas

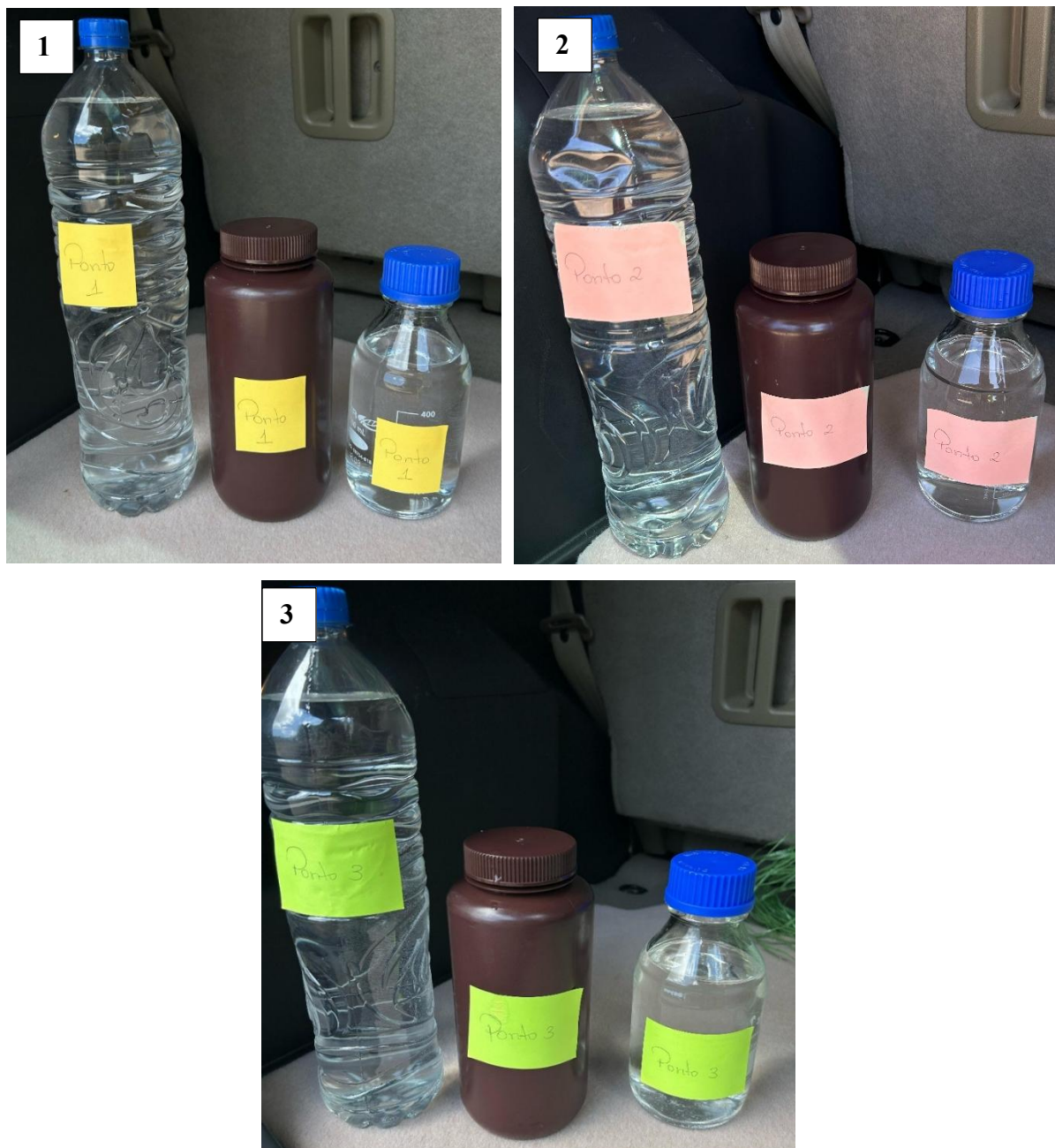


Foto 2: (1) Amostras de água recolhidas do Ponto 1; (2) Amostras de água recolhidas do Ponto 2; (3) Amostras de água recolhidas do Ponto 3

Fonte: A autora. Tiradas aos 10/03/2025

Apêndice 3: Processo de análises laboratoriais no SwissLab

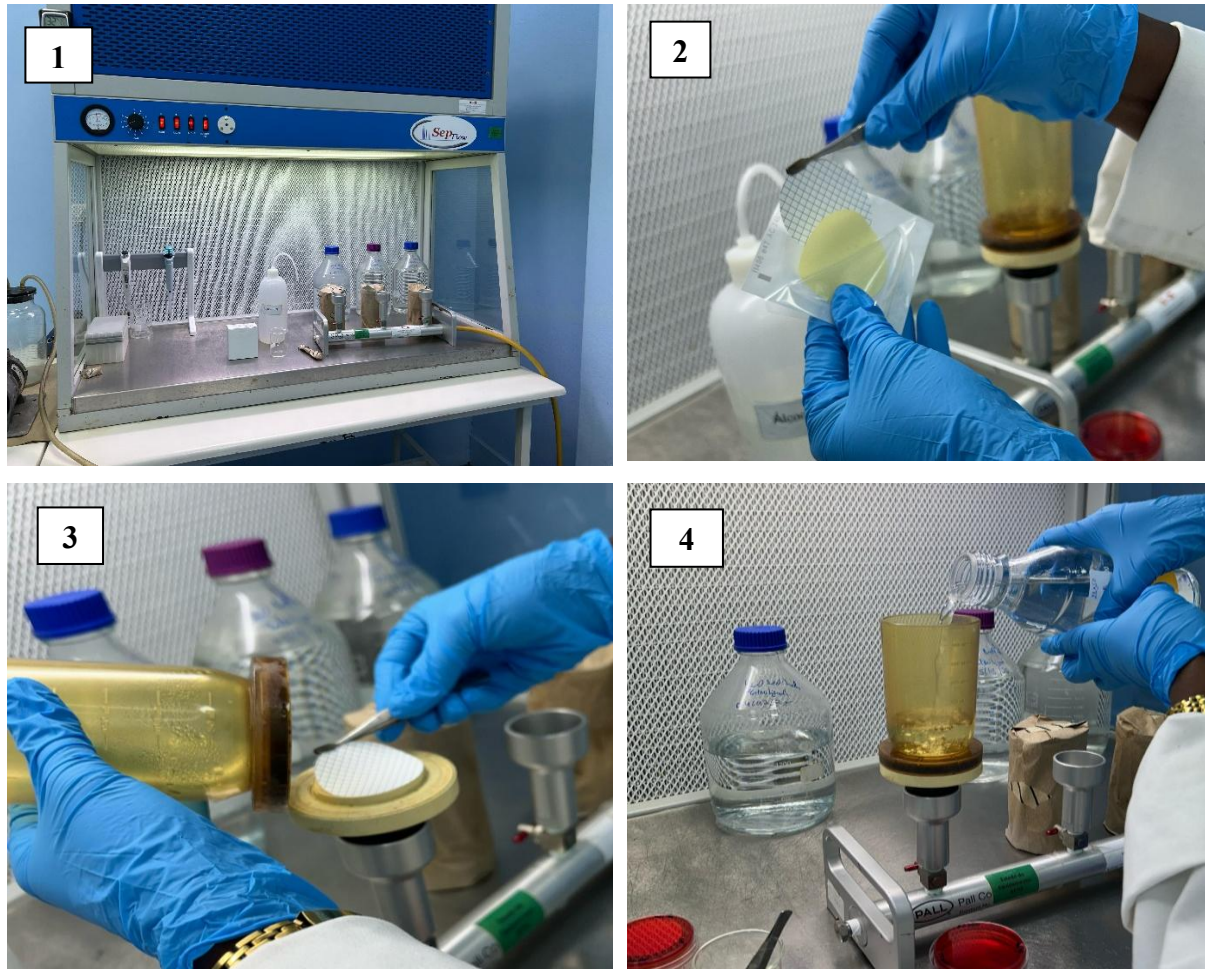


Foto 3: (1) Aparelho de filtração; (2) Membrana filtrante; (3) Posicionamento da membrana filtrante no respectivo meio de isolamento; (4) Aplicação de 100 ml da amostra de água no filtro.

Fonte: A autora. Tiradas aos 10/03/2025



Foto 4: Aplicação da membrana filtrante previamente removida do filtro na incubadora

Fonte: A autora. Tirada aos 10/03/2025



Foto 5: (1) Incubação de coliformes totais a 36° C; (2) Incubação de coliformes fecais a 44° C.

Fonte: A autora. Tiradas aos 10/03/2025



Foto 6: Posicionamento das amostras de água e dos reagentes na máquina de leitura

Fonte: A autora. Tirada aos 10/03/2025

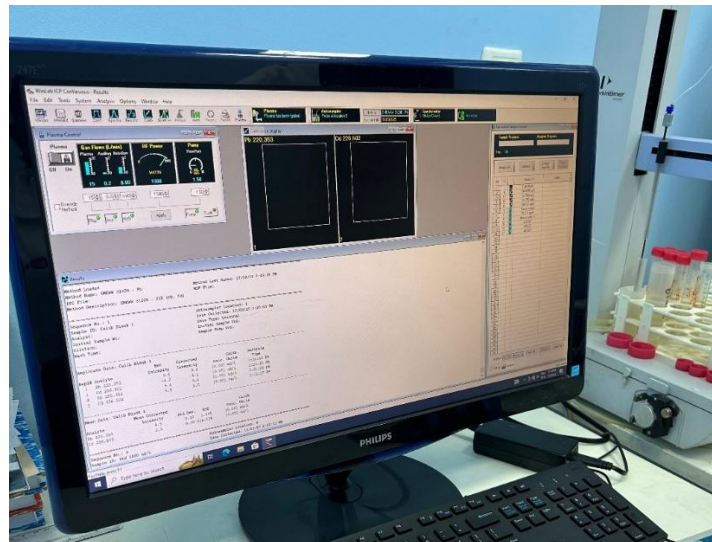


Foto 7: Registro automático dos valores no computador

Fonte: A autora. Tirada aos 10/03/2025

Apêndice 4: Processo de análises laboratoriais na AdRM



Foto 8: Medição do pH usando o medidor de pH

Fonte: A autora. Tirada aos 12/03/2025



Foto 9: Medição do turbidez usando o turbidímetro

Fonte: A autora. Tiradas aos 12/03/2025



Foto 10: Espectrofotómetro

Fonte: A autora. Tirada aos 12/03/2025



Foto 11: Determinação do amoníaco usando o método de Nessler directo

Fonte: A autora. Tiradas aos 12/03/2025

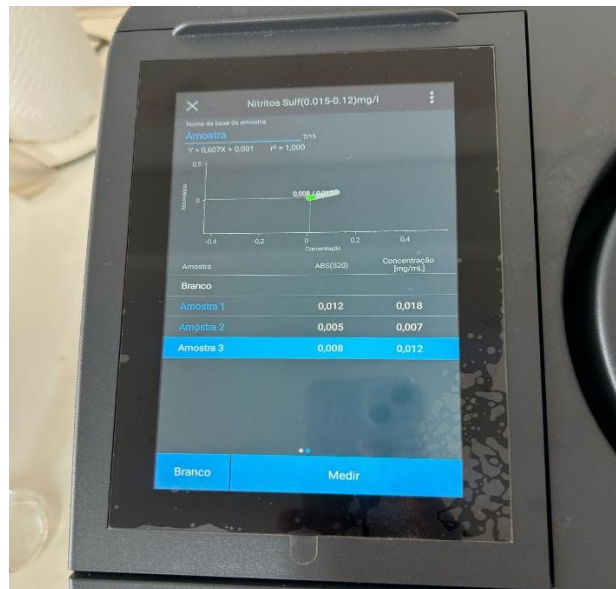


Foto 12: Determinação de nitritos usando o método do ácido sulfanílico e alfa-naftilamina

Fonte: A autora. Tiradas aos 12/03/2025



Foto 13: Determinação de nitratos usando o método do ácido fenol-dissulfônico

Fonte: A autora. Tiradas aos 12/03/2025

Anexos

Anexo 1: Resultados das análises dos parâmetros no Laboratório SwissLAB



RELATÓRIO DE ENSAIO NR: 13832

Cliente:	Barbara Caetano	Versão:	2
Endereço:	Maputo - Moçambique	Relatório de Ensaio:	Final
Cliente n°:		Data de Amostragem:	10/03/2025
Referência:	Águas de Consumo	Data de Recepção:	10/03/2025
Ponto de Amostragem:	Furo	Data Início da Análise:	10/03/2025
Responsável Pela Amostragem:	Cliente	Data do Fim da Análise:	20/03/2025
		Data de Emissão:	25/03/2025

Ensaio	Método Analítico	Unidades	Valor Limite	Amostra 22350	Amostra 22351	Amostra 22352
				Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Resultados						
Microbiologia						
Quantificação de Bactérias Coliformes	MI,PE/SwissLab/ML/002/Rev.05	UFC/100mL	< 1	< 1	< 1	< 1
Quantificação de Coliformes Fecais	MI,PE/Swisslab/ML/003/Rev.05	UFC/100mL	< 1	< 1	< 1	< 1
Físico - Química						
Cádmio (Cd)*	SMEWW 3120B, 24ª Edição	µg/L	3.0	< 0.25 (LQ)	< 0.25 (LQ)	< 0.25 (LQ)
Chumbo (Pb)*	SMEWW 3120B, 24ª Edição	µg/L	10	< 0.25 (LQ)	< 0.25 (LQ)	< 0.25 (LQ)
Fósforo Total (P)*	SMEWW 3120B, 24ª Edição	µg/L	100	82	64	66

Nota:

Os valores limites são referentes ao Decreto N°: 180/2004 de 15 de Setembro - Regulamento sobre a Qualidade de Água para o Consumo.

A emissão desta versão deve - se correção na estrutura do relatório nas colunas das unidades e valor limite.

Anula - se a versão anterior emitido aos 20/03/2025.

Joel Macandja
(Gestor da Qualidade)

O ensaio assinalado com * não está incluído no âmbito da acreditação.

A amostragem não está incluída no âmbito da acreditação.

Os resultados se referem apenas aos itens ensaiados e se aplicam às amostras conforme rececionadas. Os dados fornecidos pelo cliente são da sua responsabilidade.

A reprodução proibida sem a permissão do laboratório, salvo na íntegra.

Sempre que o resultado da amostra estiver associado ao sinal (±), quer dizer que a amostra apresenta valor da incerteza associada ao respectivo ensaio.

A incerteza é determinada com o grau de confiança a 95% e k igual a 2 para uma distribuição normal.

As opiniões e apreciações estão fora do âmbito da acreditação. Na declaração da conformidade para a regra de decisão não é contabilizada a incerteza.

MLI/Swisslab - Método Interno de Instrução de Trabalho; U - Incerteza expandida; LQ - Limite de Quantificação; UFC - Unidades Formadoras de Colónias; NTU - Number of Transfer Units; TCU - True Colour Unit; MI,PE /SwissLab - Método Interno de Procedimento de Ensaio; SMEWW - Standard Method of Examination of Water and Wastewater; EPA - Environmental Protection Agency; DIN - Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemão para Normalização); BS - British Standard; EN - European Standard; NP - Norma Portuguesa; ISO - International Organization for Standardization

Anexo 4: Resultados das análises dos parâmetros do Ponto 3 no Laboratório da AdRM



Boletim de Ensaio Físico-Químico de Água para o Consumo Humano



Boletim n.º: 3771 Ano: 2025 Revisão: 00

CLIENTE

Nome: HaskoningDHV Moçambique, Lda
 Morada: Rua de Kassuende, n.º 118 Maputo - Moçambique
 NUIT: 101887901 Tel./Cel: (258) 847 010 429 E-mail: barbaracaetano30@gmail.com

Solicitação n.º: 15

COLHEITA

Data: 10/03/2025 Hora: 10:50 Temperatura: -°C
 Proveniência: **BAIRRO LUÍS CABRAL - PONTO 3**
 Descrição: Tratada Sem Tratamento Volume: 1500ml
 Tipo de Recipiente: 1 frasco plástico de 1500ml com tampa de rosca não esterilizado
 Observações: -
 Plano de Amostragem: -
 Responsável pela Colheita: Cliente

Nota: Considera-se fornecida pelo cliente toda a informação de colheita da amostra quando a mesma tiver sido feita pelo cliente

RECEPÇÃO

Data: 11/03/2025 Hora: 10:15 Temperatura: -°C

ENSAIO

Data do início: 12/03/2025 Data do fim: 12/03/2025

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	LMA (Reg.)	* Contrato
Côr	NMA B03	3,00	TCU	15	≤5
pH	NMA B05	8,31	s/u	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Turvação	NMA B12	0,29	NTU	5	≤2,5
Nitratos (NO ₃ ⁻)	NMA C07	11,70	mg/l	50	≤50
Nitritos (NO ₂ ⁻)	NMA C06	0,01	mg/l	0,3	≤0,3
Amónio (NH ₄ ⁺)	NMA C05	<0,01	mg/l	1,5	≤1,5

Amostra ensaiada no Sector de Análises Físico-Químicas

Nota: Os resultados acima apresentados referem-se apenas a amostra ensaiada, conforme recepcionada. O número deste boletim de ensaio é equivalente ao código interno da amostra ensaiada.

Legenda: S/N – Sem Número; Inc. (%) – Incerteza relativa de medição expandida a um nível de confiança de 95% e K=2; LMA – Limite Máximo Admissível; Reg. – Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano; * – Contrato de Cessão Interno da Águas da Região Metropolitana de Maputo; pH – Potencial Hidrogeniônico; NM – Norma Moçambicana; SM – Standard Methods; s/u – sem unidade; # – segundo a OMS (2022) o valor do cloro residual pode ser ≤ 5mg/l

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE

Os resultados dos parâmetros ensaiados indicam que a amostra de água está em conformidade com o Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano do Diploma Ministerial N.º180/2004 de 15 de Setembro. A incerteza da medição não foi contabilizada e existe, no entanto, 50% de probabilidade de falsa aceitação no que envolve o risco específico associado a amostra ensaiada.

Reprodução parcial proibida, excepto quando autorizada pelo Gestor do Gabinete

