



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO**  
**HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRA**  
**CASO DE ESTUDO: LIXEIRA DE HULENE**

**Autor:**

**Nilza David Tsambo Foloco**

**Supervisor:**

**Prof. Doutor. Clemêncio Nhantumbo Eng<sup>o</sup>**

**Co-supervisor:**

**Lic. Dominic Joaquim**

**Maputo, Dezembro de 2023**

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
TRABALHO DE LICENCIATURA

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO  
HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRA  
CASO DE ESTUDO: LIXEIRA DE HULENE

Relatório submetido ao Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia do Ambiente.

Autora:

Nilza David Tsambo Foloco

Supervisor:

Prof. Doutor. Clemêncio Nhantumbo Eng<sup>o</sup>.

Co-supervisor:

Lic. Dominic Joaquim

Maputo, Dezembro de 2023



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante \_\_\_\_\_

Entregou no dia \_\_\_\_/\_\_\_\_/20\_\_\_\_ as \_\_\_\_ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: \_\_\_\_\_ Intitulado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Maputo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

A Chefe de Secretaria

\_\_\_\_\_

# **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Nilza David Tsambo Foloco, declaro por minha honra, que o trabalho intitulado Avaliação da Contaminação da Água para o Consumo Humano por Lixiviados da Lixeira de Hulene que é apresentado para o cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de licenciatura em engenharia do ambiente, é resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente citadas no texto e nas referências bibliográficos.

**Maputo, Dezembro de 2023**

---

**(Nilza David Tsambo Foloco)**

## **DEDICATÓRIA**

### **Aos meus pais**

David David Foloco e Elisa Naife Guambe (em memória) e Matilde Guambe.

### **Aos meus irmãos**

Rosa Foloco, Osvaldo Foloco, Nacer choy, David Foloco, Ian Foloco, Hernâni Foloco, Élvio Foloco e Cremildo Choy.

Ao **meu esposo** Edson Jasse e aos meus filhos Nickson Jasse e Agatha Jasse.

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

### **AGRADECIMENTOS**

A Deus sou grata pelo dom da vida e pela oportunidade de poder ter saúde e forcas sabedoria nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Sou grata a minha família, que sempre se mostrou disponível a apoiar e dar todo o suporte necessário para que, mesmo em meio as dificuldades do dia-a-dia, não faltasse amparo, carinho e muito amor a dividir, podem ter certeza que as deficiências impostas pela formação, no ambiente familiar, hoje dão os seus frutos.

Aos meus colegas, irmãos de trincheira (Elton de Jesus, Aluésia Macambaco, Arouca Januário e Israel Búfalo em memória), que desde o primeiro dia nos juntamos nesta longa e árdua batalha, vai o meu apreço e votos de futuro brilhante para todos nós.

Endereço a minha mais profunda gratidão a todos que directa ou indirectamente estiveram envolvidos em todo o processo que culminou com a realização do presente trabalho, especialmente:

Ao meu supervisor Prof.Doutor.Engº. Clemêncio Nhantumbo pela oportunidade, ensinamentos e apoio prestado durante a realização do trabalho.

A Doutora Ana Maria funcionária do Laboratório Nacional das Águas e Alimentos pelo apoio durante a realização das experiências (actividades laboratoriais) lá desenvolvidas.

O meu muito OBRIGADA

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água consumida pelas comunidades nas proximidades da lixeira de Hulene. A metodologia consistiu em analisar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água dos furos na região próxima a lixeira. Amostras foram colhidas em cinco pontos e para avaliar a qualidade da água foram considerando os padrões legais de potabilidade de água para consumo humano da lei 16/91, Boletim da República de 2004. Os parâmetros selecionados para o estudo são, o pH, Condutividade Elétrica, Temperatura, Oxigénio Dissolvido, Nitratos, Nitritos, fosfatos, sulfatos, Alcalinidade, coliformes fecais, dureza, cloretos e Turbidez. O pH e temperatura foram medidos nos locais durante a recolha das amostras e os restantes parâmetros foram analisados no Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos (LNHAA).

Os parâmetros de potabilidade da água analisados estão dentro dos padrões, excepto a concentração de nitritos nos pontos 2, 3 e 4. Existe suspeita da água subterrânea da zona de Hulene estar a ser afectada pela lixeira, porque os pontos 2, 3 e 4 mais próximos a lixeira apresentarem concentração de nitratos e nitritos significativamente mais altas. Contudo, estudos adicionais que incluem mais pontos de amostragem e a direcção do fluxo de água subterrânea são necessários para avaliar o impacto da lixeira sobre a água subterrânea.

**Palavras-chave:** Avaliação da Contaminação, Água para consumo, Lixeira e Parâmetros de Qualidade.

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

### **ABSTRACT**

This research had the main objective to evaluate the quality of water for the community's consumption, around the Hulene waste bin. The methodology used to find the results, was a deep evaluation of the biological, physical and chemical parameters of the water from the walls around the waste bin.

Samples were taken in five points and to evaluate the water quality, the parameters for the potability of water to consumption were considered that stated by the law 16/91

The parameters selected to this research is pH, electrical conductivity, temperature, dissolved oxygen, nitrites, nitrates, phosphates, sulfates, alkalinity, faecal coliforms, hardness, chlorates and turbidity. The pH and temperature was measured on site (water walls) and the remaining parameters were processed in National Laboratory of water and food sanitation.

The water potability parameters evaluated were normal, except for the nitrites evaluation at points 2, 3 and 4. There is a suspicion that the underground water from Hulene neighborhood is being affected by the Hulene waste bin because the points 2, 3 and 4 that are closer to the waste bin, has the highest nitrites values.

Further research is needed, that includes more sampling points and also evaluates the underground water flux direction to clearly evaluate the impact of the waste bin on underground water.

**KEYWORDS:** Contamination evaluation, consumption water, waste bin and quality parameters.

# AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Classificação de Resíduos Sólidos .....	5
Figura 2. Ciclo hidrológico.....	11
Figura 3. Área de estudo utilizado na investigação e seleção dos pontos de amostragem .....	21
Figura 4. Fotografia aérea da área de estudo representando os pontos de amostragem .....	22
Figura 5. Procedimento de análise de Dureza Total .....	E
Figura 6. Procedimento de análise de Dureza Total .....	E
Figura 7. Procedimento de análise de Alcalinidade .....	F
Figura 8. Procedimento de análise de Cloretos .....	F

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos lixiviados em lixeiras em função da idade da lixeira .....	8
Tabela 2. Limites máximos admissíveis de parâmetros biológicos e químicos para fontes de água destinadas ao consumo público sem tratamento.....	20
Tabela 3. Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem .....	23
Tabela 4. Metodologia de determinação dos parâmetros avaliados .....	24
Tabela 5. Valores médios dos parâmetros analisados.....	28
Tabela 6. Leituras das amostras do ponto 1 .....	A
Tabela 7. Leituras das amostras do ponto 2 .....	A
Tabela 8. Leituras das amostras do ponto 3 .....	B
Tabela 9. Leituras das amostras do ponto 4 .....	B
Tabela 10. Leituras das amostras do ponto 5 .....	C
Tabela 11. Tabela com os valores médios, máximos mínimos e de desvio padrão dos parâmetros medidos para todos os pontos de amostragem .....	D

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1. Gráfico da variação da Temperatura nos pontos de amostragem.....	29
Gráfico 2. Gráfico da variação do pH nos pontos de amostragem.....	30
Gráfico 3. Gráfico da variação de Oxigênio Dissolvido nos pontos de amostragem.....	30
Gráfico 4. Gráfico da variação da Condutividade nos pontos de amostragem.....	31
Gráfico 5. Gráfico da variação de Nitritos nos pontos de amostragem.....	32
Gráfico 6. Gráfico da variação de Nitratos nos pontos de amostragem.....	32
Gráfico 7. Gráfico da variação de Fosfatos nos pontos de amostragem.....	33
Gráfico 8. Gráfico da variação de Sulfatos nos pontos de amostragem.....	33
Gráfico 9. Gráfico da variação de Nitratos nos pontos de amostragem.....	34
Gráfico 11. Gráfico da variação de Dureza nos pontos de amostragem.....	35
Gráfico 12. Gráfico da variação de Cloretos nos pontos de amostragem.....	35

## **INDICE**

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	I
DEDICATÓRIA.....	II
RESUMO .....	IV
ABSTRACT .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
INDICE DE TABELAS .....	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	VII
Capítulo I. Introdução .....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.2. Objectivos .....	3
1.3. Justificativa .....	3
1.4. Metodologia.....	4
Capitulo II. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1. Resíduos Sólidos (RS) .....	5
2.1.1. Classificação dos Resíduos Sólidos RS .....	5
2.1.2. Deposição de RSU e seus impactos sobre a água subterrânea .....	7
2.1.3. Produção de lixiviados em lixeiras .....	8
2.2. Ciclo da Água .....	9
2.3. Aguas Subterrâneas .....	10
2.4. Contaminação Das Águas Subterrâneas.....	11
2.5. Qualidade da Água e seus Indicadores .....	14
2.6. Principais Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água.....	15
2.6.1. Parâmetros Biológicos .....	15
2.6.2. Parâmetros Físicos e Químicos .....	17

Capítulo III. Caso de Estudo .....	21
3.1. Descrição da área de estudo .....	21
3.2. Trabalho de Campo .....	22
3.2.1. Recolha de amostras .....	23
3.2.2. Ensaios laboratoriais – Determinação dos parâmetros de qualidade .....	24
3.2.3. Metodologia de Análise Laboratorial .....	24
3.4. Apresentação e Discussão de Resultados .....	28
Capítulo IV. Considerações Finais .....	37
4. Conclusões .....	37
5. Limitações do Trabalho .....	37
6. Referências Bibliográficas .....	38

## **Capítulo I. Introdução**

### **1.1. Generalidades**

A água é um elemento essencial para o desenvolvimento e manutenção da vida, mas somente 3 por cento das reservas existentes em nosso planeta são constituídos por água doce. Desta quantidade de água, apenas 0,3% pode ser aproveitada para o consumo humano, sendo 0,01% de origem superficial (rios e lagos) e 0,29% subterrâneas (Simone, 2018). Embora seja um elemento essencial, a água também pode trazer riscos à saúde se for de má qualidade, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químicos.

As águas subterrâneas, são recursos naturais utilizadas tradicionalmente para abastecer grande parte da população Moçambicana em áreas rurais e também nas cidades que não oferecem acesso a rede de abastecimento de água ou abastecimento irregular. O aumento da demanda foi acompanhado da proliferação de furos ou poços com localização inadequada colocando em risco a qualidade das águas subterrâneas uma vez que estes geram uma conexão entre as águas mais profundas menos vulneráveis (Nogueira, 2018).

A qualidade química da água é influenciada pela quantidade de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas que existem no meio ambiente e apesar de se poder encontrar milhares de substâncias diferentes, apenas uma pequena parte é monitorizada com frequência. A natureza dinâmica do ciclo da água, aliada a actividades antropogénicas, pode modificar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas dessa forma determinando se a água é própria ou imprópria para o consumo humano e/ou uso agrícola (Ferreira, 2011).

O local, onde se encontra a lixeira que foi objecto de estudo, caracteriza-se por baixa porosidade, levando à infiltração de água que, por meio da lixiviação dos compostos presentes na lixeira, podem levar à contaminação dos aquíferos da região.

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

De um modo geral, as lixeiras a céu aberto não são regulamentadas. O descarte dos resíduos sólidos urbanos (RSU), é feito de forma não controlada e a sua incineração é espontânea e não coordenada. Por falta de impermeabilização ou mecanismos de tratamento de lixo, há riscos de infiltração dos lixiviados e consequente contaminação das águas subterrâneas (Uamusse, 2015).

Segundo os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) revelam que 80% das doenças nos países em desenvolvimento são causadas pela água contaminada. A contaminação microbiana dos principais sistemas urbanos tem o potencial de causar grandes surtos de doenças transmitidas pela água, portanto garantir a qualidade de tais sistemas é uma prioridade.

A qualidade da água é da responsabilidade do estado e da nação, devendo o primeiro assegurar que seja feita a gestão adequada dos recursos hídricos, e o segundo de usar o recurso conscientemente. A garantia da segurança e da potabilidade da água depende do funcionamento adequado de diversas etapas no processo de abastecimento, que vão desde o tratamento até a distribuição e, caso alguma delas apresente falhas, pode desencadear um processo de contaminação (Daronco, 2021).

Esta dissertação foi elaborada no âmbito do Licenciatura em Engenharia em Ambiente da Faculdade de engenharia, Universidade Eduardo Mondlane (UEM), pretendendo avaliar a contaminação da água para consumo Humano na zona envolvente a lixeira de **Hulene**, fazendo uma comparação dos resultados obtidos com os padrões legais aceites para potabilidade da água para consumo humano, com base na lei 16/91, Boletim da República (2004).

# **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

## **1.2. Objectivos**

O presente trabalho tem como objectivo geral avaliar a potabilidade da água dos furos (subterrânea) na zona de Hulene e para responder este objectivo geral foram definidos os seguintes objectivos específicos:

- Analisar os parâmetros Físico-químico (pH, Turbidez, Condutividade, Alcalinidade, Oxigénio dissolvido, Temperatura da água, Turbidez, Dureza, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos e Cloretos);
- Determinar a quantidade de coliformes fecais (CF); e
- Comparar os resultados obtidos no laboratório com os padrões estabelecidos pela legislação.

## **1.3. Justificativa**

A água quando não é propriamente tratada pode ser um veículo de várias doenças principalmente de fórum de gastrointestinal que se podem manifestar através da diarreia.

O saneamento inadequado e deposição inadequada dos resíduos sólidos são os principais factores que contribuem para a má qualidade da água influenciando a saúde pública.

No bairro de Hulene o fornecimento da água potável é garantido na sua maioria por distribuidores privados que usam furos subterrâneos como fonte de captação de água. Este bairro está localizado nos arredores de uma lixeira.

Desta forma surge a necessidade de monitorar a qualidade da água para o consumo humano por lixiviados, como forma de informar a comunidade da qualidade da água que consomem bem como auxiliar as autoridades sanitárias no desenho de estratégias de melhoria da qualidade da água, com objectivo principal de promover e proteger a saúde humana.

## **1.4. Metodologia**

Este trabalho foi desenvolvido em quatro fases onde, a primeira, está relacionada com o trabalho de pesquisa e obtenção de dados; a segunda com o trabalho de campo; a terceira com o a compilação de dados; e a quarta com a redação do relatório final.

Na primeira fase fez-se um levantamento bibliográfico, com vista a proporcionar mais informações sobre o estudo em caso, no que se refere ao leque de publicações dos mais variados autores, sobre a temática discutida neste trabalho. Esta pesquisa bibliográfica baseou-se em artigos disponíveis nas páginas da internet, manuais e revistas científicas, assim como trabalhos feitos que se desdobram nesta área de conhecimento.

**A segunda parte é referente ao trabalho de campo e compreendeu as seguintes tarefas:**

- Inventariação, com localização e identificação dos pontos de recolha de amostras;
- Definição dos locais de amostragem;
- Realização da recolha das amostras; e
- E trabalho laboratorial para análise dos parâmetros (indicadores da qualidade da água).

**A terceira fase foi dedicada à:**

- Compilação dos dados de medição de parâmetros; e
- Análise dos dados obtidos.

**Finalmente, a quarta fase consistiu na:**

- Interpretação dos dados e desenvolvimento de modelos para determinar a dispersão de contaminantes; e
- Redação da dissertação.

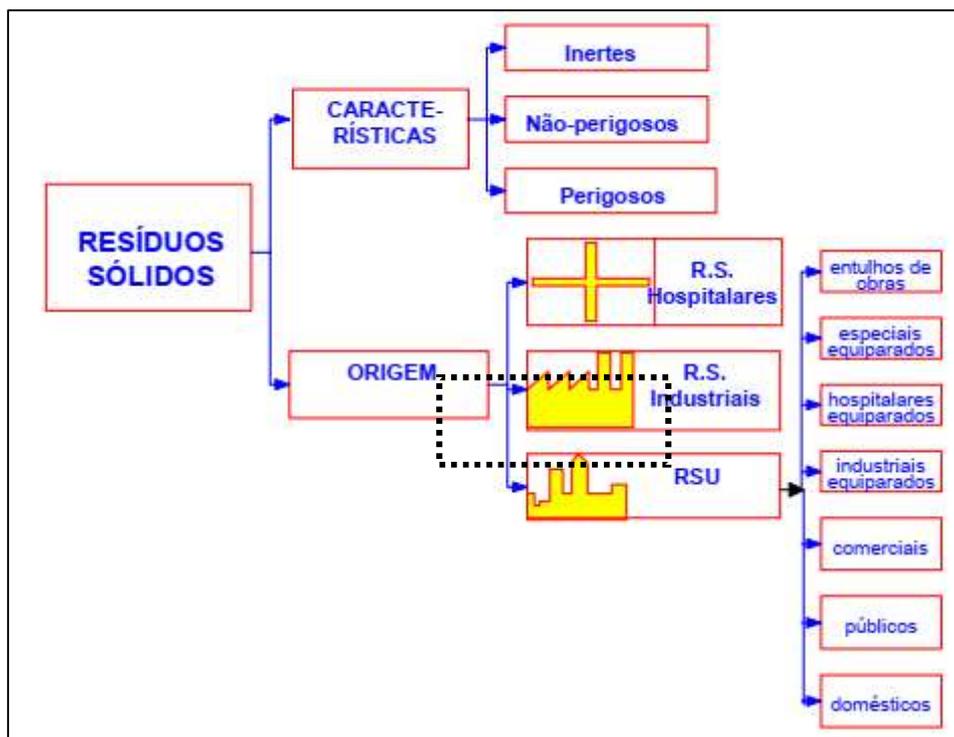
## **Capitulo II. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. Resíduos Sólidos (RS)**

Em tempos remotos, a produção do RS era proveniente de animais e plantas e era em quantidades insignificantes, uma vez que era facilmente integrada ao ciclo da vida. A definição foi evoluindo ao longo do tempo, sendo nos dias de hoje Resíduos Sólidos (RS) definidos como todas descargas de materiais sólidos provenientes de operações industriais, comerciais, agrícolas e de actividades da comunidade.

#### **2.1.1. Classificação dos Resíduos Sólidos RS**

A classificação dos resíduos não é feita de igual forma em todos os países, o que dificulta a realização de correlações entre diversos e diferentes universos. O presente relatório focar-se-á nos resíduos sólidos urbanos. Para a devida contextualização é apresentada a classificação do RS quanto as características e à origem.



**Figura 1. Classificação de Resíduos Sólidos**

Fonte: (Costa, 2020)

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

Os resíduos Sólidos Urbanos Podem ser classificados nas seguintes Sub - categorias:

- A. Resíduos Sólidos Domésticos** - São resíduos provenientes de unidades e conjuntos habitacionais.
- B. Resíduos Sólidos Públicos** - São resíduos resultantes da limpeza das vias públicas, jardins e outros espaços públicos, em geral, incluindo os resíduos contidos em papeleiras e outros recipientes com idêntica finalidade.
- C. Resíduos Sólidos Comerciais** - São resíduos resultantes da actividade de estabelecimentos comerciais, do sector de serviços, da hotelaria ou de estabelecimentos similares de hotelaria, e de estabelecimentos de utilização colectiva que, pela sua natureza ou composição, se possam considerar semelhantes aos resíduos domésticos.
- D. Resíduos Sólidos Industriais Equiparáveis a Domésticos** - São resíduos sólidos resultantes da actividade industrial que, pela sua natureza ou composição, se possam considerar semelhantes aos resíduos domésticos.
- E. Resíduos Sólidos Hospitalares Equiparáveis a Domésticos** - São resíduos sólidos resultantes da actividade de hospitais, centros de saúde, clínicas veterinárias, laboratórios de análise clínicas e outros estabelecimentos similares que, pela sua natureza ou composição se possam considerar semelhantes aos resíduos domésticos.
- F. Resíduos Sólidos Especiais** - São resíduos sólidos domésticos, comerciais, industriais equiparáveis a urbanos e hospitalares equiparáveis a urbanos que, pelo seu volume, forma, dimensões, outras características físicas, ou outros motivos julgados pertinentes, necessitem de ser objecto de remoção especial.
- G. Entulhos de Obras** - São escombros, terras, restos de demolições e de quaisquer materiais de construção resultantes de obras públicas ou particulares.

### **2.1.2. Deposição de RSU e seus impactos sobre a água subterrânea**

A deposição final dos resíduos RSU pode seguir os seguintes fluxos:

- Lixeiras; e
- Aterros sanitários.

Actualmente, em vários países em via de desenvolvimento, decorrem iniciativas para a substituição de lixeiras por aterros sanitários.

**Lixeira** - É uma forma de deposição final de resíduos sólidos sem nenhum controle (Oliveira, 2011). Esta prática ainda é muito comum em países de renda baixa, onde os resíduos são simplesmente despejados em terrenos baldios, drenagens, beiras das estradas até mesmo em locais indicados por autoridades locais para o efeito.

A deposição de resíduos sólidos urbanos emprega como método mais usual o **aterro sanitário** que apresenta menor impacto sobre o meio ambiente e consiste no confinamento dos resíduos em camadas cobertas por material inerte, geralmente solo, empregando métodos construtivos e técnicas para redução de volume e a mitigação de impactos ambientais (Lima, 2014).

O aterro sanitário é projetado para impedir a contaminação do subsolo pelos lixiviados, altamente poluentes, com elevada concentração de matéria orgânica e metais pesados.

Além disso, o aterro é diariamente recoberto de terra, evitando a acção de vectores. Não é permitida a entrada de catadores, excepto quando há um centro de triagem de resíduos, o qual não se recomenda quando o município não possui coleta seletiva.

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

### 2.1.3. Produção de lixiviados em lixeiras

Os lixiviados, também designados **líquidos percolados** ou **chorume** podem ser definidos como produtos da degradação de resíduos com matéria orgânica biodegradável, provocados pela água das chuvas e da proveniente dos próprios resíduos, que transportam no seu fluxo compostos dissolvidos, suspensos ou provenientes de transformações, causadas pelos decompositores do aterro sanitário (Costa, 2020). A idade do local de deposição de resíduos em Lixeira e o grau de estabilização do material sólido disposto têm grande influência na composição do lixiviado.

Pode-se dizer que a quantidade de lixiviados produzida em locais de deposição final de resíduos depende da interação de factores geológicos, hidrogeológicos, meteorológicos (umidade, precipitação, evaporação, temperatura e ventos), topográficos, condições de operação do aterro (conformação e cobertura das Células, grau de compactação, tipo de equipamentos, recirculação ou não de *chorume*) e da natureza dos resíduos sólidos confinados (Costa, 2020). Os Lixiviados de lixeiras apresentam altas concentrações de matéria orgânica. A composição dos lixiviados variam em função da idade do aterro, conforme ilustrado na Tabela 1.

**Tabela 1. Composição dos lixiviados em lixeiras em função da idade da lixeira**

Parâmetros/ Composição	Lixeira com menos de 10 anos		Lixeira com mais de 10 anos
	Intervalo (mg/l)	Valor típico	
CBO <sub>5</sub>	2 000 - 30 000	10 000	100 – 200
CQO	3 000 - 60 000	18 000	100 – 500
COT	1 500 - 20 000	6 000	80 – 160
SST	200 - 2 000	500	100 – 400
Azoto orgânico	10 - 800	200	80 – 120
Azoto amoniacal	10 - 800	200	20 – 40
Nitratos	5 - 40	25	5 – 10
P <sub>total</sub>	5 - 100	30	5 – 10
Ortofosfatos – PO <sub>4</sub>	4 - 80	20	4 – 8
Alcalinidade em CaCO <sub>3</sub>	1 000 - 10 000	3 000	200 - 1 000
pH	4,5 - 7,5 (não possui unidades)	6	6,6 - 7,5

Fonte: (Lima, 2014)

## **2.2. Ciclo da Água**

O Ciclo hidrológico é o processo mais importante actuando na dinâmica externa da Terra, movimentando a água através da atmosfera, superfície (rios, lagos, mares, geleiras) e subsuperfície (água subterrânea), gerando condições para o aparecimento da vida, essencial para as actividades humanas, bem como para manter o equilíbrio do planeta, como se pode observar na Figura 2 (Rodrigues, 2017).

O ciclo hidrológico pode ser definido como uma sequência fechada de fenómenos nos quais a água passa da superfície do globo terrestre para a atmosfera, na fase gasosa, e volta a atingir aquela superfície nas fases líquida ou sólida. Segundo o ciclo hidrológico as águas podem ser classificadas como:

- Meteorológicas – chuvas, neves, granizo;
- Superficiais – rios, lagos, reservatórios; e
- Subterrâneas – as águas subterrâneas podem estar em aquíferos.

Após a precipitação, parte da água escorre pela superfície e outra parcela infiltra e percola no interior do subsolo como mostra a Figura 2, em diferentes intervalos de tempo, pois a infiltração depende de factores como: porosidade do solo, presença ou não de cobertura vegetal, inclinação do terreno, regime de chuva, entre outros factores. Ao se infiltrar no solo, a água da chuva passa por uma porção de terreno chamada de zona não saturada, onde os poros são preenchidos parcialmente por água e ar. A outra parcela da água, devido à gravidade, continua em movimento atingindo zonas mais profundas. As zonas saturadas são as mais profundas, onde os poros são totalmente preenchidos (Roque, 2011).

### **2.3. Águas Subterrâneas**

As águas subterrâneas constituem o segundo maior reservatório de água doce do planeta terra e o seu estudo reveste-se de grande interesse para as mais diversas actividades humanas. Em vastas áreas do globo, as águas utilizadas são exclusivamente subterrâneas, captadas através de nascentes naturais, poços, furos (Salgado, 2009).

Em sentido mais restrito, a água subterrânea é aquela que se encontra abaixo da superfície freática, ou seja, na zona de saturação. 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).

Embora, teoricamente, a água subterrânea esteja presente em qualquer lugar isso não significa que um poço possa ser localizado em qualquer lugar. A captação de água subterrânea tem um custo por vezes elevado e portanto, não deve ser feita sem critérios. Existem factores naturais que condicionam a distribuição e concentração da água subterrânea em certos locais, de maneira a melhorar o rendimento e a vazão do poço, tornando o empreendimento mais proveitoso e evitando ou diminuindo a taxa de insucessos (Rodrigues, 2017).

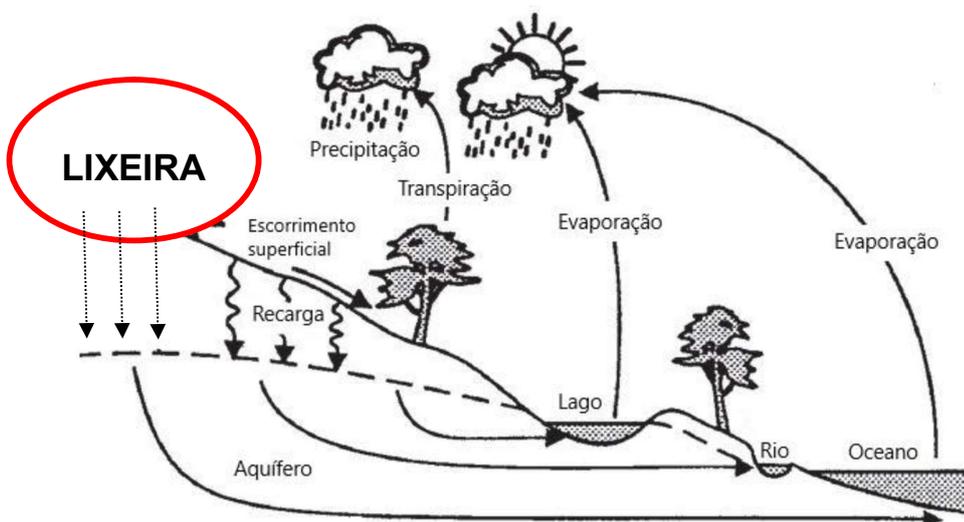
Nem toda a água subterrânea está integrada no ciclo hidrológico recente. No interior da terra existe água que nunca fez parte da componente superficial ou atmosférica do ciclo hidrológico da água juvenil. Para além desta, podem ainda considerar-se outros tipos de águas subterrâneas, nomeadamente, a água magmática, água meteórica (Minetto, 2020).

## **2.4. Contaminação Das Águas Subterrâneas**

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, precipitação, escoamento, infiltração e fluxo subterrâneo.

Na atmosfera a água encontra-se na forma de vapor, misturada com outros gases. Na biosfera encontra-se nos animais e nas plantas que estão dependentes da água para a sua sobrevivência. A litosfera consiste no principal local de ocorrência de água porque engloba os seus locais de origem e reservatórios. A transição de água entre estes ambientes ocorre naturalmente ao longo do tempo. Dependendo das propriedades das rochas, parte da água originada através da precipitação acaba por se infiltrar, levando ao seu armazenamento em reservatórios denominados por aquíferos.



**Figura 2. Ciclo hidrológico**

Fonte: (Lima, 2014)

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

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 e agrícola.

Os contaminantes tornam-se poluidores quando a sua acumulação se torna um risco para os organismos vivos e para o ambiente. Existem várias fontes de contaminação das águas subterrâneas, sendo que no presente trabalho será abordada a contaminação por resíduos sólidos (lixiviados).

Os RSU são considerados o desperdício produzido pela atividade humana. A quantidade de RSU gerada é proporcional ao crescimento populacional pois, quanto maior for a população, maior será a procura de diferentes tipos de recursos, aumentando assim o desperdício. Estes resíduos são, na sua maioria depositados em lixeiras sem qualquer controlo sanitário ou ambiental.

O uso de lixeiras no passado era a maneira mais comum de dispor os RSU, levando a situações catastróficas para o ambiente. A água da chuva infiltra nesses locais e, ao misturar-se com estes compostos de natureza diversa, gera um lixiviado que se pode infiltrar nos aquíferos da região. Esses lixiviados podem conter concentrações muito elevadas de compostos orgânicos e inorgânicos, tais como carbono orgânico total, cobre, chumbo, arsénio, mercúrio, entre outros. Quando ocorre a mistura entre a água subterrânea e o lixiviado, é formada uma pluma de contaminação que se difunde na direção do fluxo da água. À medida que se afasta do local da contaminação, a concentração dos compostos vai diminuindo. A quantidade de lixiviados produzidos depende da quantidade de água que percola da superfície, do grau de humidade da região e dos índices da precipitação.

A extensão da contaminação pelos lixiviados está dependente de vários factores, como a sua composição, precipitação, profundidade e distância da fonte de poluição. As águas subterrâneas em proximidade de lixeiras apresentam uma maior probabilidade de contaminação, devendo ser evitado o seu consumo.

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

Quando os RSU são depositados numa lixeira, reações biológicas e químicas acontecem à medida que decorre a sua decomposição. De um modo geral, a decomposição nas lixeiras ocorre em quatro fases distintas: A primeira corresponde à fase aeróbica que consiste no consumo do  $O_2$  e produção de  $CO_2$ , levando ao aumento da temperatura dos resíduos sendo esta uma fase de pouca duração; A segunda é uma fase ácida anaeróbica que ocorre após o esgotamento do  $O_2$ , ajudando na fermentação dos compostos existentes; A terceira consiste numa fase de metanogénese inicial que acontece após a produção de grandes quantidades de metano; e a última é uma fase de metanogénese estável que surge quando a produção de metano atinge o seu máximo e começa a decrescer. É muito comum diferentes partes das lixeiras se encontrarem em fases diferentes de decomposição, havendo uma relação entre o estado de decomposição dos resíduos e as características do lixiviado formado, o que leva a composições diferentes dos lixiviados em locais variados da lixeira.

## **2.5. Qualidade da Água e seus Indicadores**

A preservação da qualidade da água é uma necessidade universal, que exige atenção por parte das autoridades sanitárias e 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 torna-la um 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. A necessidade de qualidade da água é o propósito primário para a protecção da saúde do homem e das populações (Minetto, 2020).

A qualidade da água é definida por sua composição química, física e bacteriológica. As características desejáveis e necessárias da água dependem do objectivo da sua utilização. Para o consumo humano, há necessidade de água pura e saudável, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto, organismo capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais no ser humano. As impurezas dissolvidas na água 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 serão feitos testes químicos e biológicos, visando observar se está dentro dos padrões de qualidade estabelecidos (Simone, 2018).

## **2.6. Principais Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água**

Existem vários parâmetros para análise da qualidade de água:

- **Físicos** - Cor, Turbidez, Condutividade Eléctrica, Sabores e Odores;
- **Químicos** - pH, Alcalinidade, Dureza, Cloretos, Ferro e Manganês, Nitrogénio, Fósforo, Fluoretos, Oxigénio Dissolvido;
- **Biológicos** - Coliformes Totais e Fecais, etc. (Boletim da República, 2004).

Dentre os parâmetros acima referidos, neste estudo de caso serão descritos os seguintes: PH, temperatura, Oxigénio dissolvido, Condutividade Eléctrica, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, Alcalinidade, dureza Total, Cloretos, Turvação e Coliformes fecais.

### **2.6.1. Parâmetros Biológicos**

A razão da escolha dos coliformes como indicadores de qualidade da água deve se aos seguintes factores:

- Estão presentes nas fezes dos animais de sangue quente inclusive os seres humanos;
- Sua presença na água possuiu uma relação directa com o grau de contaminação local;
- São facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água;
- Possuem maior tempo de vida na água do que as bactérias patogénicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicar no ambiente;
- São mais resistentes as acções dos agentes desinfectantes do que os germes patogénicos (Simone, 2018).

### **I. Coliformes Totais**

Os coliformes totais são microrganismos em forma de bastonetes Gram-negativos não esporogénicos, aeróbios, ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C.

As bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais podem ser encontradas na água, no solo e em vegetais, tendo a capacidade de se multiplicar na água com altos teores de nutrientes (Unicef, 2004).

### **II. Coliformes Termotolerantes ou Fecais**

O grupo de coliformes termotolerantes ou fecais são bacilos Gram-positivos, anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 horas a 44,5° C (Salvatoris). São de origem fecal de animais de sangue quente, sendo que a contagem de coliformes fecais detecta a quantidade de microrganismos provenientes dos excretos humanos. Os coliformes Termotolerantes constituem-se de quatro diferentes géneros (Almeida, 2019).

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

### **2.6.2. Parâmetros Físicos e Químicos**

Considerando a qualidade da água em suas características físicas, espera-se que esta seja transparente, sem cor, cheiro e sabor, para estar adequada ao consumo humano. Os parâmetros químicos são os mais importantes para se caracterizar a qualidade da água, pois permitem classifica-la por seu conteúdo mineral, caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos, as possíveis fontes e avaliar o equilíbrio bioquímico que é necessário para a manutenção da vida aquática (Oliveira, 2011).

#### **a) 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 é padrão de potabilidade, devendo as águas para abastecimento público apresentar valores entre 6,0 e 9,5 (Scuracchio, 2018). Este é um dos indicadores mais importantes de monitoramento de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos.

#### **b) Condutividade**

A condutividade é a expressão numérica da tendência de uma amostra de água em conduzir a corrente eléctrica. Depende das concentrações iónicas e da temperatura e indica o teor de sais existentes na coluna da água e, portanto, representa uma medida indirecta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 S/cm indicam ambiente com algumas alterações (Moraes, 2017). A condutividade também dá uma boa indicação das modificações na composição de uma água, principalmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água se eleva a medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (Moraes, 2017).

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

### **c) Temperatura**

A temperatura da água é um parâmetro físico que é indispensável conhecer, uma vez que a sua variação interfere com os outros parâmetros e pode afectar os processos de tratamento dessa água. A sua determinação é realizada “*in situ*” e imediatamente após a colheita, utilizando-se para o efeito um termómetro com graduação de 0 °C – 100 °C (Cadeado, 2021).

### **d) Turbidez**

A turbidez da água é devida a presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, matéria orgânica e muitas outras substâncias, como zinco, ferro, manganês e ureia, resultante do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (Scuracchio, 2018).

A turbidez tem sua importância no processo de tratamento de água, pois em turbidez elevada e dependendo da sua forma formam-se flocos pesados, que decantam mais rapidamente do que a água com baixa turbidez. Também tem suas desvantagens, como no caso da desinfecção, que pode ser dificultada pela protecção que pode proporcionar aos microrganismos no contacto directo com os desinfectantes. É um indicador sanitário e padrão de aceitação da água de consumo (Minetto, 2020).

### **e) Cor aparente**

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 de decomposição de vegetais e, assim, não apresenta risco algum para a saúde. Porém, quando de origem industrial, pode ou não apresentar toxicidade (Simone, 2018).

**f) Sulfatos**

O anião Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é um dos íons mais abundantes na natureza. Surge nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, como o gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) e o sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), bem como pela oxidação da pirita (sulfeto de ferro –  $\text{FeS}$ ).

Nas águas de abastecimento público, o sulfato deve ser controlado uma vez que pode provocar efeitos laxativos, sendo o padrão de potabilidade fixado em 400mg/L (Unicef, 2004).

**g) Nitratos**

São compostos que contem azoto e oxigénio e fazem parte do ciclo normal de azoto sendo a sua presença natural no meio ambiente, são uma fonte de azoto essencial para o crescimento das plantas e nos processos de agricultura intensiva (onde há uso excessivo de fertilizantes azotados há deposição no solo onde depois de processo de degradação e lixiviação há contaminação dos lençóis freáticos e das águas superficiais menor que 50mg/l (Rodrigues, 2017).

**h) Nitritos**

Constituem um estado de oxidação intermediária do azoto, presente em estações de tratamento de efluentes domésticos ou industriais. Causa preocupação do ponto de vista de saúde pública pelo potencial de causar doença hematológica e cancros; sendo assim o valor máximo permitido é 1mg/L.

**i) Fosfatos**

É um ião poliatômico ou um radical que possui um átomo de fosforo, cercado por 4 átomos de oxigénio; na forma iónica a carga formal é de -3 ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

**j) Dureza total**

Reflete a presença de íons de sais de metais alcalinos terrosos predominantemente cálcio e magnésio. Podem ser incluídos também metais como bário, ferro, manganês

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

entre outros catiões. A água será considerada dura se apresentar propensão de formar sais insolúveis ou macia se apresentar teores reduzidos de catiões (Almeida, 2019).

A localização geológica dos terrenos que a água atravessa, influenciará a dureza da água, sendo esta maior em águas subterrâneas dado o seu contacto maior com formações geológicas. Segundo a OMS, a água é considerada muito dura se a concentração de carbonato de cálcio superior a 18 mg/L, dura se a concentração for entre 120-18 mg/L, moderadamente dura entre 60-120 mg/L e macia se a concentração for menor de 60mg/ml (Lima, 2014).

### **a) Cloretos**

Cloreto, na forma iónica de  $Cl^-$ , é um dos íons mais comuns em águas naturais, esgotos domésticos e em despejos industriais. Mesmo em concentrações elevadas os cloretos não são prejudiciais à saúde humana, porém, conferem sabor salgado a água; contudo, tal propriedade organoléptica não depende exclusivamente da concentração de cloretos, sendo função da composição química global da água. Assim, águas com até 250 mg/L de cloretos tem sabor salgado, enquanto outras contendo até 1000 mg/L e muito cálcio e magnésio (alta dureza) não apresentam esse gosto (Pereira, 2017).

**Tabela 2. Limites máximos admissíveis de parâmetros biológicos e químicos para fontes de água destinadas ao consumo público sem tratamento.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Limite máximo admissível</b>	<b>Unidades</b>
Temperatura	-	°C
Ph	6,5 – 8,5	-
<b>Oxigénio dissolvido</b>		
Condutividade	50 – 2000	$\mu\text{hmo/cm}$
Nitritos	3	mg/l
Nitratos	50	mg/l
<b>Fosfatos</b>	-	
Sulfatos	250	mg/l
<b>Alcalinidade</b>	-	
Coliformes fecais	Ausente	NMP/ 100 ml ou N° de colónias/ 100
Dureza	500	mg/l
Cloretos	250	mg/l
Turvação	5	NTU

Fonte: (Boletim da República, 2004)

## **Capítulo III. Caso de Estudo**

### **3.1. Descrição da área de estudo**

A pesquisa de campo decorreu na lixeira municipal de Hulene, também conhecida por “Bocaria”, localizada a cerca de 10 km do centro da cidade de Maputo. Esta lixeira é o principal destino dos resíduos sólidos produzidos na cidade capital, ocupa uma área de aproximadamente 2 km<sup>2</sup> e localiza-se no populoso bairro de Hulene arredores da cidade. É limitada na parte frontal pela Av. Julius Nyerere e nas partes laterais e traseiras, é cercada por um conjunto denso de habitações, maioritariamente construídas em blocos e chapas e ainda inacabadas.

A lixeira localiza-se numa zona densamente habitada e o que separa estes conjuntos habitacionais do espaço reservado à lixeira são pequenas ruas arenosas e invadidas pelo lixo ali depositado. Na lixeira e arredores elementos como moscas, cheiro nauseabundo e permanente fumaça fazem parte da paisagem na qual interagem os lixeiros e vivem os vizinhos da lixeira.



**Figura 3. Área de estudo utilizado na investigação e seleção dos pontos de amostragem**

Fonte: Google Earth

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

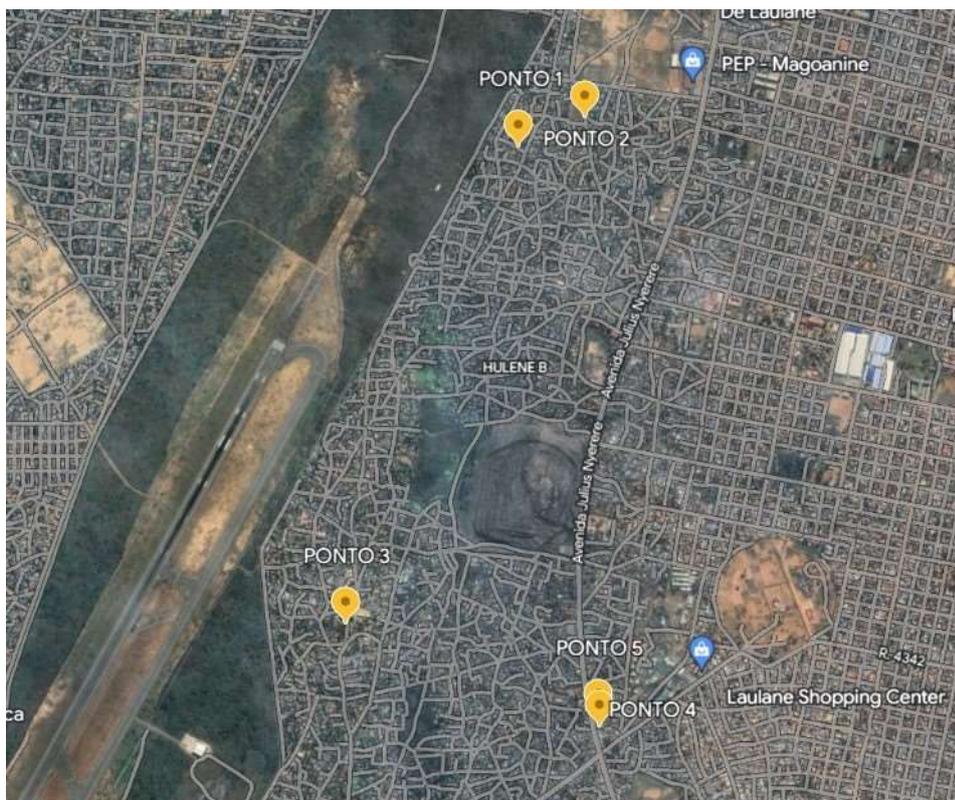
---

### **3.2. Trabalho de Campo**

Cinco pontos foram considerados para avaliar do nível contaminação da água subterrânea próximo a lixeira. As campanhas de campo foram realizadas em Maio de 2023.

As amostras de água foram colhidas em cinco residências que são abastecidas por distribuidores privados (águas de furos) com as designações P1, P2, P3, P4 e P5. Os parâmetros de campo medidos no local, como referido na metodologia, foram a temperatura, pH e condutividade elétrica.

A lixeira é delimitada a vermelho e os pontos de amostragem são indicados em amarelo, Figura 3. Os pontos de amostragem também podem ser visualizados na Figura 3.



**Figura 4. Fotografia aérea da área de estudo representando os pontos de amostragem**

Fonte: Google Maps

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

As coordenadas dos cinco pontos de amostragem, que integraram a rede de estudo, encontram-se representadas na tabela 2.

**Tabela 3. Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem**

Ponto	Coordenadas Geográficas
P1	25°54'13.5"S 32°35'51.2"E
P2	25°54'08.3"S 32°35'59.7"E
P3	25°54'02.8"S 32°35'60.0"E
P4	25°54'08.3"S 32°35'38.6"E
P5	25°53'52.9"S 32°35'53.1"E

Fonte: Autor

### **3.2.1. Recolha de amostras**

Foram usados os métodos de amostragem referenciados pelo Laboratório Nacional das Águas e Alimentos. Os materiais usados para trabalho de Campo são listados a seguir:

- Luvas;
- Mascaras;
- GPS;
- Garrafas Plásticas de 500 ml;
- Ficha Técnica de Amostragem; e
- Caneta.

Os equipamentos usados para Trabalho de Campo são referenciados abaixo.

- Sonda Multiparâmetros.

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

### **3.2.2. Ensaio laboratoriais – Determinação dos parâmetros de qualidade**

Para a realização dos ensaios laboratoriais foram usados os métodos e materiais disponíveis no Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos (LNHAA).

**Tabela 4. Metodologia de determinação dos parâmetros avaliados**

<b>Parâmetros</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Equipamentos</b>
<b>Temperatura</b>	Medição directa	Sonda Multiparâmetros
<b>Ph</b>	Medição directa	Sonda Multiparâmetros
<b>Oxigénio Dissolvido</b>	Medição directa	Sonda Multiparâmetros
<b>Condutividade</b>	Medição directa	Sonda Multiparâmetros
<b>Nitritos</b>	Medição directa	Espectrofotómetro
<b>Nitratos</b>	Medição directa	Espectrofotómetro
<b>Fosfatos</b>	Medição directa	Espectrofotómetro
<b>Sulfatos</b>	Medição directa	Espectrofotómetro
<b>Alcalinidade</b>	Volumétrico	Métodos e matérias usados no LNHAA
<b>Coliformes Fecais</b>	Filtração	Métodos e matérias usados no LNHAA
<b>Dureza</b>	Volumétrico	Métodos e matérias usados no LNHAA
<b>Cloretos</b>	Volumétrico	Métodos e matérias usados no LNHAA
<b>Turvação</b>	Medição directa	Turbidímetro

Fonte: Autor

### **3.2.3. Metodologia de Análise Laboratorial**

Os métodos de análises foram no Manual sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano (Ministério da Saúde, 2004).

#### **I. Temperatura**

1. Mergulhar a sonda na amostra; e
2. Fazer a leitura da temperatura no ecrã do Multiparâmetro.

## **II. pH**

1. Coletar um pouco de água em um Becker de 250 ml;
2. Mergulhar a sonda na amostra; e
3. Fazer a leitura do pH no ecrã do Multiparâmetro.

## **III. Condutividade Eléctrica**

1. Coletar um pouco de água em um Becker de 250 ml;
2. Mergulhar a sonda na amostra; e
3. Fazer a leitura do conductividade eléctrica no ecrã do Multiparâmetro.

## **IV. Turbidez**

1. Coletar um pouco de água em um Becker de 250 ml;
2. Ligar o turbinímetro;
3. Adicionar a água da amostra na cubeta (Fracos contidos no Kit do Turbidímetro);
4. Limpar os frascos; (Garantir que não haja agitação do frasco, ocorrendo uma agitação deixar o frasco em repouso por um tempo);
5. Introduzir o frasco no equipamento (Turbidímetro);
6. Fazer a leitura da turbidez no ecrã do Turbidímetro (fazer a leitura quando a leitura estiver estabilizada, isto é, o valor lido no ecrã do Turbidímetro não oscilar).

## **V. Cor**

Para a determinação da cor, será feita uma observação directa da coloração da água recolhida (amostras), tomando o padrão normal da água potável para a comparação.

## **VI. Nitratos**

1. Retirar um tubo de reação no kit de nitrato;
2. Com a pipeta transferir a amostra para o tubo de reação;
3. Agitar o tubo ate dissolver completamente o reagente;
4. Deixar por 10 minutos para depois fazer a leitura no espectrofotómetro;
5. Ligar o espectrofotómetro;
6. Selecionar o código que vem no kit de nitratos no espectrofotómetro;
7. Introduzir o tubo de reacção no espectrofotómetro; e
8. Fazer a leitura do valor de concentração de nitratos no ecrã de espectrofotómetro.

## **VII. Sulfatos**

1. Retirar um tubo de reação no kit de sulfatos;
2. Com a pipeta transferir a amostra para o tubo de reação;
3. Agitar o tubo ate dissolver completamente o reagente;
4. Deixar por 10 minutos para depois fazer a leitura no espectrofotómetro;
5. Ligar o espectrofotómetro;
6. Selecionar o código que vem no kit de sulfatos no espectrofotómetro;
7. Introduzir o tubo de reação no espectrofotómetro; e
8. Fazer a leitura do valor de concentração de sulfatos no ecrã de espectrofotómetro.

## **VIII. Cloretos**

1. Retirar um tubo de reação no kit de sulfatos;
2. Com a pipeta transferir a amostra para o tubo de reação;
3. Agitar o tubo ate dissolver completamente o reagente;
4. Deixar por 10 minutos para depois fazer a leitura no espectrofotómetro;
5. Ligar o espectrofotómetro;
6. Selecionar o código que vem no kit de cloretos no espectrofotómetro;
7. Introduzir o tubo de reação no espectrofotómetro; e
8. Fazer a leitura do valor de concentração de cloretos no ecrã de espectrofotómetro.

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

### **IX. Dureza total**

1. Tomar 25 ml da amostra e diluir para 50 ml com água destilada em balão volumétrico;
2. Transferir para um bécker de 100 mL e adicionar 1 a 2 ml da solução tampão para elevar o pH a  $10 \pm 0,1$ ;
3. Transferir para um frasco Erlenmeyer de 250 ml e adicionar aproximadamente 0,05 gramas do Indicador Eriochrome Black T;
4. Titular com EDTA 0,01M agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul (final da titulação);
5. Anotar o volume de EDTA gasto (ml);
6. Fazer um branco com água destilada;
7. Subtrair o volume de EDTA gasto na titulação do branco do volume de EDTA gasto na titulação da amostra. A diferença é o volume que será aplicado no cálculo abaixo.

$$\text{Dureza total em } \frac{\text{mg}}{\text{lcalco}_3} = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times Fc}{\text{ml de amostra}}$$

### **X. Alcalinidade total**

1. Tomar 50 ml da amostra e colocar no Erlenmeyer;
2. Adicionar 3 gotas da solução indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila;
3. Titular com a Solução de Ácido Sulfúrico 0,02 N até a mudança da cor azul - esverdeada para róseo; e
4. Anotar o volume total de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gasto (V) em ml.

#### **Cálculo:**

$$\text{Alcalinidade total em } \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de CaCO}_3 = V * 20$$

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

### 3.4. Apresentação e Discussão de Resultados

A recolha de amostras foi realizada do dia 10 de Maio até 15 Junho e consistiu na análise de parâmetros físico-químicos e biológicos de 5 pontos. Os resultados das análises dos parâmetros químico-físicos são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5. Valores médios dos parâmetros analisados**

Local de Medição	Localização	Valores médios				
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Campo	Temperatura	24.61	23.05	25.18	30.02	21.58
	Ph	7.12	7.09	7.58	7.92	8.43
	Oxigénio Dissolvido	8.23	7.82	5.87	6.02	7.13
	Condutividade	1086.17	1044.33	1100.83	1108.33	996.28
Laboratório	Nitritos	2.52	3.52	3.18	3.83	1.85
	Nitratos	3.07	2.98	2.53	4.43	2.18
	Fosfatos	0.85	0.84	0.51	0.61	0.89
	Sulfatos	5.08	3.10	8.98	8.95	10.12
	Alcalinidade	5.16	5.29	7.19	8.33	6.85
	Coliformes Fecais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Dureza	4.93	3.18	4.22	11.00	5.92
	Cloretos	2.90	2.17	3.47	5.12	3.05
	Turvação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: Autor

Os resultados descritos na tabela 5 mostram que os pontos 2, 3 e 4 apresentam valores de nitritos acima do padrão máximo admissível permitido para a água para o consumo.

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

---

### a) Temperatura

As temperaturas médias da água foram de 21.58 °C a 30.02°C. O valor máximo foi observado no ponto 4. A análise e o conhecimento da variação da temperatura são importantes porque influencia os processos biológicos, reacções químicas e bioquímicas, bem como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais na água, Gráfico 1.

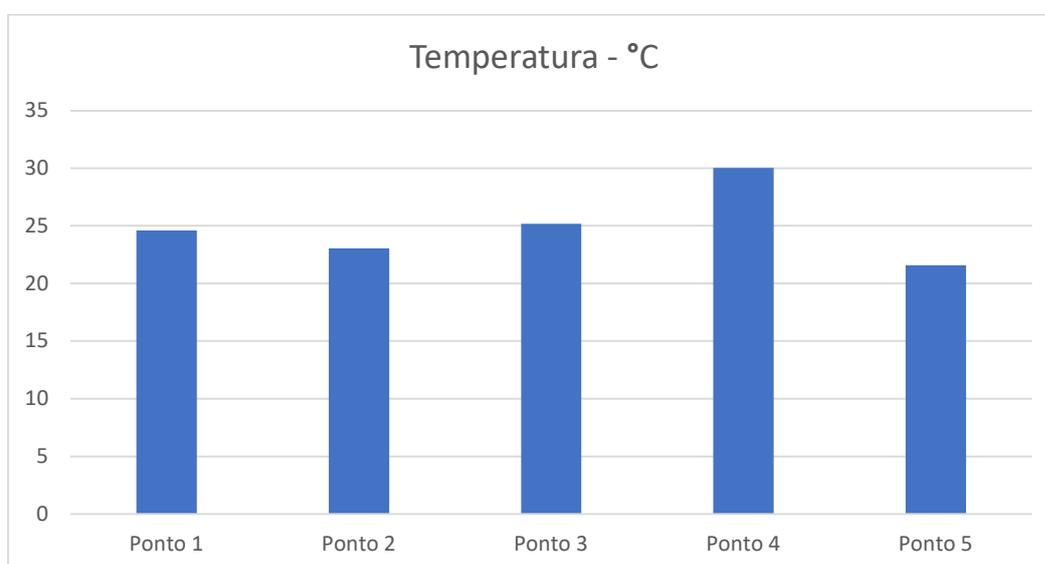


Gráfico 1. Gráfico da variação da Temperatura nos pontos de amostragem

### b) pH

Nos pontos analisados, os valores de pH médios estão entre 7.09 e 8.43. Segundo o regulamento de controlo de qualidade da água, o pH da água para o uso público deve estar entre 6.5 e 8.5. No entanto, nenhuma amostra analisada tem o valor fora dos padrões para o consumo humano, gráfico 2.

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

---

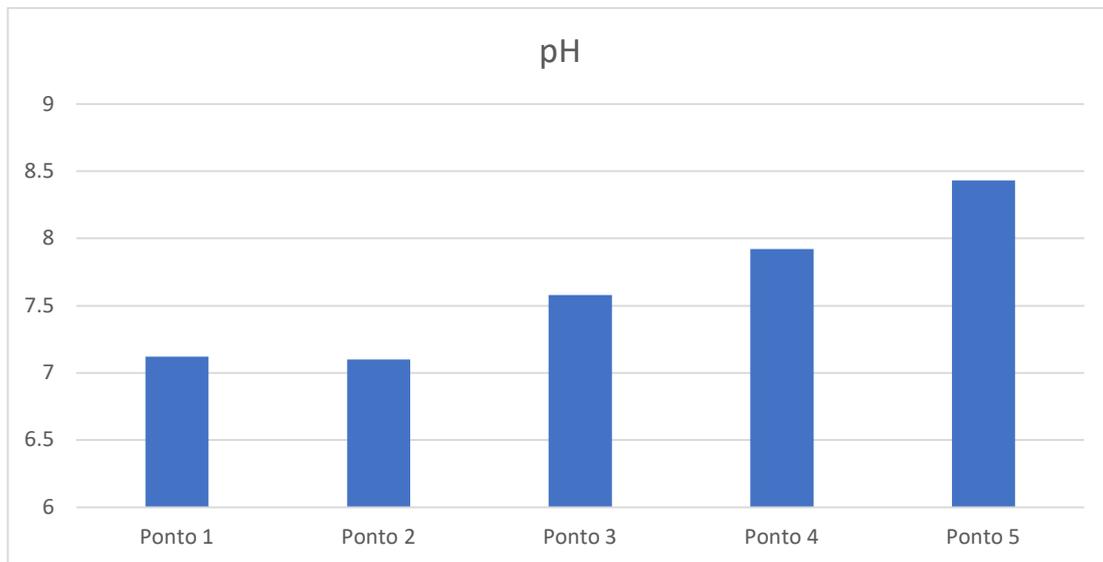


Gráfico 2. Gráfico da variação do pH nos pontos de amostragem

### c) Oxigénio dissolvido

Os oxigénios dissolvidos são normais, variando de 6 à 9 mg/l, gráfico 3.

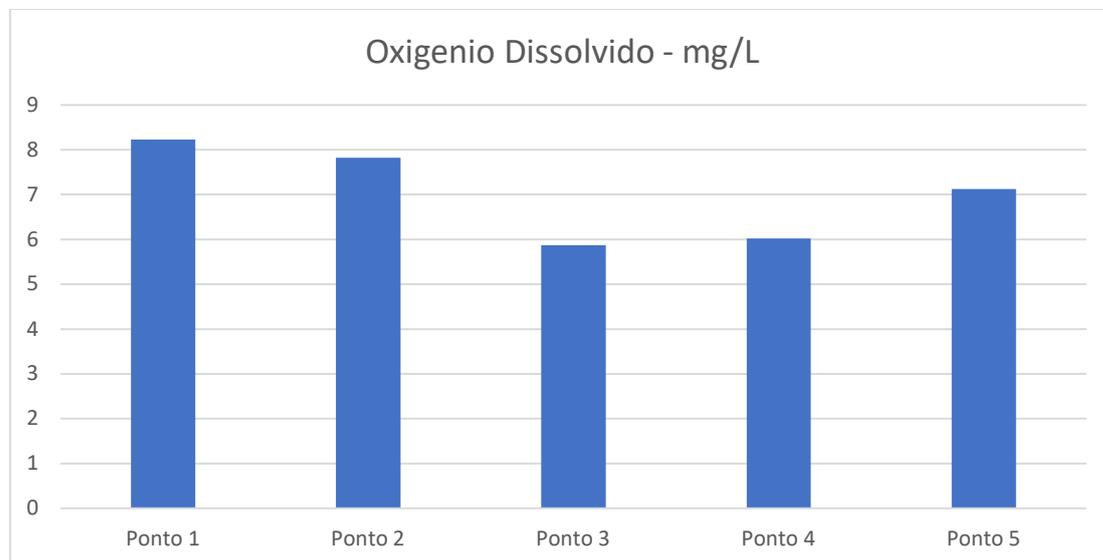


Gráfico 3. Gráfico da variação de Oxigénio Dissolvido nos pontos de amostragem

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

---

### d) Condutividade

Os resultados das análises mostram valores de condutividade médios entre 996.28  $\mu\text{hmo/cm}$  a 1100.83  $\mu\text{hmo/cm}$ , gráfico 4. Estes valores de condutividade eléctrica também estão abaixo dos 2000  $\mu\text{hmo/cm}$  e a água pode ser considerada fresca.

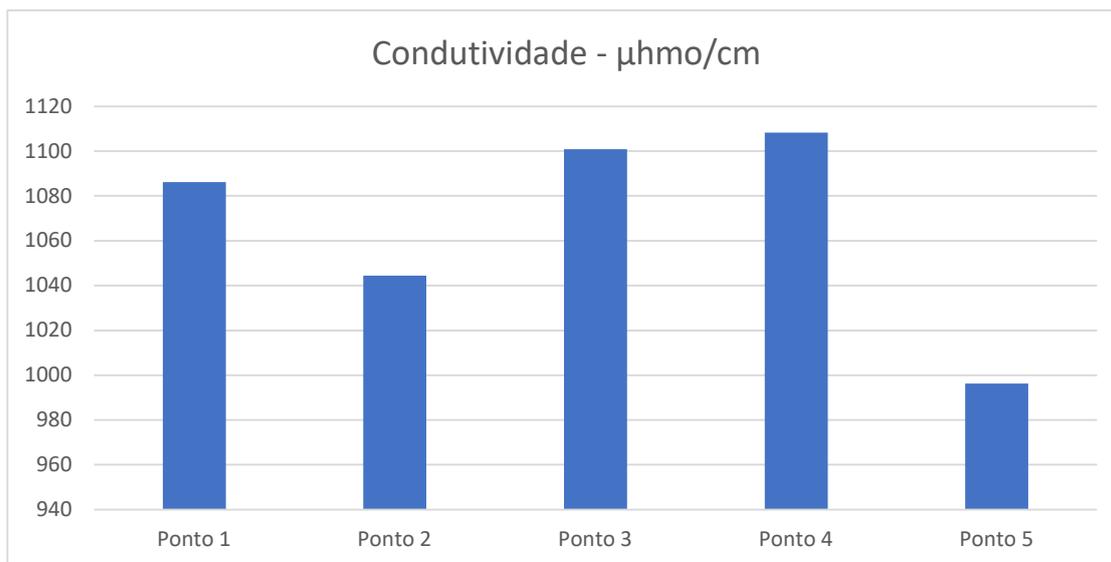


Gráfico 4. Gráfico da variação da Condutividade nos pontos de amostragem

### e) Nitritos

Os valores dos nitritos medidos estão acima do valor admissível nos pontos 2, 3 e 4, gráfico 5. Estes valores variam 1.85 até 3.83 mg/l e o valor admissível é de 3 mg/l.

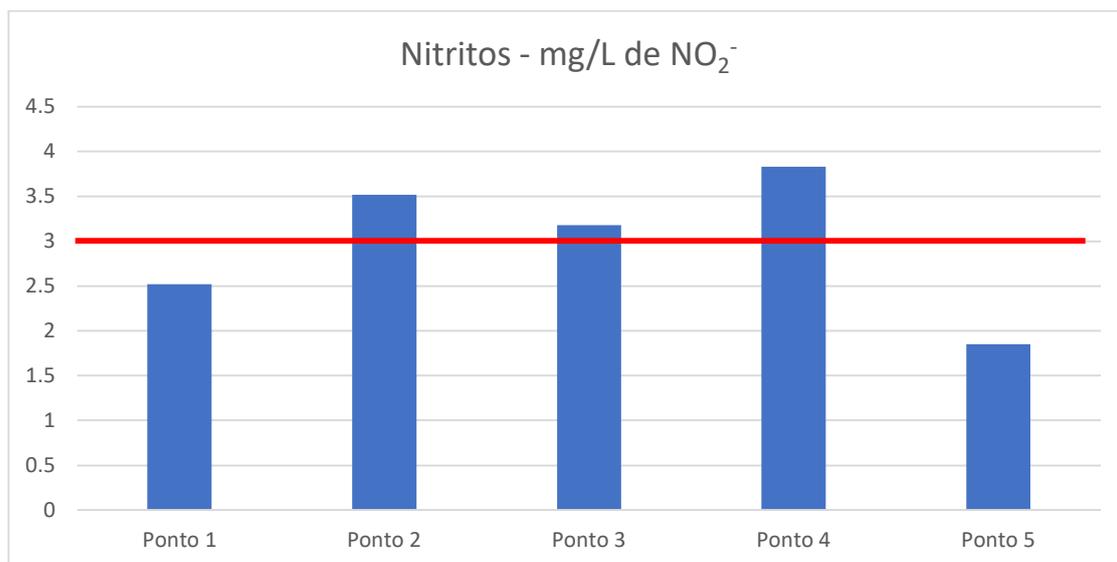


Gráfico 5. Gráfico da variação de Nitritos nos pontos de amostragem

#### f) Nitratos

As concentrações dos nitratos medidas estão abaixo do valor máximo admissível, gráfico 6.

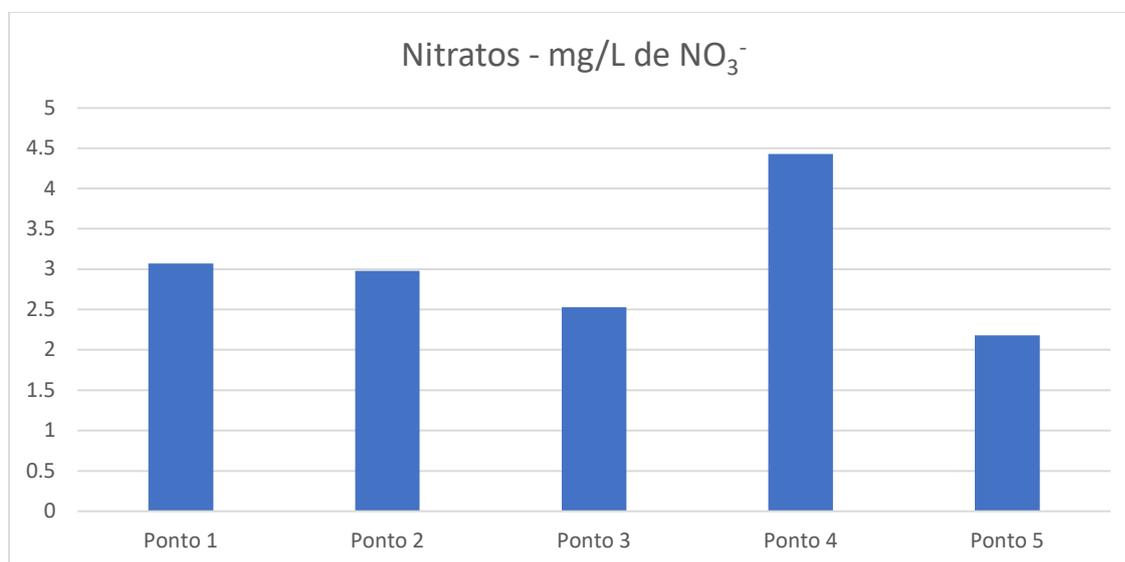


Gráfico 6. Gráfico da variação de Nitratos nos pontos de amostragem

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

---

### g) Fosfatos

A concentração de fosfatos é apresentada no gráfico 7 e não apresentam padrão para o consumo humano.

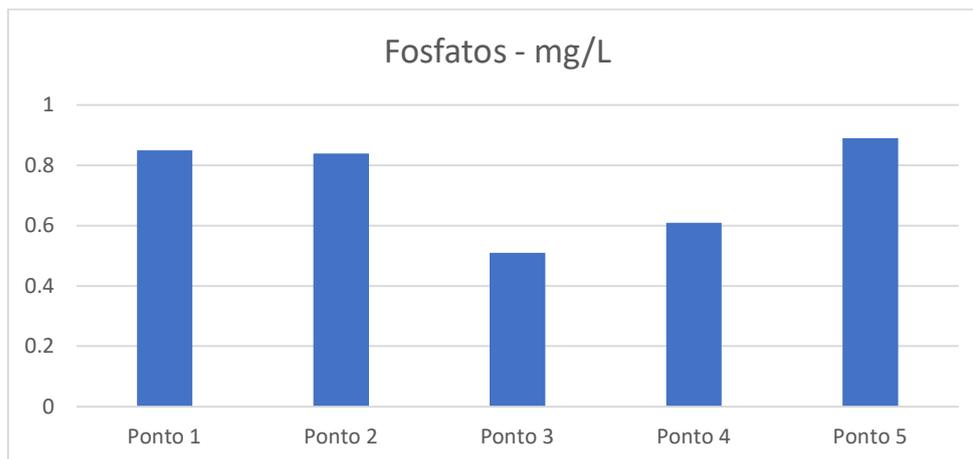


Gráfico 7. Gráfico da variação de Fosfatos nos pontos de amostragem

### h) Sulfatos

A concentração de sulfatos é apresentada no gráfico 8. Os valores da concentração de sulfatos estão abaixo do valor padrão para o consumo humano.

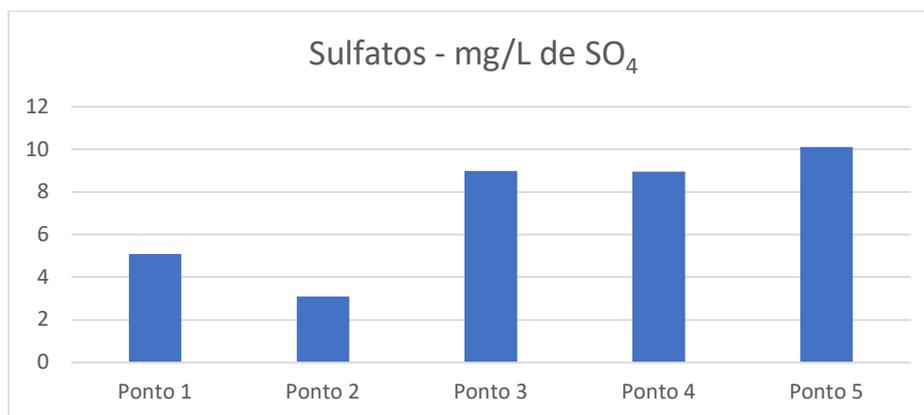


Gráfico 8. Gráfico da variação de Sulfatos nos pontos de amostragem

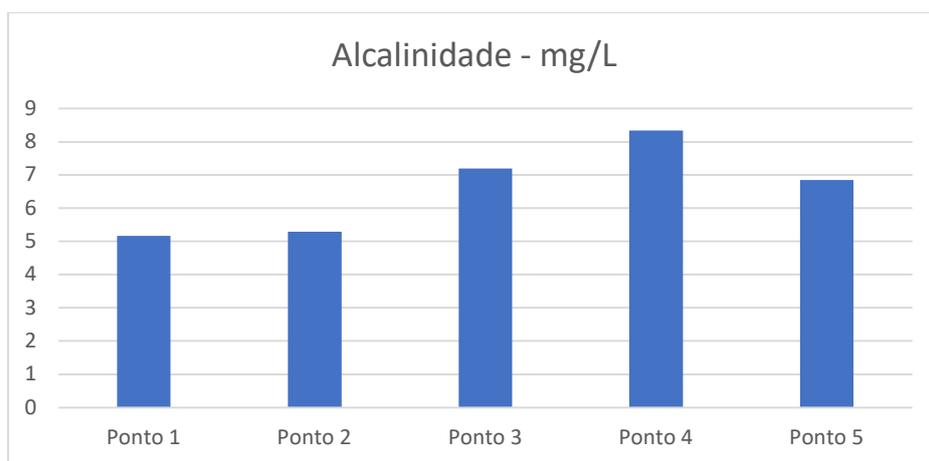
Como pode-se observar no gráfico acima os valores obtidos na medição dos sulfatos encontram-se dentro dos valores admissíveis.

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

---

### i) Alcalinidade

Os valores de alcalinidade medidos nas amostras colhidas são apresentados no gráfico 9. Não existe valor de alcalinidade padrão de água para o consumo humano, porém, mostra a capacidade de resistir a alterações de pH, no caso de contaminação com água.



**Gráfico 9. Gráfico da variação da Alcalinidade nos pontos de amostragem**

### j) Coliformes fecais

Os resultados obtidos na análise do parâmetro Coliformes Totais mostram que todas as amostras de águas analisadas não apresentam coliformes. Portanto, a concentração dos coliformes totais estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

### k) Dureza

Os valores da dureza total medidos estão abaixo da concentração máxima estabelecida por lei, gráfico 10.

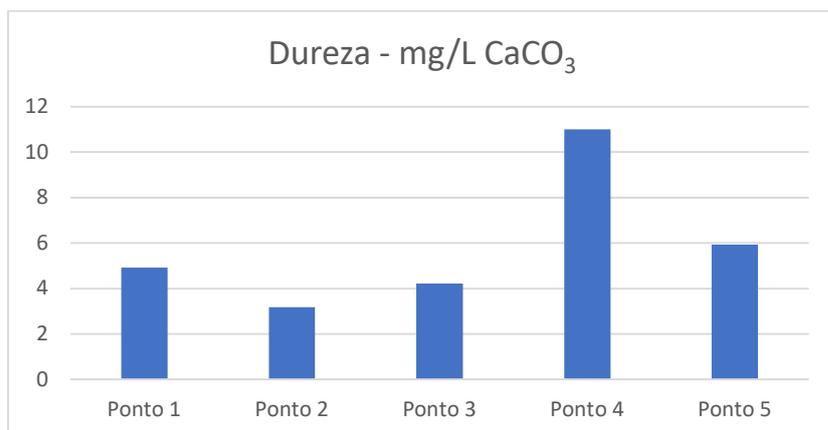


Gráfico 10. Gráfico da variação de Dureza nos pontos de amostragem

### I) Cloretos

Os resultados obtidos da análise de Cloretos mostram que todas as amostras de águas analisadas estão dentro dos padrões estabelecidos por na legislação

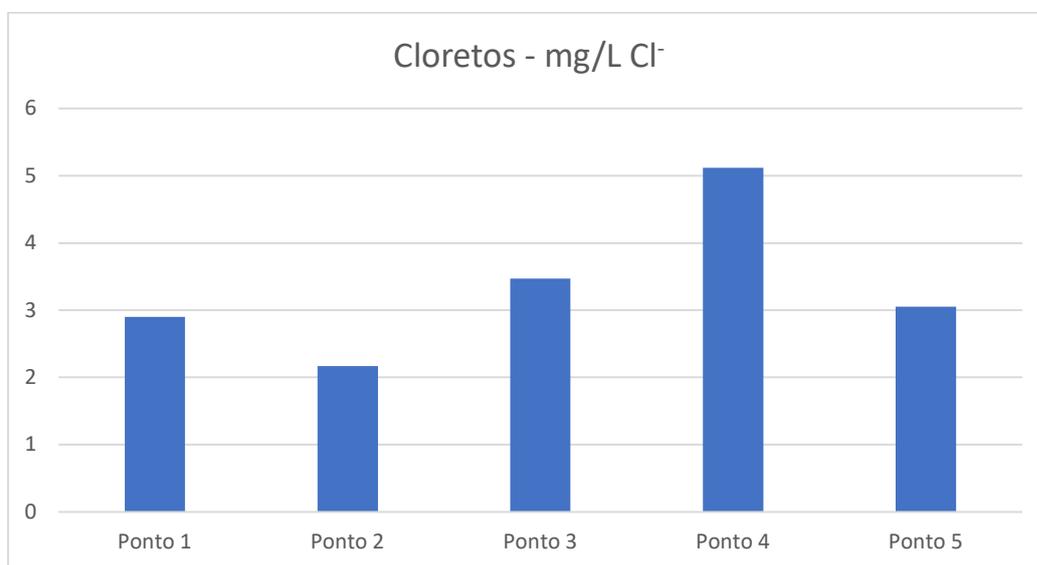


Gráfico 10. Gráfico da variação de Cloretos nos pontos de amostragem

**m) Turvação**

A turvação da água indica a dificuldade de penetração da radiação solar, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigénio. Por si só a turbidez não comporta risco para a saúde pública. Para todos os pontos observou-se uma turvação insignificativa e é inferior ao limite para a água para o consumo humano, determinado pela legislação, que é 5 NTUs.

## **Capítulo IV. Considerações Finais**

### **4. Conclusões**

Levando-se em consideração o objectivo principal do presente trabalho sobre estudo da qualidade de água de furos arredores da Lixeira de Hulene no que diz respeito á sua potabilidade para consumo humano pode-se concluir que:

Os parâmetros de potabilidade da água analisados estão dentro dos padrões, excepto a concentração de nitritos nos pontos 2, 3 e 4. Existe suspeita da água subterrânea da zona de Hulene, toda via esta suspeita pode estar relacionada com o facto das águas estarem a ser afectadas pela lixeira, sendo esta teria sustentada com base nos resultados obtidos nos pontos 2, 3 e 4, pontos que estão mais próximos da lixeira e estes apresentam concentração de nitritos significativamente mais altos. Contudo, estudos adicionais que incluem mais pontos de amostragem e a direcção do fluxo de água subterrânea são necessários para avaliar o impacto da lixeira sobre a água subterrânea.

### **5. Limitações do Trabalho**

No que diz respeito à realização deste trabalho, foram encontradas algumas as limitações, tais como:

- a) A entidades responsáveis pelos furos de água não terem permitido partilhar algumas informações relacionadas ao furo (níveis piezométricos), e não tendo permitido que fossem fotografadas no momento de recolha de amostras.
- b) Fazer a análise dos parâmetros tendo em cota o período do ano (período seco e chuvoso), pois as épocas podem servir para justificar os resultados obtidos.

## **6. Referências Bibliográficas**

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 Saniamento Brasil.

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.

Cadeado, A. (2021). Avaliação Químico e Microbiológica da Água para o consumo Humano. Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia. Moçambique.

Costa, V. P. (2020). Avaliação do Estado Ambiental da água Subterrânea na Envoltória da antiga lixeira de Laúndos – Póvoa de Varzim. Dissertação submetida para o grau de mestre em engenharia do Ambiente. Porto.

Daronco, C. R. (2021). Qualidade da Água para Consumo Humano. Mestrado em Águas e Saniamento. Estado do Rio Grande do Sul.

Ferreira, N. C. (2011). Qualidade da Água para Consumo. Licenciatura em Águas Escola superior de Ciências. Portugal.

Lima, I. (2014). Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea no Entorno de um Aterro Sanitário. Relatório da actividade profissional para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Estado de Goiás.

Minetto, F. M. (2020). Avaliação da Qualidade da Água dos Poços . Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Universidade do Algarve. Algarve.

Moraes, M. S. (2017). Avaliação Microbiológica de Fontes de Água de Escolas Públicas e Privadas da Cidade de Santa Rita. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade de Santa Rita para a obtenção do grau de Mestre em Saniamento. Santa Rita.

Nogueira, F. F. (2018). Análise de Parâmetros Físico-Químicos de Águas Subterrâneas.. licenciatura em Engenharia do Ambiente, Universidade De Goiânia, Faculdade de Ciências. Goiânia.

Oliveira, K. A. (2011). Qualidade da Água para Consumo Humano em solução alternativa de abastecimento no Município do Cabo de Santo Agostinho, Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade de Engenharia para a obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente, Pernambuco. Recife.

Pereira, M. A. (2017). Avaliação Preliminar da Poluição Microbiológica na Baía de Maputo. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Química. Maputo.

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.

Rodrigues, C. (2017). Avaliação da Aualidade da Água. Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Química da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial á obtenção do grau de licenciatura em Química. Brasil.

Roque, O. C. (2011). Avaliação da Qualidade de Água para Abastecimento Público por Furos - Caso de Esudo: Município de Nova Iguaçu. Trabalho de conclusão de curso submetido como exigência parcial para a obtenção do título em Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Ro de Janeiro.

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. Brazil.

Santos, A. P. (2018). Controlo da Qualidade da Água. Trabalho de Conclusão Apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Poro como parte dos Requisitos para obtenção do título de Engenheiro do Ambiente .Portugal.

Scuracchio, P. P. (2018). Qualidade da Água utilizada para Consumo. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Simone, S. (2018). Avaliação da Qualidade de Água dos poços na Cidade de Quelimane - Estudo de Caso dos bairros Elalane, Icidua e Micajune, Província da Zambézia. Quelimane.

Tavares, I. 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.

**Anexo 1**

**Dados das leituras das Amostras por pontos**

**Tabela 6. Leituras das amostras do ponto 1**

Ponto 1	Primeira Leitura	Segunda Leitura	Terceira Leitura	Quarta Leitura	Quinta Leitura	Sexta Leitura
Temperatura	24.20	23.60	25.50	25.50	25.20	23.70
Ph	7.10	7.20	7.10	7.10	7.40	7.10
Oxigênio dissolvido	8.10	8.00	7.90	9.10	8.20	8.10
Condutividade	1087	1086	1087	1087	1086	1087
Nitritos	2.40	2.50	2.50	2.50	2.90	2.50
Nitratos	3.10	3.10	2.80	3.40	3.10	2.90
Fosfatos	0.90	0.80	0.80	0.08	0.90	0.90
Sulfatos	5.20	5.40	5.00	4.90	4.30	5.70
Alcalinidade	4.90	5.00	4.80	5.40	5.50	5.40
Coliformes fecais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dureza	5.10	5.00	4.90	5.00	4.80	4.80
Cloretos	2.90	2.70	3.00	3.00	2.80	3.00
Turvação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Fonte: Autor**

**Tabela 7. Leituras das amostras do ponto 2**

Ponto 2	Primeira Leitura	Segunda Leitura	Terceira Leitura	Quarta Leitura	Quinta Leitura	Sexta Leitura
Temperatura	23.20	23.00	23.00	23.00	23.10	23.00
Ph	7.20	7.02	7.10	7.06	7.10	7.08
Oxigênio dissolvido	7.90	7.90	7.90	7.60	7.90	7.70
Condutividade	1043	1045	1044	1045	1045	1044
Nitritos	3.90	3.20	3.30	4.00	3.70	3.00
Nitratos	2.90	2.90	3.40	2.70	2.90	3.10
Fosfatos	0.77	0.79	1.30	0.73	0.69	0.75
Sulfatos	3.00	3.00	3.70	3.00	2.80	3.10
Alcalinidade	5.50	6.00	5.20	5.00	5.00	5.02
Coliformes fecais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dureza	2.70	3.30	3.50	3.00	3.30	3.30
Cloretos	2.20	2.00	2.50	2.10	2.00	2.20
Turvação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Fonte: Autor**

**Tabela 8. Leituras das amostras do ponto 3**

Ponto 3	Primeira Leitura	Segunda Leitura	Terceira Leitura	Quarta Leitura	Quinta Leitura	Sexta Leitura
Temperatura	25.20	25.20	25.00	25.20	25.20	25.28
Ph	7.6	7.6	7.6	7.54	7.59	7.60
Oxigênio dissolvido	5.90	5.80	5.80	5.80	6.00	5.90
Condutividade	1102	1100	1100	1100	1101	1102
Nitritos	3.20	3.10	3.10	3.20	3.30	3.20
Nitratos	2.60	2.50	2.60	2.50	2.50	2.50
Fosfatos	0.51	0.49	0.53	0.50	0.51	0.51
Sulfatos	9.00	9.00	8.80	9.03	9.00	9.06
Alcalinidade	7.00	7.80	7.10	7.00	7.10	7.15
Coliformes fecais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dureza	4.10	3.90	4.10	4.10	4.50	4.60
Cloretos	3.30	4.20	3.50	3.30	3.60	2.90
Turvação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Fonte: Autor**

**Tabela 9. Leituras das amostras do ponto 4**

Ponto 4	Primeira Leitura	Segunda Leitura	Terceira Leitura	Quarta Leitura	Quinta Leitura	Sexta Leitura
Temperatura	30.00	30.00	30.20	3.04	29.80	30.09
Ph	8.00	7.90	7.80	7.95	7.99	7.90
Oxigênio dissolvido	6.00	6.00	5.90	6.10	6.10	6.00
Condutividade	1108	1108	1109	1109	1108	1108
Nitritos	3.90	3.80	3.70	3.80	3.90	3.90
Nitratos	4.50	4.10	4.50	4.50	4.50	4.50
Fosfatos	0.61	0.61	0.59	0.62	0.60	0.61
Sulfatos	8.90	8.90	9.00	8.90	8.90	9.10
Alcalinidade	8.00	8.50	8.50	8.50	8.30	8.20
Coliformes fecais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dureza	11.00	10.90	11.00	11.00	11.10	11.00
Cloretos	5.00	5.10	5.10	5.10	5.30	5.10
Turvação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Fonte: Autor**

## **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE**

---

**Tabela 10. Leituras das amostras do ponto 5**

Ponto 5	Primeira Leitura	Segunda Leitura	Terceira Leitura	Quarta Leitura	Quinta Leitura	Sexta Leitura
Temperatura	22.00	21.25	21.20	21.50	22.00	21.50
Ph	8.41	8.40	8.51	8.40	8.42	8.50
Oxigénio dissolvido	7.20	7.10	7.00	7.10	7.30	7.10
Condutividade	966	996	997	996	996.7	996
Nitritos	1.80	1.81	1.70	2.00	1.80	1.99
Nitratos	2.10	2.20	2.40	2.10	2.30	2.00
Fosfatos	0.86	0.90	0.90	0.91	0.90	0.90
Sulfatos	10.00	10.30	10.10	10.10	10.30	9.90
Alcalinidade	6.90	6.90	6.80	6.90	6.90	6.80
Coliformes fecais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dureza	5.90	5.80	6.10	5.90	5.90	5.90
Cloretos	2.90	3.10	3.10	3.00	3.10	3.10
Turvação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Fonte: Autor**

Tabela 11. Tabela com os valores médios, máximos mínimos e de desvio padrão dos parâmetros medidos para todos os pontos de amostragem

Local de Medição	Localização		Valores médios				
			Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Campo	Temperatura	Mínimo	23.60	22.60	25.28	30.09	21.2
		Máximo	25.50	23.80	25	29.80	22
		<b>Media</b>	<b>24.61</b>	<b>23.05</b>	<b>25.18</b>	<b>30.02</b>	<b>21.58</b>
		Desvio padrão	0.81	0.08	0.09	0.12	0.32
	pH	Mínimo	7.10	7.02	7.54	7.80	8.40
		Máximo	7.40	7.20	7.60	8.00	8.51
		<b>Media</b>	<b>7.12</b>	<b>7.09</b>	<b>7.58</b>	<b>7.92</b>	<b>8.43</b>
	O.D	Mínimo	7.90	7.60	5.80	5.9	7.00
		Máximo	9.10	7.90	6.00	6.1	7.30
		<b>Media</b>	<b>8.23</b>	<b>7.82</b>	<b>5.87</b>	<b>6.02</b>	<b>7.13</b>
		Desvio padrão	0.40	0.12	0.07	0.07	0.09
	Condutividade	Mínimo	1086.00	1043.00	1100.00	1108.00	996.00
Máximo		1087.00	1045.00	1102.00	1109.00	997.00	
<b>Media</b>		<b>1086.17</b>	<b>1044.33</b>	<b>1100.83</b>	<b>1108.33</b>	<b>996.28</b>	
Desvio padrão		0.47	0.75	0.90	0.47	0.4	
Laboratório	Nitritos	Mínimo	2.40	4.00	3.10	3.70	1.7
		Máximo	2.90	3.00	3.30	3.90	2.0
		<b>Media</b>	<b>2.52</b>	<b>3.52</b>	<b>3.18</b>	<b>3.83</b>	<b>1.85</b>
		Desvio padrão	0.16	0.37	0.07	0.07	0.11
	Nitratos	Mínimo	2.80	2.70	2.50	4.10	2.00
		Máximo	3.40	3.40	2.60	4.50	2.40
		<b>Media</b>	<b>3.07</b>	<b>2.98</b>	<b>2.53</b>	<b>4.43</b>	<b>2.18</b>
		Desvio padrão	0.19	0.22	0.05	0.15	0.13
	Fosfatos	Mínimo	0.80	0.69	0.49	<b>0.45</b>	0.86
		Máximo	0.90	1.30	0.53	0.62	0.91
		<b>Media</b>	<b>0.85</b>	<b>0.84</b>	<b>0.51</b>	<b>0.61</b>	<b>0.89</b>
		Desvio padrão	0.05	0.21	0.01	0.06	0.02
	Sulfatos	Mínimo	4.30	3.70	9.06	8.9	9.90
		Máximo	5.70	2.80	8.80	9.1	10.30
		<b>Media</b>	<b>5.08</b>	<b>3.10</b>	<b>8.98</b>	<b>8.95</b>	<b>10.12</b>
		Desvio padrão	0.44	0.28	0.08	0.08	0.14
	Alcalinidade	Mínimo	4.80	6.00	7.00	8.00	6.80
		Máximo	5.50	5.00	7.80	8.50	6.90
		<b>Media</b>	<b>5.16</b>	<b>5.29</b>	<b>7.19</b>	<b>8.33</b>	<b>6.85</b>
		Desvio padrão	0.27	0.36	0.28	0.19	0.05
	C.F	Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Máximo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		<b>Media</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
		Desvio padrão	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dureza	Mínimo	4.80	2.70	4.60	10.90	5.80	
	Máximo	5.10	3.30	3.90	11.00	6.10	
	<b>Media</b>	<b>4.93</b>	<b>3.18</b>	<b>4.22</b>	<b>11.00</b>	<b>5.92</b>	
	Desvio padrão	0.11	0.26	0.25	0.06	0.09	
Cloretos	Mínimo	3.80	2.24	4.20	5.00	2.90	
	Máximo	3.00	2.0	2.90	5.30	3.10	
	<b>Media</b>	<b>2.90</b>	<b>2.17</b>	<b>3.47</b>	<b>5.12</b>	<b>3.05</b>	
	Desvio padrão	0.11	0.17	0.39	0.09	0.08	
Turvação	Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Máximo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>Media</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.00	0.00	
	Desvio padrão	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fonte: Autor

# AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE

## Anexo 2



Figura 5. Procedimento de análise de Dureza Total



Figura 6. Procedimento de análise de Nitratos

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO POR LIXIVIADOS DE LIXEIRACASO DE ESTUDO- LIXEIRA DE HULENE



Figura 7. Procedimento de análise de Alcalinidade



Figura 8. Procedimento de análise de Cloretos