



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Trabalho de Licenciatura**

***Caracterização da Qualidade Ambiental das Águas Subterrâneas á volta da  
Lixeira Municipal de Hulene.***

**Autor:** Ismina Imamo

**Supervisor:** Prof. Doutor António Cumbane, Eng

**Co-Supervisor:** dr. Arcângelo Paulo Passela

Maputo, Agosto de 2023



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**Trabalho de Licenciatura**

***Caracterização da Qualidade Ambiental das Águas Subterrâneas á volta da  
Lixeira Municipal de Hulene.***

**Autor:** Ismina Imamo

**Supervisor:** Prof. Doutor António Cumbane, Eng

**Co-Supervisor:** dr. Arcângelo Paulo Passela

Maputo, Agosto de 2023

## ORIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Ismina Imamo entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/2023 as \_\_\_ cópias do seu trabalho de Licenciatura com referência: \_\_\_\_\_, intitulado: **Caracterização da Qualidade Ambiental das Águas Subterrâneas á volta da Lixeira Municipal de Hulene.**

Maputo, \_\_\_ de Maio de 2023

O chefe de Secretaria

---

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Ismina Imamo, declaro por minha honra que este relatório de trabalho de licenciatura não foi aceito em nenhum outro lugar como trabalho de culminação do curso. Estudos de outras pessoas foram usados no presente trabalho e devidamente referenciados.

Assinatura \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

(Ismina Imamo)



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

À minha família e em especial à minha mãe Joaquina Bambo Sumburane.

## RADECIMENTOS

Antes de mais agradeço a Deus pelo dom da vida e por me permitir ter chegado até aqui.

A Universidade Eduardo Mondlane (UEM) por ter participado do meu processo de formação.

Ao meu supervisor, Prof. Doutor António Cumbne, Eng e o Co-supervisor, dr. Arcângelo Paulo Passela pela paciência, dedicação, confiança e auxílio. O que tornou possível a realização do trabalho.

À Eng Virgínia Gongole, Técnico Reniel Bila pela ajuda e orientação nos laboratórios do DEQUI.

A todos os meus colegas do curso, em especial Nacia dos Santos, Deolinda Chivale, Fátima Matano, Viviane Magaia, Alfredo Boane, Hercinia de Katia, Geralda Kaoma, Pedro Parruque.

As minhas amigas Daphene Mavulula, Ita Matano, Deolinda Chivale, Nacia dos Santos, Elenia Leite, Patrícia Carmona pela amizade e companheirismo.

Aos meus irmãos e sobrinhos, Fátima Imamo, Adalmiro Chikupenungo, Daniel Chikupenungo, Victoria Chikupenungo, Joaquina Fernando, Jéssica João e Nazito Chikupenungo pela força durante o meu percurso de formação.

A todos que por ventura eu tenha me esquecido, agradeço imensamente pelo apoio directa ou indirectamente.

## RESUMO

A deposição descontrolada de lixo na lixeira de Hulene ao longo de tempo, pode ter resultado na contaminação dos solos da região residencial e, por expansão, das águas subterrâneas: a principal fonte de abastecimento da população residente. Tal constituiu o objecto do presente estudo. Em seis pontos dispersos, colectaram-se amostras em fontes de água para o consumo local e estas foram física e quimicamente caracterizadas. Comparados aos valores padrão e extraídos do (MISAU: Diploma Ministerial n.2 180/2004, 2004) e (WHO, 2022), verificou-se que, para todos pontos amostrados, fisicamente, as águas apresentam coloração acima do estabelecido e um poço se destacando significativamente pela negativa: o poço 5. O mesmo poço foi o único acima do estabelecido para o parâmetro turbidez. Todas outras análises ensaiadas (sólidos totais dissolvidos e condutividade) não constituíram motivo de alarme. Quimicamente, verificou-se consideráveis quantidades de metais dissolvidos na água e com carácter prejudicial a saúde humana. São eles o alumínio, o arsénio, o cádmio, o manganês, o níquel, o chumbo e o selénio. Os demais parâmetros ensaiados (pH, alcalinidade, nitratos, O<sub>2</sub> dissolvido, bário, cálcio, cobalto, crómio, cobre, ferro, sódio e zinco) não constituíram motivo de alarme em relação a qualidade estabelecida. De forma combinada, os parâmetros (físicos e químicos) indicam que a água é imprópria para o consumo dado o possível risco de contracção de doenças.

**Palavras-chave:** lixeira de Hulene, caracterização físico-química

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO.....	iii
Lista de símbolos e abreviaturas .....	vii
Lista de tabelas .....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Objectivos .....	2
1.1.1. Objectivos gerais.....	2
1.1.2 . Objectivos específicos .....	2
1.2. Metodologia .....	2
2. Revisão da literatura.....	4
2.1. Caracterização da água subterrânea .....	6
2.1.1 Qualidade da água subterrânea .....	6
2.2. Aspectos físicos para águas.....	8
2.1. Temperatura .....	8
2.2. Turbidez.....	9
2.3. Cor aparente.....	9
2.4. Sólidos.....	10
2.5. Condutividade eléctrica .....	10



	le química .....	11
2.3.1.	pH.....	11
2.3.2.	Alcalinidade .....	11
2.3.3.	Acidez.....	11
2.3.4.	Dureza.....	12
2.3.5.	Cloretos .....	12
2.3.6.	Série nitrogenada .....	12
2.3.7.	Fósforo .....	13
2.3.8.	Ferro e manganês .....	13
2.3.9.	Oxigênio dissolvido .....	14
2.3.10.	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química do oxigênio (DQO).....	14
2.3.11.	Micropoluentes .....	15
2.3.12.	Fluoretos .....	15
2.3.13.	Sabor e odor.....	15
2.4.	Parâmetros/aspectos biológicos para águas .....	16
2.4.1.	Microrganismos indicadores.....	17
2.4.2.	Coliformes .....	17
2.4.3.	Coliformes totais.....	17
2.4.4.	Coliformes termotolerantes .....	18

	de parâmetros referentes à qualidade de água	
0.	.....	18
2.6.	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	19
3.	Parte experimental.....	22
3.1.	Colecta das amostras.....	22
3.2.	Análise dos parâmetros.....	24
3.2.1.	Cor.....	25
3.2.2.	Turbidez.....	25
3.2.3.	Potencial hidrogeniónica (pH).....	26
3.2.4.	Condutividade eléctrica.....	26
3.2.5.	Nitrogénio total.....	27
3.2.6.	Matéria orgânica.....	27
3.2.7.	Metais pesados.....	28
4.	Resultados e discussão.....	30
4.1.	Análises Físicas da água.....	30
4.2.	Análises químicas da água.....	35
5.	Conclusões e recomendações.....	44
5.1.	Conclusões.....	44
5.2.	Recomendações.....	45
6.	Bibliografia.....	46

## **EVIATURAS**

CO	Conductividade eléctrica
RSU	Resíduos sólidos urbanos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigénio
BQO	Demanda Química de Oxigénio
IQA	Índice de Qualidade da Água
TDS	Sólidos Totais Dissolvidos
MISAU	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde

## TABLA DE TABELAS

<b>Tabela 2-1:</b> Principais microrganismos relacionados às doenças de transmissão hídrica (FUNASA, 2013).....	16
<b>Tabela 2-2:</b> Parâmetros físicos, químicos organolépticos e microbiológicos .....	18
<b>Tabela 2-3:</b> Classificação da qualidade de água (Yisa et al, 2012).....	20
<b>Tabela 2-4.</b> Tais riscos são segundo estabelecidos por (WHO, 2022) e (MISAU, 2004). (WHO, 2022; MISAU, 2004)õ õ	21
<b>Tabela 4 1:</b> Resultados de análises químicas cujas leituras se apresentaram abaixo do mínimo que o instrumento de medição pode registrarõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .	43

## STA DE FIGURAS

**Figura 2.1:** Parte da Lixeira de Hulene (Chiure, 2018).....7

**Figura 3.1:** Área de estudo .....22

**Figura 3.2:** Amostras colhidas dos poços amostrados (Pr, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>) .....23

**Figura 3.3:** Análises locais dos parametros condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, temperatura, salinidade e sólidos totais dissolvidos. ....24

**Figura 3.4:** *HydroTest HT1000*, instrumento com que se mediu a cor, cloretos, fluoretos, dureza, DQO e DBO. ....25

**Figura 3.5:** *Turbidimeter 2100Q*, instrumento com que foi medida a turbidez. ....25

**Figura 3.6:** HI-2002 Edge pH Meter, instrumento usado para a determinação de pH. .26

**Figura 3.7:** *Thermoreactor RD 125 | Digester Block . Lovibond*, instrumento usado para a determinação do nitrogénio total. ....27

**Figura 3.8:** Balança analítica (a) e Incubadora (b) com que se determinou a matéria orgânica presente. ....28

**Figura 4.1:** Resultados das análises de temperatura para os cinco poços amostradosõ .31

**Figura 4.2:** Resultados das análises de turbidez para os cinco poços amostradosõ .31

**Figura 4.3:** Resultados das análises de cor para os cinco poços amostrados para os cinco poços amostradosõ ...32

**Figura 4.4:** Resultados das análises de TDS para os cinco poços amostrados para os cinco poços amostrados õ 32

**Figura 4.5:** Resultados das análises de sólidos totais para os cinco poços amostradosõ ..33

álises de condutividade para os cinco poços amostrados...34

**Figura 4.7:** Resultados das análises de pH para os cinco poços amostrados...35

**Figura 4.8:** Resultados das análises de alcalinidade para os cinco poços amostrados...35

**Figura 4.9:** Resultados das análises de nitrogênio para os cinco poços amostrados...36

**Figura 4.10:** Resultados das análises de nitratos para os cinco poços amostrados...36

**Figura 4.11:** Resultados das análises de oxigênio dissolvido para os cinco poços amostrados...37

**Figura 4.12:** Resultados das análises de alumínio para os cinco poços amostrados...38

**Figura 4.13:** Resultados das análises de arsênio para os cinco poços amostrados...38

**Figura 4.14:** Resultados das análises de bário para os cinco poços amostrados...38

**Figura 4.15:** Resultados das análises de cálcio para os cinco poços amostrados...39

**Figura 4.16:** Resultados das análises de cádmio para os cinco poços amostrados...39

**Figura 4.17:** Resultados das análises de cobalto para os cinco poços amostrados...39

**Figura 4.18:** Resultados das análises de cromo para os cinco poços amostrados...40

análises de cobre para os cinco poços amostrados 40

**Figura 4.19:** Resultados das análises de ferro para os cinco poços amostrados 40

**Figura 4.20:** Resultados das análises de manganês para os cinco poços amostrados 41

**Figura 4.21:** Resultados das análises de sódio para os cinco poços amostrados 41

**Figura 4.22:** Resultados das análises de níquel para os cinco poços amostrados 41

**Figura 4.23:** Resultados das análises de chumbo para os cinco poços amostrados 42

**Figura 4.24:** Resultados das análises de selênio para os cinco poços amostrados 42

**Figura 4.25:** Resultados das análises de selênio para os cinco poços amostrados 42

Nos últimos anos, o município de Maputo tem registado consideráveis índices de crescimento populacional acompanhado por um processo de urbanização acelerado (propiciador de um aumento do consumo de produtos descartáveis que grandemente incrementa o volume de resíduos sólidos), fluxos migratórios internos e o crescimento dos bairros sem nenhum serviço básico (Langa, 2014; Chambela, 2016). As debilidades dos sistemas de acondicionamentos dos mesmos resíduos sólidos associados a baixa educação cívica dos munícipes desencadeiam processos impactantes ao meio ambiente.

A deposição de resíduos sólidos urbanos em lixões e aterros não controlados propicia, por um lado, o aparecimento dos chamados vectores de doenças representados por animais (ratos, baratas e mosquitos) que, entrando em contacto com o lixo funcionam como veículos de transmissão de uma série de agentes causadores de doenças ao homem. Por outro lado, agrava a poluição do ar, do solo e das águas superficiais e subterrâneas (Costa, 2004).

No caso das águas, tal poluição ocorre por meio, maioritariamente, dos lixiviados, um líquido com alta concentração de matéria orgânica e de poluentes inorgânicos resultante da decomposição anaeróbica de resíduos (Costa, 2004; Mota et al. 2009). Este último item é do interesse do presente trabalho.

No caso vertente da deposição descontrolada e à céu-aberto dos resíduos, durante muitos anos na lixeira municipal de Hulene, pode ter sido fonte de contaminação das águas subterrâneas e solos por conta de lixiviados, e não há informação, nem pesquisas relativas a qualidade e níveis de contaminação físico-química e microbiológica desses meios na área de influência da lixeira.

Assim sendo, a presente pesquisa se propõe a contribuir para o conhecimento da qualidade e níveis de contaminação que as águas dos poços de abastecimento para o consumo das comunidades expostos na área de influência da lixeira.



### 1.1.1. Objectivos gerais

Caracterização da qualidade ambiental das águas subterrâneas á volta da Lixeira Municipal de Hulene.

### 1.1.2. Objectivos específicos

Por forma a atingir o objectivo geral descrito acima, os seguintes objectivos específicos são propostos:

- ✚ Averiguar os pontos e condições de acesso à água para o consumo humano na região à volta da lixeira de Hulene;
- ✚ Determinar o nível de contaminação das águas subterrâneas na área de influência da lixeira através de análises físico-químicas e microbiológicas das águas subterrâneas;
- ✚ Analisar e interpretar os resultados analíticos das amostras das águas subterrâneas com os valores padronizados, para verificar a sua potabilidade para consumo humano;

## 1.2. Metodologia

A execução deste trabalho seguiu a metodologia mostrada a seguir:

- ✚ A pesquisa bibliográfica, que consistiu na aquisição e sistematização de conhecimentos visando a familiarização com a questão da qualidade de água e dos procedimentos experimentais a levar a cabo através de leituras de livros, artigos, trabalhos de licenciatura e dissertações de mestrado e doutoramento.
- ✚ A colecta de informações sobre o local de estudo e a amostragem das águas subterrâneas para análise laboratorial das variáveis de diagnóstico de qualidade: temperatura, pH, alcalinidade, condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvido, sólidos totais, turbidez, cor, dureza, carbono orgânico dissolvido, carbono orgânico total (COT), fósforo total, nitrogénio total, nitrogénio amoniacal, nitritos, nitratos, boro, zinco, níquel, manganês, magnésio, potássio, ferro, cobre,



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

...numbo, molibdénio, mercúrio, cromo e cobalto e  
...iformes totais e coliformes fecais).

- ✚ Analise e discussão dos resultados.
- ✚ Conclusões e recomendações.

A água é um recurso essencial à sobrevivência de todos os seres vivos e o seu fornecimento em quantidade e qualidade é fundamental para a perfeita manutenção da vida humana. Sucede que as reacções fisiológicas, na qual a maioria delas ocorre em ambientes aquosos, até as actividades produtivas são dela dependentes (Telles, 2012).

Ademais, este é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, integrando aproximadamente dois terços do corpo humano e atingindo até 98% para certos animais aquáticos, legumes, frutas e verduras. Constitui-se também no solvente universal da maioria das substâncias, modificando-as e modificando-se em função destas (Libânio, 2010).

O abastecimento público de água em termos de quantidade e/ou qualidade é uma preocupação crescente da humanidade, em função da escassez do recurso água e da deterioração da qualidade dos mananciais (Zabotto, 2019). É facto que as actividades humanas, respaldadas em um estilo de vida e desenvolvimento, têm determinado alterações significativas no meio ambiente, influenciando a sua disponibilidade (Libânio et al, 2006). Assim sendo, é, infelizmente, verdadeira a afirmação de que a água, em muitos territórios, tem-se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida.

Os crescentes desmatamentos, os processos de erosão/assoreamento dos mananciais superficiais, os lançamentos de efluentes e detritos industriais e domésticos nos recursos hídricos têm contribuído para tal situação (Sarda & Sadgir, 2015). Nos países em desenvolvimento essa problemática é agravada em razão da baixa cobertura da população com serviços de abastecimento de água com qualidade e quantidade. Os processos de urbanização, de industrialização e de produção agrícola não têm levado em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas (Libânio, 2010).

Os impactos ambientais, sociais e económicos da degradação da qualidade das águas se traduzem, entre outros, na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial, na perda de produtividade na agricultura e na pecuária, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos (Lira, 2014).

O total de água existente na Terra é teoricamente deste é água doce. Contudo, da parcela de água doce, somente 0,3% constitui a porção superficial de água presente em rios e lagos, as quais estão passíveis de exploração e uso pelo homem (Telles, 2012).

Por isso, faz-se necessário o monitoramento constante da sua qualidade, principalmente no meio rural, onde a população, na sua maioria, não é abastecida por empresas de saneamento e a água advém de sistemas alternativos de abastecimento, normalmente, sem receber tratamento físico e/ou químico, o objectivo deste trabalho.

Em muitos lugares, assim como para as águas superficiais, o aumento da produção e dispersão de poluentes aumentou também o risco de contaminação de sistemas de águas subterrâneas. É certo que as características químicas das águas subterrâneas dependem, inicialmente, da composição das águas de recarga e, em seguida, de sua evolução química, influenciada directamente pela litologia pela qual atravessa (Arenzon, 2004).

Tipicamente, a monitoria e remediação de contaminação de águas subterrâneas é relativamente mais difícil que com as superficiais e, quando já em estado de impactação, medidas reparadoras mostram-se tipicamente insuficientes para depurá-las. Ainda no caso de contaminações, tipicamente mostra-se necessária investigações hidroquímicas em águas subterrâneas a fim de avaliar o nível de contaminantes potenciais nestes ambientes, avaliar a gravidade da contaminação e identificar as opções de medidas reparadoras, se necessário, para assegurar que não haja perigo para a saúde humana e para o ambiente (Yisa et al, 2012; Arenzon, 2004).

A água para ser considerada potável deve estar dentro dos padrões estabelecidos pelas entidades de saúde, em Moçambique sendo regido pelo Ministério da Saúde, a qual estabelece padrões para a qualidade de água para o consumo humano e, portanto, está deve se enquadrar dentro dos parâmetros estabelecidos: físicos, químicos, microbiológicos e radioactivos, não oferecendo riscos à saúde humana. Esta constatação será discutida com algum detalhe mais adiante. Este tipo de preocupação tem sido reforçado pelo fato de que está se tornando cada vez mais difícil encontrar águas naturais que estejam dentro dos padrões de potabilidade por razões retromencionadas.

## gua subterrânea

O homem dispõe tipicamente de dois recursos para o seu abastecimento de água: de superfície e a subterrânea. A água subterrânea é utilizada há milénios. O manancial subterrâneo é uma das mais importantes reservas para o suprimento de água. Na maioria das vezes, esta água não necessita de tratamento para o seu consumo, devido ao processo de filtração natural do subsolo. Fazem parte deste manancial: poços rasos e profundos, nascentes e galerias de infiltração (Kumar, 2012; Arenzon, 2004).

As camadas subterrâneas que podem conter água são chamadas de aquíferos, sendo formações geológicas com poros ou espaços abertos (fissuras ou fracturas) em seu interior. A água no subsolo surge a partir da infiltração sendo o movimento e o armazenamento dessas águas regulados pela acção da força gravitacional e pelas características dos materiais presentes (Feitosa et al, 2008).

As principais vantagens da utilização de águas subterrâneas são:

- ✚ Baixo custo da construção de poços em relação ao custo das obras de captação das águas superficiais;
- ✚ Alternativa de abastecimento para pequenas e médias populações urbanas ou comunidades rurais;
- ✚ Geralmente são de boa qualidade ao consumo humano.

### 2.1.1 Qualidade da água subterrânea

A preservação da qualidade da água é uma necessidade universal, que exige atenção por parte das autoridades sanitárias e consumidores em geral, particularmente no que se refere à água dos mananciais, como poços, minas, nascentes, lagos, entre outros, destinados ao consumo humano, visto que sua contaminação por excretas de origem humana e animal pode torná-las um veículo de transmissão de agentes de doenças infecciosas e parasitárias, os quais influenciam directamente à saúde da população (AMARAL, 2003).

Infelizmente, e em muitos lugares ao redor do mundo, aterros e lixeiras a céu aberto são uma prática comum de gestão de resíduos sólidos urbanos e um dos os métodos mais baratos para a gestão organizada de resíduos constituindo assim uma grande

(Butt & Ghaffar, 2012). No caso vertente de a lixeira de Hulene é dos mais sonantes exemplos.



**Figura 2.1:** Parte da Lixeira de Hulene (Chiure, 2018)

Por isso, nesse contexto, a água de consumo humano extraído nas imediações desses depósitos precisa beneficiar de uma análise visando observar o grau de conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos. A garantia do consumo de água potável, livre de elementos prejudiciais à saúde, é uma acção eficiente de prevenção das doenças causadas pela água (Butt & Ghaffar, 2012).

Vale salientar que a contaminação da água pode ocorrer também por mecanismos naturais além de por via antropogénica, por meio da interacção entre água e rocha, onde certas substâncias se dissolvem na água, tornando a água não potável em certas concentrações.

No caso do nosso país, há uma impressão de que a principal fonte de água é a água de superfície. Contudo, a água subterrânea é utilizada em larga escala em várias cidades para o abastecimento de água potável, incluindo nas principais cidades como um complemento ao principal sistema de abastecimento de água nas áreas periurbanas. O potencial da água subterrânea é substancial e encontra-se nas formações aluviais dos vários rios.

A cidade de Maputo é abastecida por águas superficiais e a região metropolitana de Maputo é abastecida por águas superficiais e subterrâneas. Uma situação semelhante

## 2.2. Aspectos físicos para águas

As características físicas das águas de abastecimento encerram comumente o impacto de imediato ao consumidor. Esta percepção imediata abarca os sentidos da visão (turbidez e cor), paladar e olfacto (sabor e odor). 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.

### 2..1. Temperatura

A temperatura da água e dos fluidos em geral, indica a magnitude da energia cinética do movimento aleatório das moléculas (FUNASA, 2013; Miranda, 2007). A temperatura é directamente proporcional

- (i) à velocidade das reacções químicas - que praticamente dobra para elevação de 10°C na temperatura das águas
- (ii) à solubilidade das substâncias,
- (iii) à concentração do oxigénio dissolvido,
- (iv) ao metabolismo dos organismos presentes no ambiente aquático,
- (v) à formação de subprodutos da desinfecção,
- (vi) ao recrudescimento microbiológico e
- (vii) à taxa de corrosão nas tubulações integrantes dos sistemas de abastecimento.

A alteração da temperatura das águas naturais decorre em especial da insolação, esta influenciada significativamente pelo clima e latitude, e, quando de origem antrópica, do lançamento de despejos industriais - em especial originários de indústrias de bebidas - e/ou de águas de refrigeração de máquinas e caldeiras (Libânio, 2010; Devi et al, 2017).

É, portanto, um motivo para dizer que a temperatura é um parâmetro importante, pois, influi em muitas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigénio dissolvido),

## 2..2. Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido devida à presença de materiais sólidos em suspensão. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (Gholizadeh et al, 2016).

A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erodíveis, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo. Ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais. A turbidez natural das águas está, geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 unidades. Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser inferior a uma unidade (Libânio et al, 2006).

## 2..3. Cor aparente

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, denominadas colóides, finamente dispersas de origem predominantemente orgânica e dimensão inferior a 10 micrómetros, relacionando-se com a concentração de carbono orgânico presente no ambiente aquático (Libânio, 2010).

Pode também ser resultado da presença de compostos de ferro e manganês ou do lançamento de diversos tipos de resíduos industriais. Quando a cor se manifesta em águas subterrâneas, via de regra é resultado da presença destes compostos de ferro e manganês (Paulos, 2008). Os compostos orgânicos que conferem cor às águas naturais são provenientes basicamente de duas fontes:



a decomposição de matéria orgânica de origem natural e do metabolismo de microrganismos presentes

no solo;

- ii) de actividades antrópicas, tais como, descargas de efluentes domésticos ou industriais, lixiviação de vias urbanas, etc.

A cor, em sistemas públicos de abastecimento de água, é esteticamente indesejável. A sua medida é de fundamental importância, visto que água de cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras (Libânio, 2010).

#### **2..4. Sólidos**

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogénica (lançamento de lixo e esgotos). Muito embora os parâmetros turbidez e sólidos totais estejam associados, eles não são absolutamente equivalentes (Lira, 2014).

#### **2..5. Condutividade eléctrica**

A condutividade eléctrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente eléctrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em aniões e catiões. Também depende da temperatura, mobilidade iónica, relativa concentração dos iões e das suas valências (Gorde & Jadhav, 2013). Quanto maior a concentração iónica da solução, maior é a oportunidade para acção electrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente eléctrica.

A condutividade eléctrica da água deve ser expressa em unidades de resistência (mho ou S) por unidade de comprimento (geralmente cm ou m). Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em

### **2.3. Indicadores de qualidade química**

Os parâmetros químicos são os mais importantes para se caracterizar a qualidade da água, pois permitem classificá-la por seu conteúdo mineral, determinar o grau de contaminação, caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes e avaliar o equilíbrio bioquímico que é necessário para a manutenção da vida aquática (MACÊDO, 2001).

#### **2.3.1. pH**

O termo pH representa a concentração de íões hidrogénio em uma solução. É a medida da acidez da água, com escala variando de 0 a 14, não sendo, entretanto, uma escala linear, mas sim logarítmica (Gorde & Jadhav, 2013). Este pode ser determinado através de aparelhos denominados de potenciômetros. Na água, este factor é de extrema importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento, ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção. Abaixo de 7, a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra (Devi et al., 2017).

#### **2.3.2. Alcalinidade**

A alcalinidade indica a quantidade de íões na água que reagem para neutralizar os íões hidrogénio. Constitui-se, portanto, em uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo, assim, para expressar a capacidade de tamponamento da água, isto é, sua condição de resistir a mudanças do pH (Lira, 2014).

#### **2.3.3. Acidez**

Em contraposição à alcalinidade, a acidez é a característica química de neutralizar bases e também evitar alterações bruscas no pH, graças, especialmente, a concentração de gases dissolvidos como CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S ou de ácidos húmicos, fúlvicos e

em natural - pela absorção da atmosfera e  
a - ou antrópica, pelo lançamento de despejos  
industriais e lixiviação do solo de áreas de mineração (Libânio, 2010).

#### 2.3.4. Dureza

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) e, em menor escala, ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{+2}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{+2}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ). A origem da dureza das águas pode ser natural (por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogénica (lançamento de efluentes industriais). A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e pode ser classificada em (Casali, 2008; Lira, 2014):

- ✚ mole ou branda: < 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ;
- ✚ dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ;
- ✚ dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; e muito dura: >300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

#### 2.3.5. Cloretos

Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. A água do mar possui concentração elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg/L. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por dessalinização (osmose reversa) ou electrodiálise (troca iónica) (FUNASA, 2013).

#### 2.3.6. Série nitrogenada

O nitrogénio constitui, junto com o fósforo, nutriente essencial ao crescimento de algas, cianobactérias e plantas aquáticas, facilmente assimilável nas formas de amónio e nitrato (Libânio, 2010). No meio aquático, o elemento químico nitrogénio pode ser

função do seu estado de oxidação (que varia de -3

- ✚ Nitrogénio molecular ( $N_2$ ): sujeito a constantes perdas na atmosfera;
- ✚ Nitrogénio orgânico: constituído por nitrogênio na forma dissolvida (compostos nitrogenados orgânicos) ou particulada (biomassa de organismos) integrando a biomassa dos organismos do meio aquático;
- ✚ Ião amónio ( $NH_4^+$ ): forma reduzida do nitrogénio, sendo encontrada em condições de anaerobiose;
- ✚ Ião nitrito ( $NO_2^-$ ): forma intermediária do processo de oxidação; e
- ✚ Ião nitrato ( $NO_3^-$ ): forma oxidada e nutriente essencial para a maioria dos organismos do corpo hídrico.

### 2.3.7. Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para as plantas e animais que compõem a cadeia alimentar aquática. Uma vez que o fósforo é o nutriente em falta na maioria das águas doces, mesmo aumento modesto do fósforo pode, nas condições certas, desencadear toda uma cadeia de eventos indesejáveis. O fósforo é, em razão da sua baixa disponibilidade em regiões de clima tropical, o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas. Quando este crescimento ocorre em excesso, prejudicando os usos da água, caracteriza-se o fenómeno conhecido como eutrofização. No ambiente aquático, o fósforo pode ser encontrado sob várias formas:

- ✚ Orgânico: solúvel (matéria orgânica dissolvida) ou particulado (biomassa de microorganismos);
- ✚ Inorgânico: solúvel (sais de fósforo) ou particulado (compostos minerais, como apatita) (Bhateria & Jain, 2016; Casali, 2008).

### 2.3.8. Ferro e manganês

Os elementos ferro e manganês, por apresentarem comportamento químico semelhante, podem ter seus efeitos na qualidade da água abordados conjuntamente. Muito embora estes elementos não apresentem inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, eles podem provocar

isam coloração avermelhada à água, no caso do ganês) ou prejudicar determinados usos industriais da água. Altas concentrações destes elementos são também encontradas em situações de ausência de oxigénio dissolvido (Lira, 2014; Miranda, 2007).

### **2.3.9. Oxigénio dissolvido**

É o parâmetro muito importante na avaliação da qualidade da água já que é essencial manter a presença de formas superiores de vida biológica na água. Trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático. Já que a dissolução de gases na água sofre a influência de distintos factores ambientais (temperatura, pressão, salinidade). As variações nos teores de oxigénio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos de água (Devi et al, 2017).

### **2.3.10. Demanda bioquímica de oxigénio (DBO) e a demanda química do oxigénio (DQO)**

A demanda bioquímica de oxigénio é um parâmetro muito importante para estimar o estado de poluição da massa de água. DBO e DQO representa aquela fracção de matéria orgânica dissolvida que é degradado e facilmente assimilado por bactérias. DBO indica a presença de matéria orgânica biodegradável quantitativamente, que consome o oxigénio dissolvido da água.

Os valores mais altos de DBO produz cheiro desagradável e condições não saudáveis. Um maior valor de DBO é devido ao ambiente favorável para actividades microbiológicas. DBO está directamente ligado com decomposição de matéria orgânica morta presente num corpo de água e, portanto, os valores mais altos de DBO podem ser directamente correlacionados com o estado de poluição e tem uma relação inversa com concentração de oxigénio dissolvido.

DQO, por seu turno é uma medida do oxigénio equivalente ao teor de matéria orgânica se uma amostra que é susceptível a oxidação por um forte oxidante químico (Devi et al, 2017; Gholizadeh et al, 2016).

Existem determinados elementos e compostos químicos que, mesmo em baixas concentrações, conferem à água características de toxicidade, tornando-a, assim, imprópria para grande parte dos usos. Tais substâncias são denominadas micropoluentes. O maior destaque, neste caso, é dado aos metais pesados (por exemplo, arsénio, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, prata, zinco), frequentemente encontrados em águas residuárias industriais. Além de serem tóxicos, estes metais ainda se acumulam no ambiente aquático, aumentando sua concentração na biomassa de organismos à medida que se evolui na cadeia alimentar (fenómeno de biomagnificação) (Lira, 2014).

### **2.3.12. Fluoretos**

O fluoreto é um elemento essencial à saúde humana devido ao seu carácter preventivo de cárie dentária, principalmente nas crianças. Entretanto, o seu excesso também é um problema de saúde pública, devido à agressividade que este elemento tem sobre estruturas ósseas, podendo causar fluorose dentária e lesões esqueléticas (Casali, 2008). Hoje, esse procedimento é considerado um processo normal de tratamento de água e o teor óptimo de flúor é parte essencial de sua qualidade (Frazão et al, 2011).

### **2.3.13. Sabor e odor**

A conceituação de sabor envolve uma interacção de gosto - salgado, doce, azedo e amargo - com o odor, sendo, portanto, imensuráveis. Apesar de sensações distintas, usualmente são referenciadas conjuntamente. A água pura não produz sensação de Sabor ou odor nos sentidos humanos (Libânio, 2006).

Os produtos que conferem odor ou sabor resultam de causas naturais (algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos, compostos orgânicos, tais como sulfatos, e artificiais (depósitos domésticos e industriais). A detecção de sabor e odor e sua quantificação é difícil pois depende exclusivamente da sensibilidade dos sentidos humanos. Outra dificuldade é que esta sensibilidade varia de indivíduo para indivíduo e tende a diminuir com a constante exposição (Miranda, 2007).

## s biológicos para águas

Como mencionado anteriormente, a água é um meio de desenvolvimento de microrganismos quando esta contiver nutrientes suficientes para a sua proliferação. As espécies patogénicas são inúmeras, e necessitam de técnicas específicas para a identificação (FUNASA, 2013).

Entre elas, encontram-se organismos como bactérias, vírus e protozoários, que podem ser patogénicos. A relevância em determinar esse parâmetro reside na possibilidade de transmitir doenças e na transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos como o nitrogénio. Diversas enfermidades são passíveis de serem transmitidas por ingestão ou contacto com água contaminada, conforme enuncia a tabela 2.6 (Libânio, 2010).

**Tabela 2-1:** Principais microrganismos relacionados às doenças de transmissão hídrica (FUNASA, 2013)

Doenças	Agentes patogénicos
<b>Origem bacteriana</b>  Febre tifóide e paratifóide Disenteria bacilar Cólera Gastroenterites agudas e Diarreias	Salmonella typhi Salmonella parathyphi A e B Shigella sp Vibrio cholerae Escherichia coli enterotóxica Campylobacter Yersinia enterocolítica Salmonella sp Shigella sp
<b>Origem viral</b>  Hepatite A e E Poliomielite Gastroenterites agudas e crónicas	Vírus da hepatite A e E Vírus da poliomielite Vírus Norwalk Rotavirus Enterovirus Adenovirus
<b>Origem parasitária</b>  Disenteria amebiana Gastroenterites	Entamoeba histolytica Giárdia lâmbliã Cryptosporidium

o isolamento e identificação de cada microrganismo exige uma metodologia diferente e a ausência ou presença de um patógeno não exclui a outra. Um microrganismo indicador deve apresentar algumas características, tais como, ter uma população mais numerosa no ambiente e sobreviver melhor do que os possíveis patógenos, ser incapaz de se multiplicar no ambiente aquático e processos de autodepuração, além de ser detectado por uma metodologia simples e barata (Arenzon, 2004).

### 2.4.2. Coliformes

A contagem de coliformes, que são bactérias que normalmente habitam o intestino de animais e do homem, caracteriza uma determinada amostra de água na medida em que a sua presença pode indicar a contaminação da água por esgotos domésticos.

A razão da escolha dos coliformes como indicadores de contaminação da água deve-se aos seguintes factores (FUNASA, 2013; Libânio, 2010):

- ✚ Estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos;
- ✚ Sua presença na água possui uma relação directa com o grau de contaminação fecal;
- ✚ 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 aquático;
- ✚ São mais resistentes à acção dos agentes desinfectantes do que os germes patogénicos.

### 2.4.3. Coliformes totais

A maioria das bactérias desse grupo pertence aos géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros géneros e espécies pertençam ao grupo. As bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais podem ser



em vegetais, sendo que possuem capacidade de se de nutrientes (FUNASA, 2013).

#### 2.4.4. Coliformes termotolerantes

O grupo dos coliformes termotolerantes ou fecais são de origem animal (parte de sangue quente), sendo que a contagem dos coliformes fecais detecta a quantidade de microrganismos provenientes das excretas humanas. Estes, constituem-se de quatro diferentes géneros, *Escherichia coli* (a mais representativa dentro do grupo), *Enterobacter sp.*, *Klebsiela sp.* e *Citrobacter sp.*

### 2.5. Valores recomendáveis de parâmetros referentes à qualidade de água para fins de consumo doméstico.

O Ministério da Saúde aprovou no dia 15 de Setembro de 2004 o Diploma Ministerial nº 180/2004. Trata-se da actual norma que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A tabela 3 apresenta os parâmetros de potabilidade da água do Diploma Ministerial supramencionado.

**Tabela 2-2:** Parâmetros físicos, químicos organolépticos e microbiológicos

Característica	Limite admissível		Unidades	Riscos para a saúde
	Mínimo	Máximo		
pH	6.5	8.5	.	Sabor, corrosão, irritação da pele
Conductividade eléctrica	50	2000	u/molem	
Turbidez	.	5	NTU	Aparência, dificulta a desinfecção
Cor	.	15	TCU	Aparência
Nitratos	.	50	mg/l	Reduz o O <sub>2</sub> no sangue
Sulfatos	.	250	mg/l	Sabor, e corrosão
Sólidos totais	.	1000	mg/l	Sabor desagradável

				mgl/l	Depósitos, corrosão e espumas
Sulfatos	.	250		mgl/l	Sabor, e corrosão
Cloretos	.	250		mgl/l	Sabor desagradável e corrosão
Zinco	.	3,0		mgl/l	Aparenta e sabor desagradáveis
Alumínio	.	0,2		mgl/l	Afecta o sistema locomotor e causa anemia
Cromo	.	0,05		mgl/l	Gastroenterites, hemorragias e convulsões
Magnésio	.	50		mgl/l	Sabor desagradável
Alcalinidade	.			mgl/l	
Sólidos totais	.	1000		mgl/l	Sabor, corrosão
Cobre	.	1,0		mgl/l	Irritação intestinal
Nitrogénio total	.			mgl/l	
Nitrogénio	.			mgl/l	

## 2.6. Índice de Qualidade da Água (IQA).

Devido a actividades antrópicas tais como mineração, pecuária, produção e deposição de resíduos (industriais, municipais e agrícola), aumento do escoamento de sedimentos ou erosão do solo devido a mudança no uso da terra e poluição por metais pesados responsável por comprometer a qualidade da água, uma grandeza particularmente útil chama-se Índice de Qualidade da Água (IQA) foi definido (Katyal, 2011) a.

Esta é uma ferramenta utilizada no monitoramento ambiental e na avaliação da qualidade de águas para abastecimento público. O IQA é baseado em características físico-químicas e biológicas, as quais devem estar dentro de valores pré-estabelecidos para se inserir em conjunto de categorias. O IQA incorpora parâmetros considerados importantes, atribuindo pesos específicos, e leva em conta as curvas de variação da qualidade da água (Gholizadeh et al., 2016).

metros com seus respectivos pesos (w), são eles: pH, oxigênio dissolvido (OD), resíduo total (ou sólidos totais), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez (Uddin et al., 2020).

A pesar de se incluir os parâmetros biológicos, a determinação do IQA é um mecanismo rápido e eficiente para verificar a adequação da água para uma aplicação determinada. A determinação do índice de qualidade da água pode ser com recurso a uma expressão matemática apresentada a seguir:

$$IQA = \frac{\sum_{i=1}^n w_i Q_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Onde:

$$Q_i = \frac{Q_p - Q_{np}}{Q_i - Q_{np}}$$

$Q_i$  é o valor de qualidade para o parâmetro  $i$ ;

$Q_p$  é o valor da amostra colhida

$Q_{np}$  é o valor padrão do parâmetro  $n$ ;

$Q_{np}$  é o valor ideal para o parâmetro  $n$  na água pura (sendo iguais a zero para água pura excepto para o pH, que é igual 7, e para oxigénios dissolvidos, que é de 14.6 mg/L

**Tabela 2-3:** Classificação da qualidade de água (Yisa et al, 2012)

Valor de IQA	Estado da qualidade de água	Cor de referência
90 . 100	Água com excelente qualidade	Azul
70 . 90	Água com boa qualidade	Verde
50 . 70	Água com qualidade razoável	Amarelo
25 . 50	Água com qualidade muito pobre	Marrom
0 . 25	Água não adequada para o consumo humano sem o prévio tratamento e nem para a vida aquática	Vermelho

Assim, este cálculo não é confiável para o consumo, pois a diferença entre as variáveis pode ser um dado importante em nível de toxicidade.

o risco à saúde humana associada ao consumo de metais pesados, tais como os metais indicados pela população local em que o estudo foi conduzido, e tais metais são sumariamente indicados na tabela a seguir.

**Tabela 2-4.** Tais metais são segundo estabelecidos por (WHO, 2022) e (MISAU, 2004).

(WHO, 2022; MISAU, 2004)

<b>Metal</b>	<b>Riscos à saúde pública</b>
Alumínio	Afecta o sistema locomotor e causa anemia; desenvolvimento ou aceleração do início da doença de Alzheimer em humanos.
Arsénio	Cancro da pele, pulmões, bexiga; afecta o sistema cardiovascular (principalmente em crianças); lesões dérmicas.
Cádmio	Vasoconstrição urinária.
Manganês	Anemia, afecta o sistema nervoso central (redução na agilidade cognitiva).
Níquel	Eczemas e intoxicações.
Chumbo	Intoxicação aguda, neuro-desenvolvimento, função renal prejudicada, hipertensão, fertilidade, doenças de natureza cardiovascular.
Selénio	Distúrbios gastrointestinais, dentes cariados, perda de cabelo ou unhas, anomalias nas unhas, descoloração da pele e alterações nos nervos periféricos, doenças cardiovasculares.

O trabalho versou em torno da avaliação da qualidade da água consumida pela população em volta da lixeira de Hulene por meio de determinação de vários parâmetros associados a qualidade da água para o consumo humano.

### 3.1. Colecta das amostras

As colectas das amostras para análise foram feitas no interior das comunidades residentes à volta da lixeira de Hulene no bairro de Hulene B segundo o mapa abaixo apresentado na Figura 3.1.



**Figura 3.1:** Área de estudo

A região dista a cerca de 10km do centro da Cidade de Maputo e a lixeira, visível na fotografia (região cinzenta), representa o destino principal dos resíduos sólidos produzidos na capital, com uma área de aproximadamente 2km<sup>2</sup>. Esta é cercada por um conjunto visivelmente denso de habitações maioritariamente de construção precária. O mapa acima demonstra alguma proximidade variável dos pontos de colecta

o é que o solo pode ter sido contaminado com o  
serviu o município de Maputo.

Nesses pontos, foram seleccionadas algumas residências que fazem uso de água de poços como fonte de abastecimento, tanto para o consumo como para os demais usos domésticos, contabilizando um total de seis poços, os quais possuem entre 20 a 30 metros de profundidade e foram denominados como poço de referência (o primeiro poço, o Pr), poço 1 (P<sub>1</sub>), poço 2 (P<sub>2</sub>), poço 3 (P<sub>3</sub>), poço 4 (P<sub>4</sub>) e poço 5 (P<sub>5</sub>). O designado poço de referência é um comunitário, sendo o mesmo responsável por prover o precioso líquido a cerca de 20 famílias segundo informações providas pelo líder comunitário.

Em frascos devidamente higienizados e rotulados (de modo correspondente ao ponto colectado), com capacidades de entre 0.5 a 5 litros (como mostrado na Figura 3.2), colectou-se uma amostra por poço, tendo-se durante toda a colecta e durante o manuseio dos equipamentos, sido tomada as devidas precauções visando reduzir ao máximo a possibilidade de eventuais contaminações das amostras (como o uso de luvas).



**Figura 3.2:** Amostras colhidas dos poços amostrados (Pr, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>)

Com auxílio do *multimeter HD40D* fez-se, no local de colheita das amostras, as análises de condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, temperatura, salinidade e sólidos totais dissolvidos (TDS) (vide a Figura 3.3).



**Figura 3.3:** Análises locais dos parâmetros condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, temperatura, salinidade e sólidos totais dissolvidos.

Por fim, as amostras foram devidamente acondicionadas em uma caixa para posterior transporte até aos laboratórios da Faculdade de Engenharia Química, mantidas em um frigorífico a uma temperatura de cerca de 3°C. Este, constitui o local onde foram realizadas parte das análises. Outra parte das análises tiveram lugar no laboratório de Química da Faculdade de Ciências.

### **3.2. Análise dos parâmetros**

Durante as análises, foram avaliados os parâmetros relacionados à pH, condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, nitrogénio e fósforo totais, nitritos, nitratos, cor, turbidez, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos, coliformes totais, e para uma série de metais, sendo que, em todas as situações que as condições laboratoriais permitiam, a verificação dos parâmetros ocorreu em triplicata para alguns parâmetros. Isso permitiu uma maior confiabilidade nos resultados. A escassez de certos reagentes esteve na causa de não se ter seguido o mesmo exemplo em todos os experimentos.

Os parâmetros para análise foram escolhidos de acordo com a exigência do Ministério da Saúde, OMS e de acordo com a disponibilidade dos aparelhos/materiais nos Laboratórios, bem como pela disponibilidade de reagentes necessários para a realização das análises dos mesmos. Abaixo estão alistados os procedimentos.

Para este trabalho, a cor foi analisada pelo tradicional método colorimétrico com recurso a um espectrofotómetro da marca e modelo *HydroTest HT1000*.



**Figura 3.4:** *HydroTest HT1000*, instrumento com que se mediu a cor, cloretos, fluoretos, dureza, DQO e DBO.

Com o mesmo instrumento foram determinados os cloretos, fluoretos, dureza, DQO e DBO.

### 3.2.2. Turbidez

A turbidez foi medida com recurso ao *Turbidimeter 2100Q*.



**Figura 3.5:** *Turbidimeter 2100Q*, instrumento com que foi medida a turbidez.



oi previamente calibrado com uma amostra de água  
dade das leituras.

### 3.2.3. Potencial hidrogeniónica (pH)

Para o consumo humano a MISAU aconselha que o pH esteja na faixa de 6.5 a 8.5. O pH das amostras foram determinados de forma simples e directa, por meio de leituras feitas através de um pHmetro da marca *HI-2002 Edge pH Meter* devidamente calibrado. O procedimento constituiu em transferir uma quantidade suficiente da amostra para imersão dos eléctrodos do aparelho em um béquero de 250 ml.



**Figura 3.6:** HI-2002 Edge pH Meter, instrumento usado para a determinação de pH.

### 3.2.4. Condutividade eléctrica

A conductividade das amostras colhidas foram determinadas com recurso ao *multimeter HQ40d* (vide a *Figura 3.3*), sendo a unidade de medida é em milisiemens por centímetro (mS/cm). Porque é um multímetro, com o mesmo aparelho, determinou-se outros parâmetros, designadamente o oxigénio dissolvido, a temperatura, a salinidade e os sólidos totais dissolvidos.

A medida desse parâmetro foi obtida com recurso ao *Thermoreactor RD 125 | Digester Block . Lovibond*.

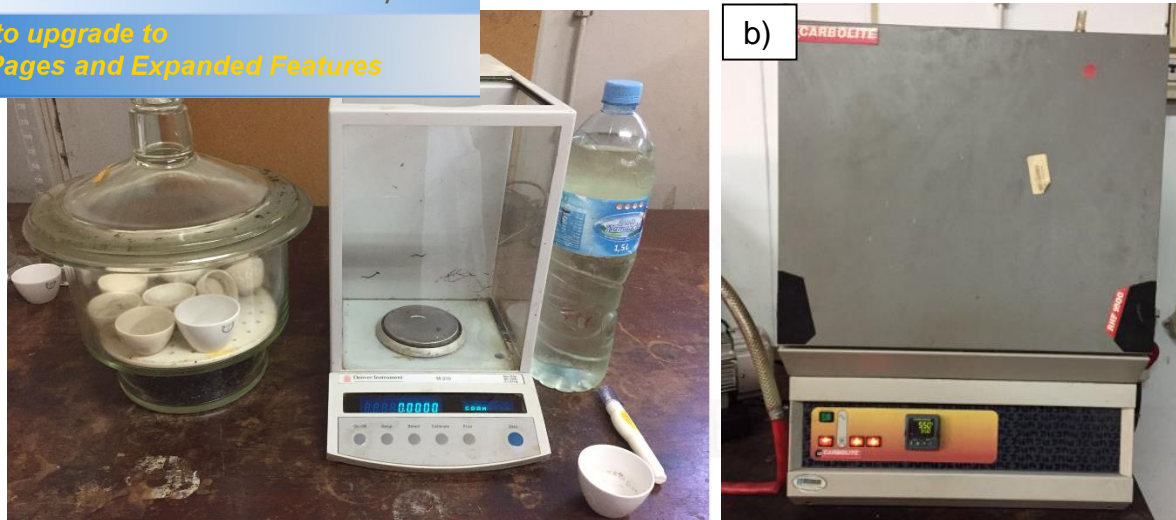


**Figura 3.7:** *Thermoreactor RD 125 | Digester Block . Lovibond*, instrumento usado para a determinação do nitrogénio total.

A escassez de reagentes não permitiu a determinação em triplicata deste parâmetro, tendo-se apenas feito um único ensaio e determinado em mg/L.

### 3.2.6. Matéria orgânica

Pesou-se os cadinhos vazios e registamos o valor que nos é dado em mg e de seguida adicionamos a água nos cadinhos e voltamos a pesar e registamos o valor que nos é dado em mg. De seguida, colocámos os cadinhos na incubadora por 3 horas a uma temperatura de 110 graus para que a água evapore (lembrar que os sólidos estão todos presentes) e disso resulta a restante dos sólidos totais. Retiramos da incubadora e voltamos a pesar. Novamente colocamos os cadinhos de volta na incubadora a uma temperatura de 550 graus por 6 horas para evaporar a matéria orgânica e levamos os cadinhos ao peso e o resultado final é o valor da matéria orgânica presente.



**Figura 3.8:** Balança analítica (a) e Incubadora (b) com que se determinou a matéria orgânica presente.

As técnicas analíticas utilizadas na determinação das variáveis físico-químicas no laboratório de Faculdade de Engenharia Química da Universidade Eduardo Mondlane seguiram a metodologia descrita no *Standard Methods for Examination Water and Wastewater*.

### 3.2.7. Metais pesados

Para a determinação dos metais pesados e evitar a contaminação da amostra, os materiais foram primeiramente lavados com água e detergente líquido e em seguida com água destilada e mergulhado numa solução de HCl (20% v/v) durante 48 horas. Posteriormente, os materiais foram mergulhados numa solução de HNO<sub>3</sub> (20% v/v) durante 48 horas e depois em água desionizada durante 48 horas e, por fim secados na estufa a 105°C.

Em seguida, as amostras foram acidificadas ( =1%, HNO<sub>3</sub>), usando uma solução de HNO<sub>3</sub> (65%), filtradas e depois transferidas para balões volumétricos de 50 ml. As amostras foram preparadas em triplicado

Os metais pesados analisados nas amostras das águas foram prata (Ag), zinco (Zn), níquel (Ni), manganês (Mn), magnésio (Mg), potássio (K), ferro (Fe), cobre (Cu), cádmio (Ca), cálcio (Ca), alumínio (Al), chumbo (Pb), molibdénio (Mo), mercúrio (Hg), cromo (Cr) e cobalto (Co).

As análises foram realizadas usando Espectrometria de Emissão Indutivamente Acoplada (ICP-OES), conhecido por ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*), uma das ferramentas mais populares utilizadas para a determinação de elementos e traços em diversos tipos de amostras. O ICP-OES apresenta como vantagem principal a realização de análises simultâneas e a possibilidade de seleccionar o comprimento de  $\lambda$  óptimo para cada elemento de qualquer tipo de amostra.

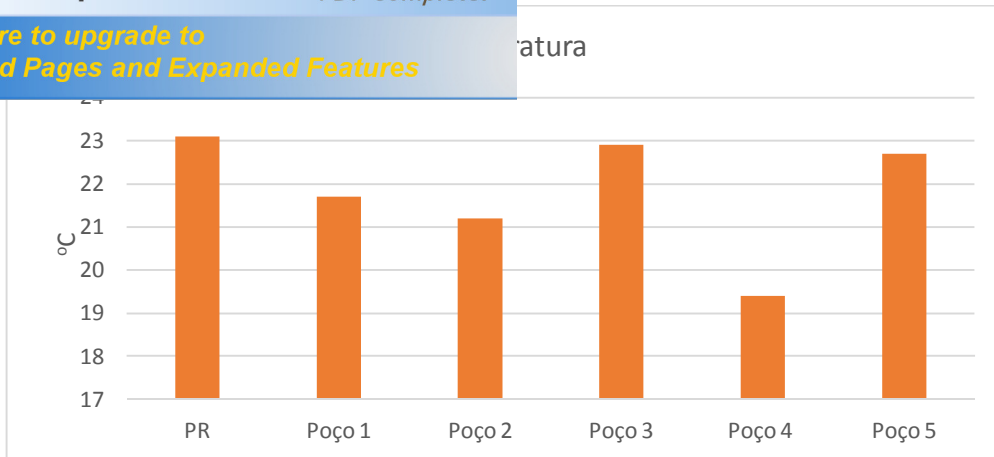
As soluções foram preparadas empregando-se as mesmas soluções de extracção, de modo a minimizar os efeitos da matriz aquando da determinação das variáveis de interesse. Em paralelo, para cada amostra foram realizadas análises do branco. Para a avaliação da exactidão, foi utilizada uma amostra de referência de metais pesados em água.

Os resultados da determinação dos parâmetros físicos e químicos descritos no capítulo anterior são apresentados abaixo. Estes foram obtidos por meios experimentais próprios e comparados com os valores considerados como sendo de referência, maioritariamente os estabelecidos pelo MISAU e apresentados na Tabela 2-3. Experimentalmente, sempre que as condições permitiam, foi determinado em triplicata os valores dos parâmetros e a media destes é que foram reportados nesse trabalho.

Em respectivas categorias, os resultados dos parâmetros de água nas proximidades da lixeira de Hulene são como apresentados nas páginas que seguem. Vale a pena ressaltar que o Diploma Ministerial não prevê valores para todos os parâmetros que o trabalho cobriu. Para estes casos, a referência usada foi a estabelecida pela Organização Mundial da Saúde.

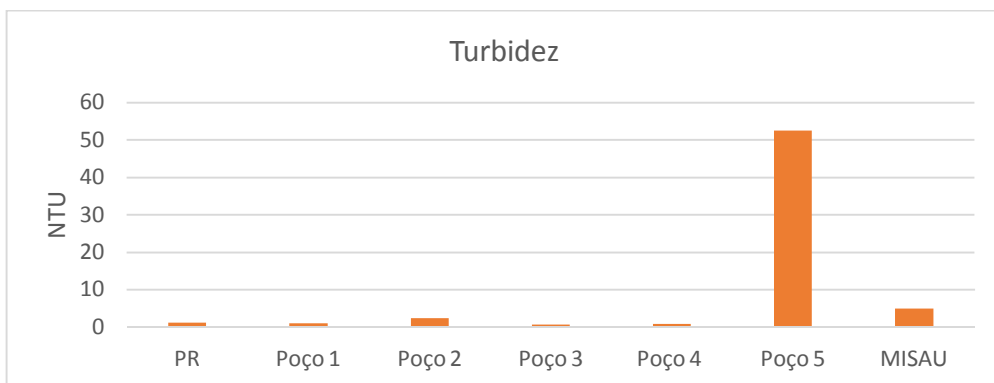
### **4.1. Análises Físicas da água**

Para as análises físicas da água, determinou-se os seguintes parâmetros: a turbidez, a cor, os sólidos totais dissolvidos, a condutividade e os sólidos totais e os resultados são graficamente apresentados nas Figuras 4.1 a 4.6.



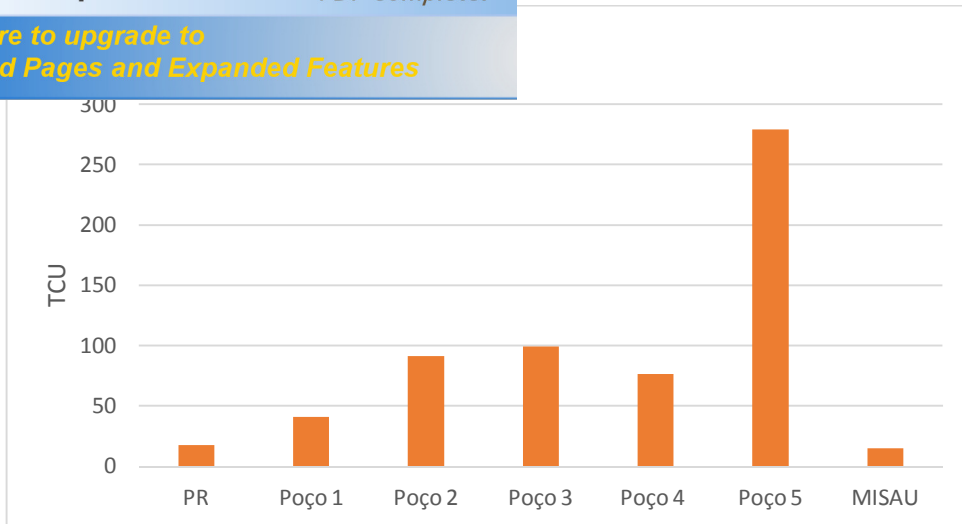
**Figura 4.1:** Resultados das análises de temperatura para os cinco poços amostrados

Em primeiro lugar, é visível o facto de que os poços conservam águas a praticamente condições normais de temperatura: de 19.4 a 23.1oC em todos os ensaios.



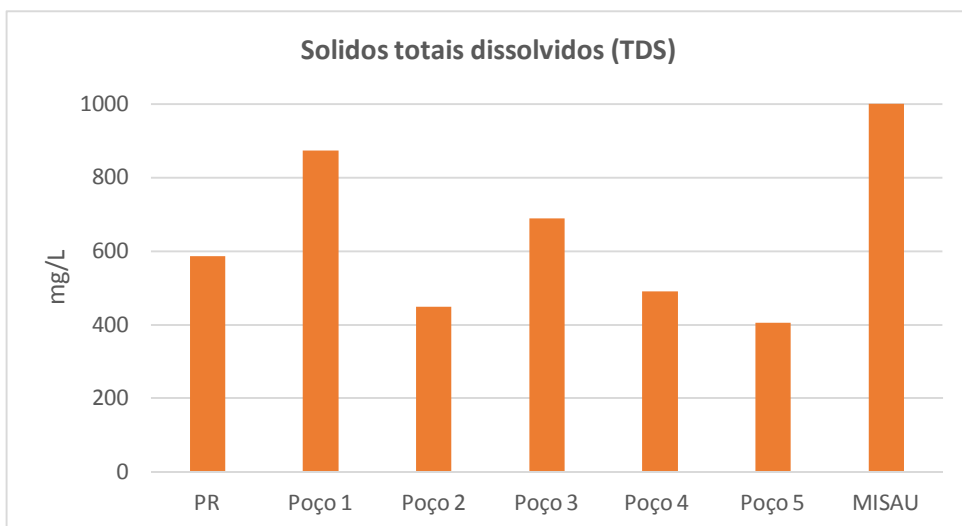
**Figura 4.2:** Resultados das análises de turbidez para os cinco poços amostrados

Com relação a turbidez apenas o poço 5 é que se distanciou do valor estabelecido (de 5 NTU), apresentando um valor pouco acima de dez vezes àquele máximo admissível, o que pode ser visualmente reforçada observando a Figura 3.2. Tal deriva das visíveis partículas em suspensão ou coloidais que são responsáveis pelo espalhamento da luz (vide a Figura 3.2). As demais amostras encontram-se dentro do valor indicado pela legislação, apresentando, ainda assim, uma variabilidade em valores numéricos da turbidez, de 0.72 a 2.4 NTU.



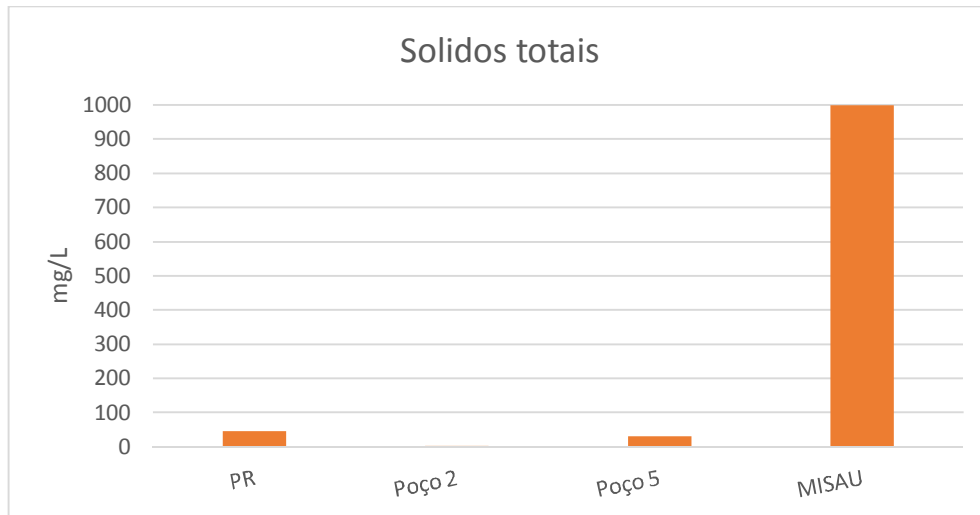
**Figura 4.3:** Resultados das análises de cor para os cinco poços amostrados para os cinco poços amostrados

De forma mais generalizada, deduz-se que, de acordo com a legislação em vigor e que estabelece os padrões de qualidade de água para o consumo humano no país, a cor é um parâmetro físico com amostras que não satisfazem aquele Diploma Ministerial. Para praticamente todos os poços, pode-se afirmar que apresentam coloração acima do estabelecido, sendo o poço 5 o que mais se destacou pela negativa. Tal sugere presença de substâncias dissolvidas (metais, plâncton, etc.).



**Figura 4.4:** Resultados das análises de TDS para os cinco poços amostrados para os cinco poços amostrados

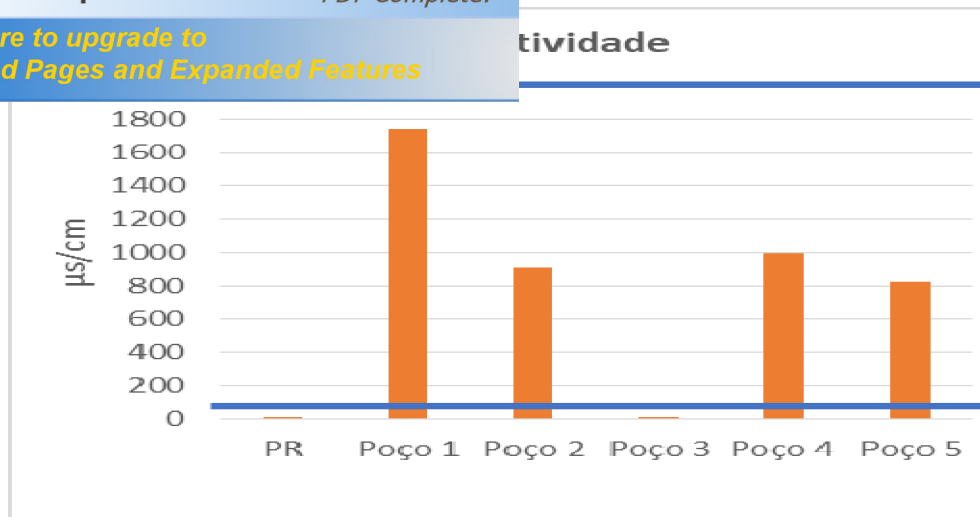
gor e que estabelece os padrões de qualidade de país, os sólidos totais dissolvidos é um parâmetro físico com amostras que satisfazem o Diploma Ministerial.



**Figura 4.5:** Resultados das análises de sólidos totais para os cinco poços amostrados

A Figura 4.4 também mostra que a análise dos demais parâmetros físicos considerados nesse trabalho encontra-se dentro do estabelecido, ainda que apresentando alguma variabilidade nos respectivos valores por poço amostrado, sendo que para os sólidos totais, tais valores encontram-se muito abaixo da legislação sugerindo uma considerável baixa salinização das mesmas. No caso específico dos sólidos totais, para os poços 1, 3 e 4, os valores medidos dos sais apresentara-se tão baixos que o instrumento de medição indicava que estava abaixo da faixa que o mesmo podia medir (underrange).





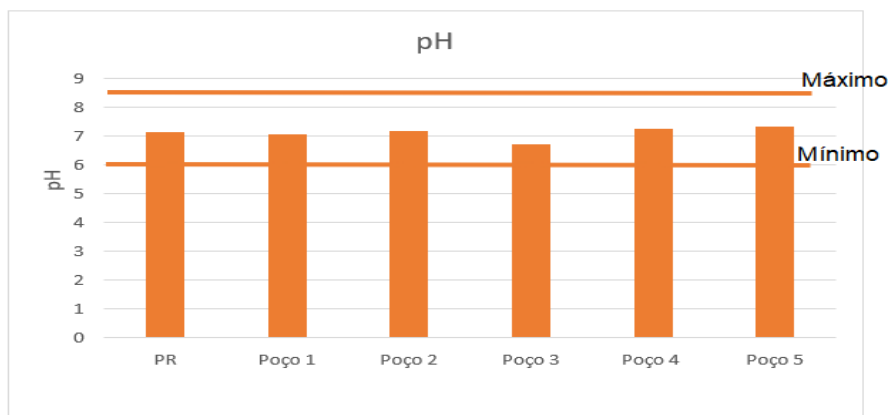
**Figura 4.6:** Resultados das análises de condutividade para os cinco poços amostrados

De acordo com a legislação em vigor e que estabelece os padrões de qualidade de água para o consumo humano no país, a condutividade eléctrica é um parâmetro físico com amostras que satisfazem o Diploma Ministerial. Isso deve se ao facto de, quanto maior a concentração iónica da solução, maior é a oportunidade para acção electrolítica e, portanto, maior a capacidade en conduzir corrente eléctrica.

## a água

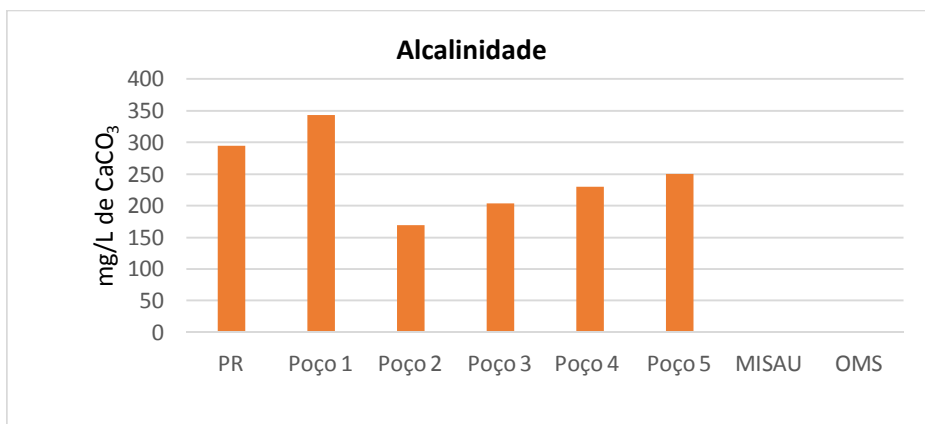
Os parâmetros pH, a Alcalinidade, o nitrogénio total, os nitratos, o oxigénio dissolvido, cloretos, dureza, DBO, DQO e análises de vários metais (maioritariamente pesados) foram determinados para o presente trabalho e são graficamente reportados na Figura 4.2.

Estes foram medidos visando caracterizar a qualidade da água e classifica-la em termos de grau de contaminação, seu conteúdo mineral e a eventual condição das mesmas poderem manter a vida aquática.



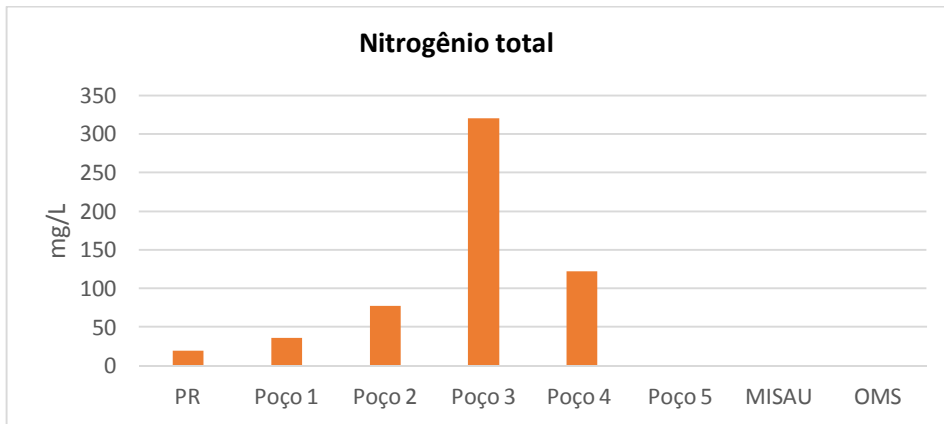
**Figura 4.7:** Resultados das análises de pH para os cinco poços amostrados

Os resultados da Figura 4.7 indicam um carácter praticamente neutro da água, em todos os poços amostrados, (vide a Figura 4.2a)) na medida em o pH das amostras são muito próximos a 7. Indica, principalmente, que os valores do pH se encontram dentro do intervalo recomendado pela MISAU, para todas as amostras.



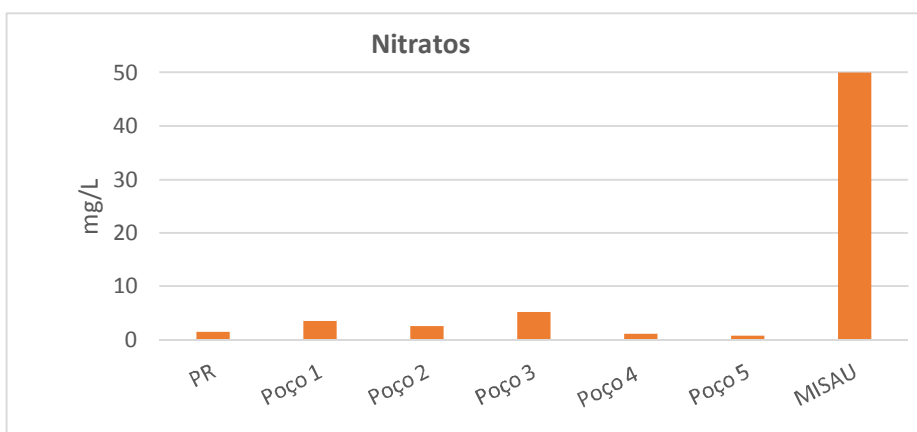
**Figura 4.8:** Resultados das análises de alcalinidade para os cinco poços amostrados

Quando os valores medidos, para todos os poços de CaCO<sub>3</sub>, sugere que as águas apresentam uma boa capacidade tampão. Isso significa que as águas contidas nesses poços serão mais resistentes às mudanças de pH se alguma substância com carácter ácido for nelas adicionadas. Segundo (Silva, et al., 2018), tal parâmetro está dentro do desejável pois estabelece que a maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.



**Figura 4.9:** Resultados das análises de nitrogênio total para os cinco poços amostrados

Com relação ao nitrogênio total, e tendo como referência aos valores em (MISAU: Diploma Ministerial n.2 180/2004, 2004) no tocante a referência deste parâmetro (considerada como a soma do nitrogênio amoniacal e orgânico, com valor cerca de 53 mg N/L), verifica-se que dos poços amostrados, os poços 3 e 4 apresentam valores acima do estabelecido (de 53 mg N/L). Tal situação demonstra-se de forma acentuada para o poço 3 onde o valor mostrou-se como sendo cerca de 6 vezes da referência adotada.



**Figura 4.10:** Resultados das análises de nitratos para os cinco poços amostrados

Observa-se um significativo distanciamento dos valores máximo permitido na positiva. Como verificado nos capítulos anteriores, a disposição inadequada dos esgotos domésticos é tipicamente acompanhada com alguma alteração desse parâmetro. Sucede que o nitrato, substância derivada do nitrogénio (obtidos a partir da oxidação da amónia pela acção de bactérias) pode atingir lençóis freáticos e disso resultar enfermidades diversas e outros danos ambientais. Mas os resultados da presente pesquisa sugerem que este não é o caso nos pontos amostrados.

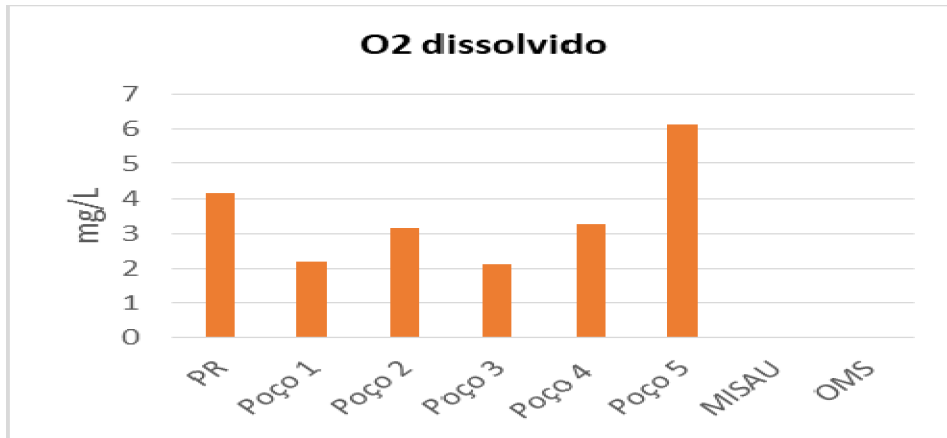
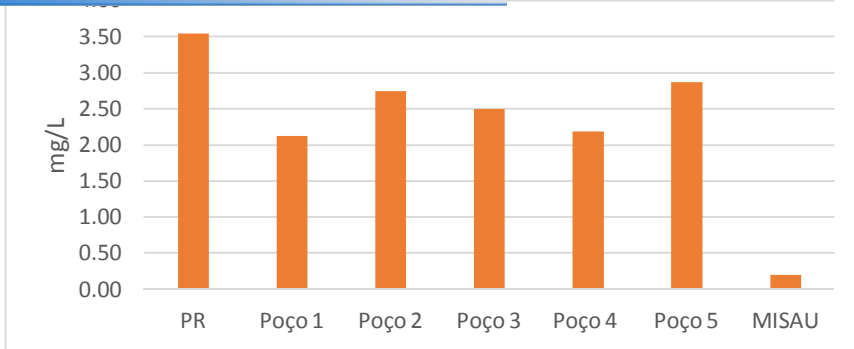


Figura 4.11: Resultados das análises de O<sub>2</sub> dissolvido para os cinco poços amostrados

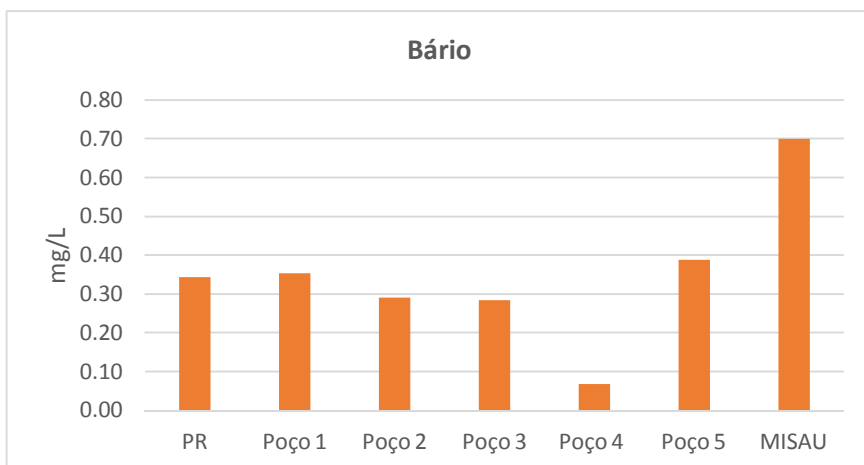
Sendo o nível de oxigénio dissolvido uma indicação directa da qualidade da água na medida em que as plantas produzem e os microorganismos consomem o oxigénio (ao se alimentarem de poluentes, por exemplo), para as amostras colhidas, esse parâmetro variou de 2.22 a 6.15 mg/L. O oxigénio dissolvido varia com a temperatura e pressão atmosférica, mas de forma geral rondam em torno de 5 mg/L segundo (Fluid Brasil, 2008). Portanto, pode-se afirmar que se pode dar o caso de haver alguma pequena actividade microbiana nos poços 1 e 3 derivado de algum poluente neles existentes assim como também se pode dar o caso destes estarem a temperaturas tais que não permitam considerável concentração do oxigénio ou ainda pode ser o caso de a profundidade destes ser tamanha que o contacto com o ar seja ineficiente.



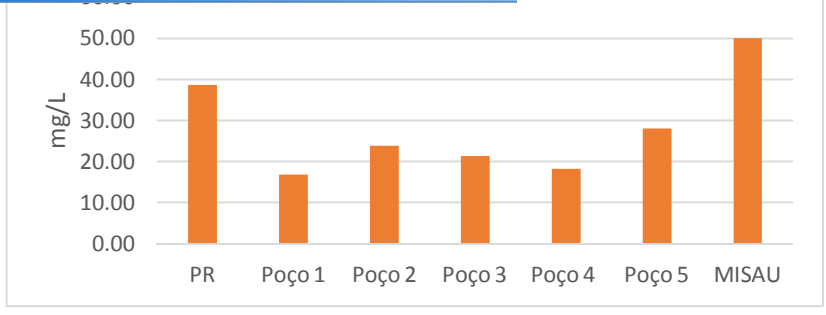
**Figura 4.12:** Resultados das análises de alumínio para os cinco poços amostrados



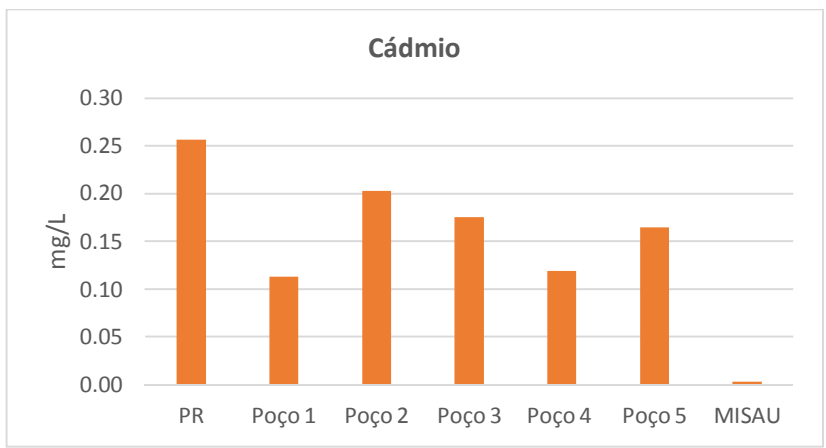
**Figura 4.13:** Resultados das análises de arsênio para os cinco poços amostrados



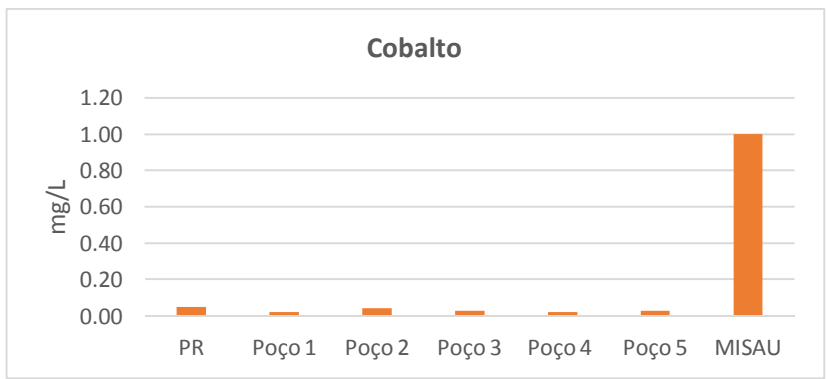
**Figura 4.14:** Resultados das análises de bário para os cinco poços amostrados



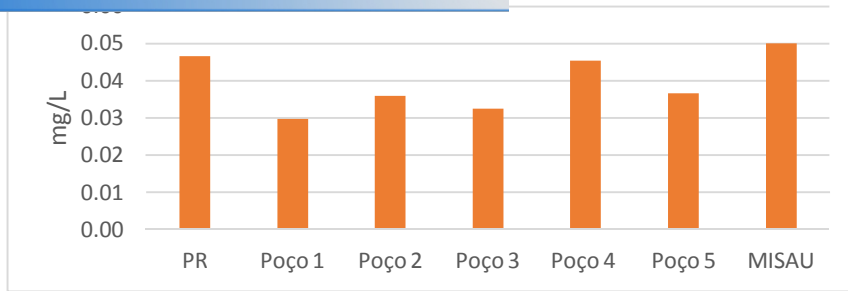
**Figura 4.15:** Resultados das análises de cálcio para os cinco poços amostrados



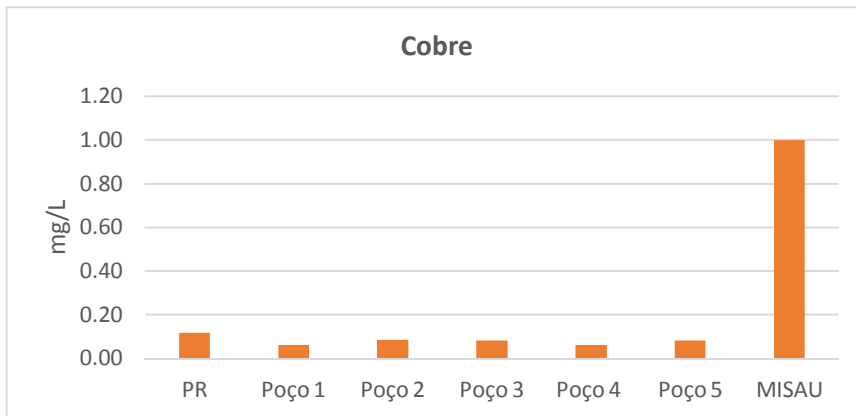
**Figura 4.16:** Resultados das análises de cádmio para os cinco poços amostrados



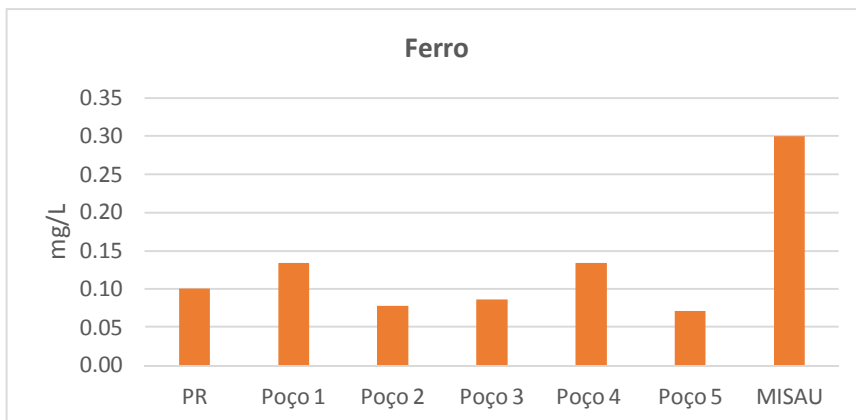
**Figura 4.17:** Resultados das análises de cobalto para os cinco poços amostrados



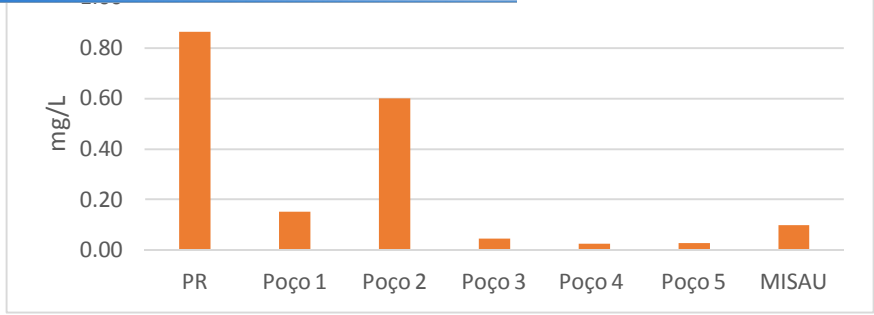
**Figura 4.18:** Resultados das análises de crómio para os cinco poços amostrados



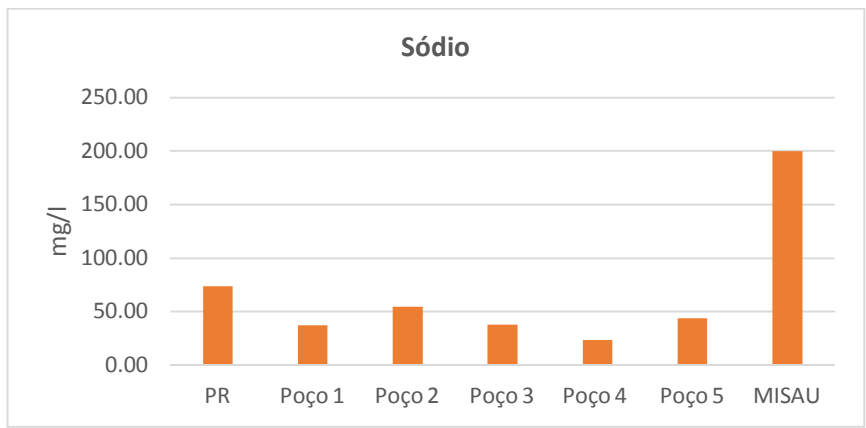
**Figura 4.19:** Resultados das análises de cobre para os cinco poços amostrados



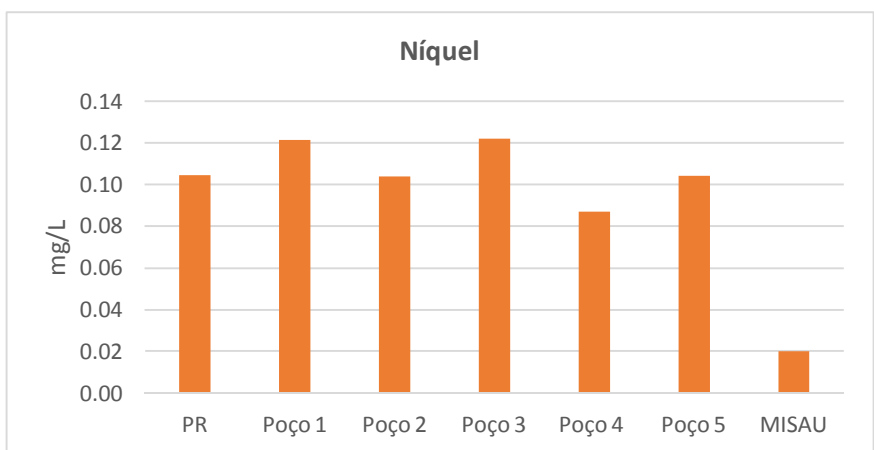
**Figura 4.20:** Resultados das análises de ferro para os cinco poços amostrados



**Figura 4.21:** Resultados das análises de manganês para os cinco poços amostrados



**Figura 4.22:** Resultados das análises de sódio para os cinco poços amostrados



**Figura 4.23:** Resultados das análises de níquel para os cinco poços amostrados



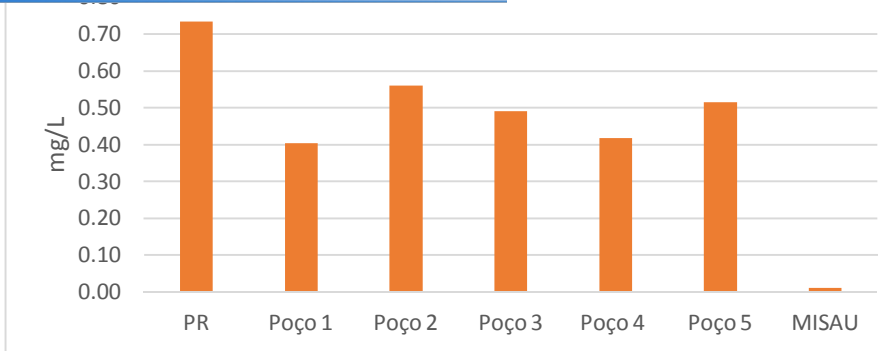


Figura 4.24: Resultados das análises de chumbo para os cinco poços amostrados

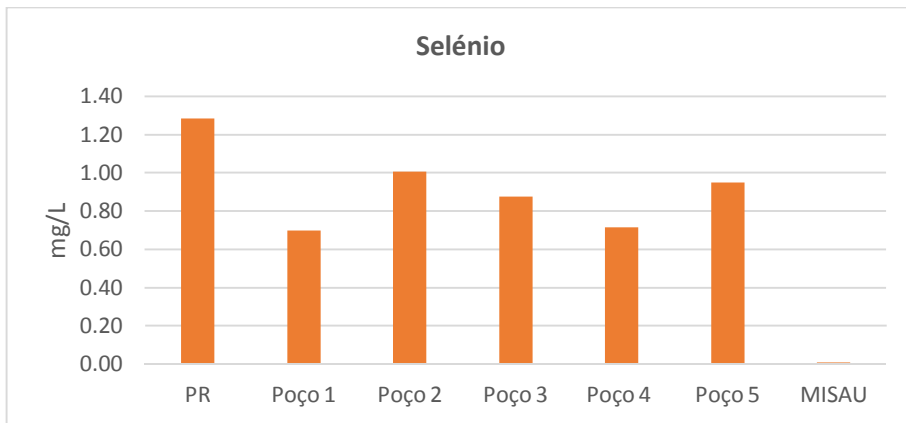


Figura 4.25: Resultados das análises de selênio para os cinco poços amostrados

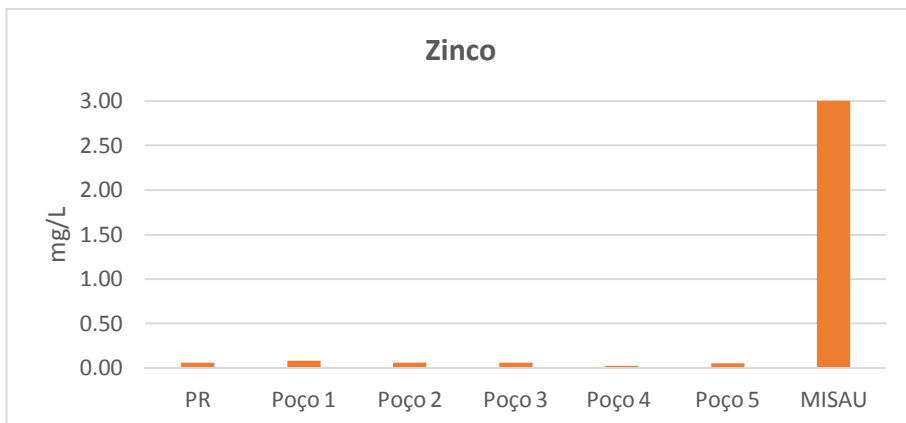


Figura 4.26: Resultados das análises de zinco para os cinco poços amostrados

u-se que aquelas águas possuem quantidades como alumínio, arsênio, cádmio, manganês (para parte das amostras), níquel, chumbo e selênio quando comparadas aos valores estabelecidos como máximo admissível.

Valores para os demais metais analisados (bário, cálcio, cobalto, cromo, cobre, ferro, sódio, zinco) apresentaram-se abaixo do admissível e, de forma muito significativa (muito abaixo do máximo admissível), para o caso do cobalto, do cobre e do zinco.

Valores de outros parâmetros químicos foram determinados e encontrados como estado abaixo do mínimo que o instrumento de medição poderia registrar e os mesmos são reportados na tabela abaixo (Tabela 4.1).

**Tabela 4-1:** Resultados de análises químicas cujas leituras se apresentaram abaixo do mínimo que o instrumento de medição pode registrar.

Poços	Cloretos (CL)	Dureza	DQO
PR	< 0.5	< 2	< 0.2
P1	< 0.5	< 2	< 0.2
P2	< 0.5	< 2	< 0.2
P3	< 0.5	< 2	< 0.2
P4	< 0.5	< 2	< 0.2
P5	< 0.5	< 2	< 0.2
MISAU	250	500	

### 5.1. Conclusões

No presente trabalho estudou-se 6 poços em volta da lixeira de Hulene, fez-se as respectivas caracterizações físico-químicas, comparou-se com os valores tidos como de referência e chegou-se às seguintes conclusões:

- ✚ Fisicamente, as águas, apresentam cor aparente acima do estabelecido como padrão pelo (MISAU: Diploma Ministerial n.2 180/2004, 2004), o que sugere presença nelas de matéria orgânica, plâncton ou metais (como se confirmou na análise do Manganês para parte das amostras).
- ✚ As demais características físicas analisadas (temperatura, sólidos totais dissolvidos e condutividade) mostraram-se dentro das exigências do diploma ministerial. Especificamente para a turbidez, verificou-se a existência de apenas um poço particular que, grandemente, se destacou na negativa (o poço 5) estando as demais dentro das exigências.
- ✚ Quimicamente, verificou-se a existência de muitos metais dissolvidos e que, segundo o (MISAU: Diploma Ministerial n.2 180/2004, 2004) e (WHO, 2022) representam um verdadeiro atentado à saúde humana. São eles o alumínio, o arsénio, o cádmio, o manganês, o níquel, o chumbo e o selénio. Os resultados da pesquisa são particularmente preocupantes dado significativo desvio dos valores medidos com aqueles padrões;
- ✚ As demais análises químicas que constituíram o escopo do presente trabalho mostraram-se como estando dentro daqueles de referência ainda que apresentando alguma variabilidade de poço para poço.
- ✚ Parâmetros como os cloretos, demanda química de oxigénio e dureza mostraram-se consideravelmente baixos em relação ao padrão.
- ✚ De forma combinada, os parâmetros (físicos e químicos) medidos nas condições do presente trabalho indicam que a água é imprópria para o consumo humano.



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Para os trabalhos futuros recomenda-se:

- ✚ Fazer-se análises em diferentes períodos ao longo do ano por forma a se ter ideia da variabilidade dos parâmetros em diferentes épocas do ano;
- ✚ Fazer-se o estudo dos parâmetros microbiológicos;
- ✚ Determinar o índice de qualidade da água em diferentes épocas do ano (aqui não determinado por não se ter determinado parâmetros como fósforo total e coliformes termotolerantes).

- Arenzon, A. (2004). *Ensaio Ecotoxicológico no Monitoramento da Qualidade de Águas Subterrâneas Potencialmente Impactadas*. Tese de Doutorado, Porto Alegre.
- Bhateria, R., & Jain, D. (2016). Water quality assessment of lake water: a review. *Sustain. Water Resour. Manag*, 2, 161. 173. doi:10.1007/s40899-015-0014-7
- Biguelini, C. P., & Gummy, M. P. (2012). *Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná*. Obtido de <https://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/article/view/8724#:~:text=Os%20resultados%20encontrados%20indicaram%2032,de%20n%C3%ADveis%20acima%20do%20permitido>.
- Butt, I., & Ghaffar, A. (2012). Ground water quality assessment. *Asian journal of social sciences & humanities*, 1(ISSN: 2186-8492), 13-22.
- Carmo, R. F., Bevilacqua, P. D., & Bastos, R. K. (2008). Drinking water quality surveillance: qualitative approach of hazard identification. *Eng. sanit. ambient.*, 1-9.
- Casali, C. A. (2008). *Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do rio grande do sul*. Dissertação de Mestrado, Rio Grande do Sul .
- Chambela, A. A. (2016). *Impacto e perspectivas na gestão de resíduos sólidos: caso de estudo município de maputo (moçambique)*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Chiure, A. (26 de 02 de 2018). *Governo vai criar lixeira provisória até a conclusão do aterro de Matlemele*. Obtido de O País: <https://opais.co.mz/governo-vai-criar-lixeira-provisoria-ate-a-conclusao-do-aterro-de-matlemele/>

ção da água subterrânea por resíduo sólido no  
e . MG. Belo Horizonte: Universidade Federal de  
Minas Gerais.

Devi, P. A., Padmavathy, P., Aanand, S., & Aruljothi, K. (2017). Review on water quality parameters in freshwater. *International Journal of Applied Research*, 114-120.

Feitosa, F. A., Filho, J. M., Feitosa, E. C., & Demitrio, J. G. (2008). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações* (3a ed.). Rio de Janeiro: CPRM: LABHID.

Fluid Brasil. (24 de November de 2008). *Portal tratamento de água*. Obtido de Parâmetros Analíticos: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/parametros-analiticos/>

Frazão, P., Peres, M. A., & Cury, J. A. (2011). Drinking water quality and fluoride concentration. *Rev Saúde Pública*(45), 1-8.

FUNASA. (2013). *Manual Prático de Análise de Água* (4ª ed.). Brasília: Brasil. Fundação Nacional de Saúde.

Gholizadeh, M. H., Melesse, A. M., & Reddi, L. (2016). A Comprehensive Review on Water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques. *Sensors*, 1-43. doi:10.3390/s16081298

Gorde, S. P., & Jadhav, M. V. (2013). Assessment of Water Quality Parameters: A Review. *Journal of Engineering Research and Applications*, 3(6), .2029-2035.

Katyal, D. (2011). Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*, 2(ISSN 0976 . 4402).


Kumar, C. P. (2012). Climate Change and Its Impact on Groundwater Resources. *International Journal of Engineering and Science*, 1(ISSN: 2278-4721), 43-60.

Langa, J. M. (2014). Gestão de resíduos sólidos urbanos em moçambique, responsabilidade de quem? *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 02, pp. 92-105.

- Libânio, M., Sperling, E. v., Bastos, R. K., Heller, L., & Borja, P. C. (2006). *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde.
- Lira, O. d. (2014). *Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS*. Brasília: Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde.
- Medri, W., Soeiro, J. d., Yotsumoto, A. S., Dalmas, J. C., & Nóbrega, M. M. (2012). Probabilistic sampling in the control of quality for human consumption. doi:10.5433/1679-0375.2012v33n1p49
- Miranda, L. A. (2007). *Abastecimento de Água: Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento*.
- MISAU. (2004). *Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano*. Maputo.
- MISAU: Diploma Ministerial n.2 180/2004. (2004). *Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano*.
- Mota, J. C., Almeida, M. M., Alencar, V. C., & Curi, W. F. (2009). *Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual*. I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo.
- Paulos, E. M. (2008). *Qualidade da água para consumo humano*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- SADC-GMI. (2019). *Análise de Lacuna e Plano de Acção. Relatório de Estudo: Moçambique*. África do Sul, Bloemfontein: SADC-GMI report.
- Sarda, P., & Sadgir, P. (2015). Assessment of Multi Parameters of Water Quality in Surface Water Bodies-A Review. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*(8), 331-336.

- d., Braz, A. S., Silva, R. d., & Filho, E. D. (2018).  
ua utilizada para o consumo nas escolas municipais  
da zona urbana de Esperança/PB. *Biota Amazônia*. doi:10.18561/2179-  
5746/biotaamazonia.v8n3p49-52
- Telles, D. D. (2012). *Ciclo ambiental da água da chuva à gestão*. Blucher.
- Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2020). A review of water quality index models  
and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 1-20.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
- WHO. (2022). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). Switzerland.
- Yisa, J., Jimoh, T. O., & Oyibo, O. M. (2012). Underground Water Assessment using  
Water Quality Index. *Leonardo Journal of Sciences*(ISSN 1583-0233 ), 33-42.
- Zabotto, A. R. (2019). *Estudos sobre impactos ambientais: Uma abordagem  
contemporânea*. FEPAF.





*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

# Apêndices

		Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 5	MISAU
condutividade ( s/cm)	1.184	1740	915	1.383	997	829	
O2 dissolvido	4.15	2.21	3.15	2.11	3.27	6.15	
Temperatura	23.1	21.7	21.2	22.9	19.4	22.7	
Sal (%)	0.58	0.88	0.45	0.69	0.49	0.41	0.00
TDS	587	873	449	688	491	406	1000
Turbidez NTU	1.39	1.09	2.13	0.78	0.43	55.9	55.9
	1.16	0.86	2.46	0.67	0.89	61.7	61.7
	1.1	0.91	2.56	0.7	1.27	40.2	40.2
	1.216666667	0.9533333	2.383333333	0.7166667	0.8633333	52.6	52.6
pH	7.15	7.02	7.19	6.99	7.23	7.33	7.33
	7.15	7.06	7.18	6.64	7.25	7.35	7.35
	7.16	7.08	7.16	6.57	7.3	7.37	7.37
	7.1533333333	7.0533333	7.176666667	6.7333333	7.26	7.35	7.35
Cobre	0.05	0.12	0.18	0.03	0.09	0.41	
Nitratos	1.5	3.6	2.6	5.2	1.2	0.8	50
Cromo	0.12	0.002	0.17	0.189	0.022	0.204	
Nitrogénio total	20	36	78	320	122	sem reagente	
Zinco	0.05	0.06	0.13	0.09	0.13	0.29	
Alcalinidade	295	343	169.2	203.8	229.7	250.6	
Cor	20	40	41	89	77	318	
	17	37	115	107	125	287	
	15	46	117	102	27	232	
	17.333333333	41	91	99.333333	76.333333	279	15
Solidos totais	45	underrange	2	underrange	underrange	30	1000

Al	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	3.5567	3.5467	3.5100	3.5378	0.0246	0.0610
Poço 1	P - 2	2.1200	2.0700	2.1800	2.1233	0.0551	0.1367
Poço 2	P - 3	2.7567	2.7733	2.7133	2.7478	0.0310	0.0769
Poço 3	P - 4	2.4633	2.5167	2.5000	2.4933	0.0273	0.0677
Poço 4	P - 5	2.2133	2.2100	2.1433	2.1889	0.0395	0.0980
Poço 5	PR	2.9000	2.8433	2.8567	2.8667	0.0296	0.0736
MISAU	0.2000						

As	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	1.3500	1.3533	1.3533	1.3522	0.0019	0.0048
Poço 1	P - 2	0.7740	0.7700	0.7770	0.7737	0.0035	0.0087
Poço 2	P - 3	1.0633	1.0633	1.0170	1.0479	0.0268	0.0664
Poço 3	P - 4	0.9340	0.9527	0.9367	0.9411	0.0101	0.0251
Poço 4	P - 5	0.7980	0.8043	0.7990	0.8004	0.0034	0.0085
Poço 5	PR	1.0933	1.0833	1.0733	1.0833	0.0100	0.0248
MISAU	0.0100						

Da	Amostra	A	B	C	Dados Estatísticos		
					Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.3063	0.3667	0.3573	0.3434	0.0325	0.0806
Poço 1	P - 2	0.3027	0.3787	0.3810	0.3541	0.0446	0.1106
Poço 2	P - 3	0.3193	0.2547	0.2993	0.2911	0.0331	0.0822
Poço 3	P - 4	0.2287	0.3040	0.3207	0.2844	0.0490	0.1217
Poço 4	P - 5	0.0672	0.0671	0.0676	0.0673	0.0002	0.0006
Poço 5	PR	0.3727	0.4463	0.3473	0.3888	0.0514	0.1277
MISAU	0.7000						

Ca	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	39.6667	38.9667	37.4333	38.6889	1.1423	2.8358
Poço 1	P - 2	16.8000	17.0333	16.9000	16.9111	0.1171	0.2906
Poço 2	P - 3	24.1667	24.1667	23.1667	23.8333	0.5774	1.4333
Poço 3	P - 4	21.1667	21.3667	21.4000	21.3111	0.1262	0.3133
Poço 4	P - 5	18.3000	18.2000	18.1000	18.2000	0.1000	0.2483
Poço 5	PR	28.7667	27.7333	27.9667	28.1556	0.5419	1.3454
MISAU	50.0000						

Cd	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.2583	0.2577	0.2530	0.2563	0.0029	0.0072
Poço 1	P - 2	0.1120	0.1137	0.1140	0.1132	0.0011	0.0027
Poço 2	P - 3	0.2047	0.2060	0.1990	0.2032	0.0037	0.0092
Poço 3	P - 4	0.1740	0.1760	0.1773	0.1758	0.0017	0.0042
Poço 4	P - 5	0.1197	0.1190	0.1183	0.1190	0.0007	0.0017
Poço 5	PR	0.1673	0.1640	0.1637	0.1650	0.0020	0.0050
MISAU	0.0030						

Cu	Amostra	A	B	C	Dados Estatísticos		
					Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.0504	0.0484	0.0468	0.0485	0.0018	0.0045
Poço 1	P - 2	0.0219	0.0217	0.0214	0.0217	0.0003	0.0007
Poço 2	P - 3	0.0442	0.0440	0.0422	0.0435	0.0011	0.0027
Poço 3	P - 4	0.0289	0.0287	0.0287	0.0288	0.0001	0.0003
Poço 4	P - 5	0.0205	0.0207	0.0199	0.0204	0.0004	0.0010
Poço 5	PR	0.0307	0.0295	0.0299	0.0301	0.0006	0.0016
MISAU	1.0000						

Cr	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.0474	0.0457	0.0468	0.0466	0.0009	0.0021
Poço 1	P - 2	0.0314	0.0300	0.0277	0.0297	0.0019	0.0046
Poço 2	P - 3	0.0360	0.0362	0.0356	0.0359	0.0003	0.0007
Poço 3	P - 4	0.0322	0.0325	0.0331	0.0326	0.0005	0.0012
Poço 4	P - 5	0.0284	0.0709	0.0367	0.0453	0.0226	0.0560
Poço 5	PR	0.0378	0.0361	0.0360	0.0367	0.0010	0.0025
MISAU	0.0500						

Cu	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.1210	0.1167	0.1147	0.1174	0.0032	0.0080
Poço 1	P - 2	0.0649	0.0646	0.0629	0.0641	0.0010	0.0026
Poço 2	P - 3	0.0882	0.0877	0.0858	0.0873	0.0013	0.0031
Poço 3	P - 4	0.0830	0.0822	0.0818	0.0823	0.0006	0.0015
Poço 4	P - 5	0.0641	0.0657	0.0631	0.0643	0.0013	0.0033
Poço 5	PR	0.0839	0.0831	0.0839	0.0837	0.0005	0.0011
MISAU	1.0000						

Fe	Amostra	A	B	C	Dados Estatísticos		
					Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.1010	0.1153	0.0852	0.1005	0.0151	0.0374
Poço 1	P - 2	0.1170	0.1483	0.1363	0.1339	0.0158	0.0392
Poço 2	P - 3	0.0831	0.0572	0.0930	0.0777	0.0185	0.0459
Poço 3	P - 4	0.0690	0.0905	0.0999	0.0865	0.0159	0.0394
Poço 4	P - 5	0.0627	0.2190	0.1203	0.1340	0.0790	0.1962
Poço 5	PR	0.0626	0.1090	0.0436	0.0717	0.0336	0.0835
MISAU	0.3000						

Mn	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.8767	0.8700	0.8443	0.8637	0.0171	0.0424
Poço 1	P - 2	0.1493	0.1533	0.1547	0.1524	0.0028	0.0069
Poço 2	P - 3	0.6097	0.6033	0.5867	0.5999	0.0119	0.0295
Poço 3	P - 4	0.0449	0.0456	0.0462	0.0456	0.0007	0.0017
Poço 4	P - 5	0.0234	0.0256	0.0243	0.0244	0.0011	0.0027
Poço 5	PR	0.0274	0.0273	0.0271	0.0273	0.0002	0.0005
MISAU	0.1000						

Na	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	74.7333	73.9667	72.1333	73.6111	1.3360	3.3167
Poço 1	P - 2	37.2000	37.4333	37.5000	37.3778	0.1575	0.3911
Poço 2	P - 3	54.8000	54.4000	54.9667	54.7222	0.2912	0.7230
Poço 3	P - 4	38.2000	37.7333	38.2333	38.0556	0.2795	0.6940
Poço 4	P - 5	23.6000	23.6667	23.5333	23.6000	0.0667	0.1655
Poço 5	PR	44.3667	42.9667	44.0000	43.7778	0.7260	1.8023
MISAU	200.0000						

NI	Amostra	A	B	ng/L	Dados Estatísticos		
				C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.1067	0.1036	0.1030	0.1044	0.0020	0.0049
Poço 1	P - 2	0.1237	0.1193	0.1210	0.1213	0.0022	0.0054
Poço 2	P - 3	0.1047	0.1040	0.1027	0.1038	0.0010	0.0025
Poço 3	P - 4	0.1220	0.1207	0.1233	0.1220	0.0013	0.0033
Poço 4	P - 5	0.0811	0.0969	0.0833	0.0871	0.0086	0.0213
Poço 5	PR	0.1050	0.1014	0.1067	0.1043	0.0027	0.0067
MISAU	0.0200						

Pb	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.7510	0.7370	0.7157	0.7346	0.0178	0.0442
Poço 1	P - 2	0.4113	0.4050	0.3943	0.4036	0.0086	0.0213
Poço 2	P - 3	0.5667	0.5673	0.5497	0.5612	0.0100	0.0249
Poço 3	P - 4	0.4920	0.4913	0.4917	0.4917	0.0003	0.0008
Poço 4	P - 5	0.3797	0.4947	0.3770	0.4171	0.0672	0.1668
Poço 5	PR	0.5213	0.5097	0.5143	0.5151	0.0059	0.0146
MISAU	0.0100						

Se	Amostra	Replicas [C] mg/L			Dados Estatísticos		
		A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	1.3000	1.2833	1.2667	1.2833	0.0167	0.0414
Poço 1	P - 2	0.6933	0.7027	0.6940	0.6967	0.0052	0.0129
Poço 2	P - 3	1.0163	1.0267	0.9777	1.0069	0.0258	0.0641
Poço 3	P - 4	0.8620	0.8793	0.8873	0.8762	0.0130	0.0321
Poço 4	P - 5	0.7100	0.7200	0.7140	0.7147	0.0050	0.0125
Poço 5	PR	0.9610	0.9450	0.9420	0.9493	0.0102	0.0254
MISAU	0.0100						

Sr	Replicas [C] mg/L				Dados Estatísticos		
	Amostra	A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.4020	0.4060	0.4010	0.4030	0.0026	0.0066
Poço 1	P - 2	0.1670	0.1730	0.1740	0.1713	0.0038	0.0094
Poço 2	P - 3	0.3463	0.3470	0.3410	0.3448	0.0033	0.0082
Poço 3	P - 4	0.2200	0.2247	0.2253	0.2233	0.0029	0.0072
Poço 4	P - 5	0.2160	0.2167	0.2170	0.2166	0.0005	0.0013
Poço 5	PR	0.3187	0.3147	0.3117	0.3150	0.0035	0.0087
MISAU							

Zn	Replicas [C] mg/L				Dados Estatísticos		
	Amostra	A	B	C	Media [C] mg/L	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
PR	P - 1	0.0641	0.0562	0.0591	0.0598	0.0040	0.0099
Poço 1	P - 2	0.0767	0.0914	0.0757	0.0813	0.0088	0.0218
Poço 2	P - 3	0.0566	0.0609	0.0651	0.0609	0.0042	0.0105
Poço 3	P - 4	0.0594	0.0618	0.0627	0.0613	0.0017	0.0043
Poço 4	P - 5	0.0294	0.0271	0.0309	0.0291	0.0019	0.0048
Poço 5	PR	0.0510	0.0581	0.0572	0.0554	0.0039	0.0096
MISAU	3.0000						