



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
ENGENHARIA HIDRAULICA AGRICOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA
ÁGUA SUBTERRÂNEA USADA PARA O CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO
DE CHÓKWÈ-PROVÍNCIA DE GAZA.**

Trabalho de culminação do curso apresentado como requisito para obtenção do grau de
Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

Autor: Sancho Owen Eduardo

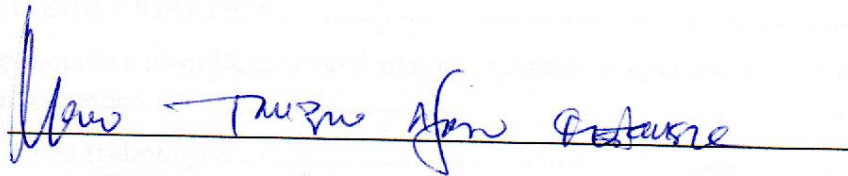
Tutor: Dr. Mário Tauzene Afonso Matangue, Ph.D.

Lionde, Maio de 2024

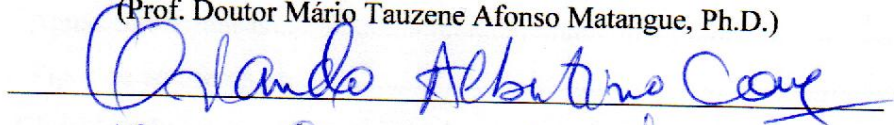


INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

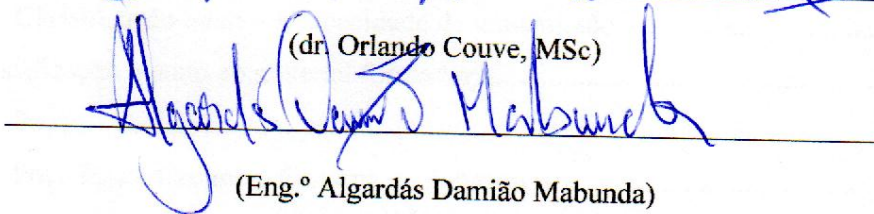
Monografia de investigação científica sobre Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água subterrânea usada para o consumo humano no município de chókhwè-província de gaza, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para o início de actividades de investigação no âmbito do Trabalho de Culminação do Curso em forma de Monografia em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.



(Prof. Doutor Mário Tauzene Afonso Matangue, Ph.D.)



(dr Orlando Couve, MSc)



(Eng.º Algardás Damião Mabunda)

Lionde, Maio de 2024

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	X
DECLARAÇÃO	XI
DEDICATÓRIA	XII
AGRADECIMENTOS	XIII
RESUMO.....	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objectivos.....	2
1.1.1. Geral:	2
1.1.2. Específicos:	2
1.2. Problema de Estudo.....	3
1.3. Justificativa.....	3
1.4. Pergunta de Pesquisa.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Mapeamento e identificação das fontes de captação de água usadas para o abastecimento público	5
2.1.1. Ciclo Hidrológico.....	5
2.1.2. Águas Subterrâneas.....	6
2.1.3. Tipos de aquíferos.....	6
2.1.3.1. Classificação quanto a capacidade de transmissão.....	6
2.1.3.2. Classificação quanto ao material formador.....	7
2.1.3.3. Poços Tubulares.....	8
2.1.3.4. Poço Raso, Cacimba, Cisterna ou Amazonas:.....	9
2.2. Análise dos Parâmetros Físico-químico e Microbiológicos.....	10
2.2.1. Parâmetros Físicos	11
2.2.2. Parâmetros Químicos	11
2.2.3. Parâmetros Microbiológicas	13
2.3. Determinação do Processos e Faces Hidroquímicas nas Águas Colectadas	15
2.3.1. Hidroquímica das Águas Subterrâneas	15

2.3.2.	Classificação das Águas Subterrâneas	15
2.3.3.	Faces hidroquímicas.....	16
2.3.4.	Diagrama de Piper.....	16
2.3.5.	Diagrama de Stiff.....	18
2.4.	Comparação dos Parâmetros Determinados com os Padrões de Potabilidade Vigentes	19
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1.	Descrição da Área de Estudo	20
3.1.2.	Clima.....	21
3.1.3.	Água Subterrânea.....	21
3.2.	Matérias	21
3.3.	Procedimento de Campo	21
3.3.1.	Período e Local de Amostragem	21
3.3.2.	Pontos de Amostragem	22
3.3.3.	Amostragem e Acondicionamento das Amostras	22
3.4.	Identificação e Mapeamento das Fontes de Captação de Água usadas para o Abastecimento Público.....	24
3.5.	Determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicas das Amostras no laboratório	25
3.6.	Determinação dos processos e faces hidroquímicas nas águas coletadas.....	27
3.7.	Comparação dos Parâmetros Determinados com os Padrões de Potabilidade Vigentes....	27
3.7.1.	Análise de Dados	27
4.	RESULTADOS.....	30
4.1.	Parâmetros físico-químicos da água subterrânea e superficial.....	30
4.2.	Parâmetros físico-químicos e microbiológicas da água nos pontos de coleta.....	30
4.2.1.	Turvação.....	30
4.2.2.	TDS.....	32
4.2.3.	CE	33
4.2.4.	Alcalinidade.....	34
4.2.5.	pH	35
4.2.6.	Dureza total.....	36
4.2.7.	Cloretos.....	37

4.2.8. Oxigénio Dissolvido	38
4.2.9. Ferro.....	39
4.2.10. Nitratos	40
4.2.11. Coliformes totais.....	41
4.3. Análise paramétrica temporal.....	42
4.3.1. Turbidez.....	43
4.3.2. Alcalinidade.....	43
4.3.3. pH	44
4.3.4. Dureza total.....	45
4.3.5. Sólidos totais dissolvido	45
4.3.6. C.elétrica.....	46
4.3.7. Cloretos.....	47
4.3.8. Coliforme totais	47
4.4. Classificação hidroquímica	48
5. DISCUSSÃO	50
5.1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicas das amostras da água bruta	50
5.1.1. Turbidez.....	50
5.1.2. Sólidos Totais Dissolvidos	50
5.1.3. C.Electrica	51
5.1.4. Alcalinidade.....	52
5.1.5. pH	52
5.1.6. Dureza total.....	53
5.1.7. Cloretos.....	54
5.1.8. OD	55
5.1.9. Ferro.....	55
5.1.10. Nitratos	56
5.1.11. Coliformes totais.....	56
5.2. Análise paramétrica temporal.....	57
5.2.1. Turbidez.....	57
5.2.2. Alcalinidade.....	57
5.2.3. pH	58

5.2.4. Dureza total.....	58
5.2.5. TDS.....	59
5.2.6. C.elétrica.....	59
5.2.7. Cloretos.....	59
5.2.8. Coliforme totais	60
5.3. Classificação hidroquímica	60
6. CONCLUSÃO	62
7. RECOMENDAÇÕES	63
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
9. Apêndices & Anexos	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Valores limites e recomendadas dos parâmetros físico-químico e microbiológica referentes à qualidade da água para o consumo domestico.	19
Tabela 2: Parâmetros e métodos usados para as análises das amostras	25
Tabela 3: Resultados do cálculo de balanço iônico das amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em (meq/L).	30
Tabela 4: Resultados de Turvação para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em NTU. .	31
Tabela 5: Resultados de TDS para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l.....	32
Tabela 6: Resultados de CE para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em $\mu\text{s}/\text{cm}$	33
Tabela 7: Resultados de alcalinidade para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/134	
Tabela 8: Resultados de pH para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè.....	35
Tabela 9: Resultados de Dureza total para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/136	
Tabela 10: Resultados de Cloretos para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l...	37
Tabela 11: Resultados de OD para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l	38
Tabela 12: Resultados de Fe para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l	39
Tabela 13: Resultados de Nitratos para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l ...	40
Tabela 14: Resultados de Coliformes totais para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em Ufc/100	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo Hidrológico	5
Figura 2: Esquema de aquíferos.....	7
Figura 3: Ilustração dos tipos de aquíferos classificados segundo a formação geológica	8
Figura 4: Ilustração dos tipos de poços.....	9
Figura 5: Diagrama de Pipper.	17
Figura 6: Diagrama de Stiff.	18
Figura 7: Mapa do posto Administrativo de Chókwè.....	20
Figura 8: Colecta de amostras de água dos furos.....	23
Figura 9: Mapa dos Pontos de Colecta de Amostras, Google Earth.	24
Figura 10: Mapa de pontos de coleta de amostras dos furos, Google Earth.	25
Figura 11: Diagrama ilustrativo da Turvação da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	31
Figura 12: Diagrama ilustrativo da TDS da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	33
Figura 13: Diagrama ilustrativo da C.Electrica da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	34
Figura 14: Diagrama ilustrativo da Alcalinidade da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.....	35
Figura 15: Diagrama ilustrativo da pH da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	36
Figura 16: Diagrama ilustrativo da Dureza total da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	37
Figura 17: Diagrama ilustrativo da Cloretos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	38
Figura 18: Diagrama ilustrativo da OD da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	39
Figura 19: Diagrama ilustrativo da Ferro da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	40
Figura 20: Diagrama ilustrativo da Nitratos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	41

Figura 21: Diagrama ilustrativo da Coliformes fecais da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	42
Figura 22: Evolução temporal da turbidez da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	43
Figura 23: Evolução temporal da alcalinidade da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	44
Figura 24: Evolução temporal do pH da água em diferentes pontos de amostragem dos furos. ..	44
Figura 25: Evolução temporal do Dureza total da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	45
Figura 26: Evolução temporal do TDS da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	46
Figura 27: Evolução temporal do C.electrica da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	46
Figura 28: Evolução temporal do Cloretos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.	47
Figura 29: Evolução temporal do Cloretos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos	48
Figura 30: Diagrama de Piper relativo as amostras de águas da cidade de chókwe.	48
Figura 31: Diagrama de Stiff relativo as amostras de águas da cidade de chókwe.	49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

BI	Balanço Iônico
CE	Condutividade Elétrica
INNOQ	Instituto Nacional de Normalização Qualidade
MAE	Ministerio da Administração Estatal
ml	Mililitros
mm	Milímetro
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial hidrogeniônico
TDS	Sólidos Totais Dissolvidos
°C	Graus Celcius
%	Porcentagem
m ³	Metros cúbicos
meq/L	Mequivalente por litro
µS/cm	Microsimetros por centímetros
mg/l	Miligramas por litro
NO ₃ ⁻	Nitrato
NH ₄	Amoníaco
SO ₄ ²⁻	Ião Sulfato
Ca ²⁺	Iao Cálcio
Cl ⁻	Iao Cloro
Mg ²⁺	Iao Magnésio



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 09 de Maio de 2024

Sancho Owen Eduardo

(Sancho Owen Eduardo)

DEDICATÓRIA

Á Deus, que desde a infância me ajudou a superar os meus medos e a atingir os meus objetivos.
Aos meus pais, Eduardo Paliche Guiamba e Joaquina Eugénio Bata, pela confiança, apoio e ensinamentos que me tornaram no indivíduo que sou hoje.

Aos meus irmãos, Argílio, Bilton, Kelly, Mauro, Noemia e Yolanda, pela educação minuciosa, cautelosa, paciente e encorajamento durante todo o meu percurso académico.

AGRADECIMENTOS

Ao soberano Deus pelo dom da vida, saúde, força e pela sua infinita bondade ao me permitir mais uma conquista na vida, dando-me forças e esperança nos momentos mais difíceis dessa caminhada.

Expressar minha inteira gratidão ao meu supervisor Mário Tauzene Afonso Matangue (PhD), por sua especial atenção e contribuições científicas e técnicas desde a formulação do tema até a realização deste trabalho. Às pessoas que, mesmo não sendo meus supervisores, prestaram seu apoio e atenção para a realização deste trabalho, muito obrigado. A todo corpo docente do ISPG, em particular ao do curso de Engenharia Hidráulica, pelos conhecimentos transmitidos durante a minha formação.

Aos colegas, Válter Vidigal, Simião Celeste, Lucas Fungai Dzindua, Olerdete dos Santos, António Nhanala, Antonio Langa, Juvêncio, Nasma Hibraimo, Agnercio Sambo, Nicolau Jó, vai o meu muito obrigado pela amizade proporcionada e pela partilha de conhecimento durante o período de formação.

Aos meus amigos, Chenila Armando, Neyma Nhampossa, Yuna Nhampossa, Menildo Custodio, Milenildo Custodio, Elton Aizeque, Télia Alexandre, Raquel Nhamussua, João Paulo, Sebastião Manuel, Carlos Mutchiua, Júlio Tsutsu, Joel Adolfo, Marcos Mek, Agy Bata, Yunisse Da Sónia Ricardo, Sebastião Maculava, Jacinto João, o meu muito obrigado por estarem sempre comigo, me alegrando e por me motivarem.

RESUMO

A água é uma necessidade primordial para a vida, meio natural indispensável ao ser humano e aos demais seres vivos, além de ser suporte essencial aos ecossistemas. Actualmente a maioria da população do distrito de Chókwè é abastecida pelas águas dos furos e poços, em que alguns são construídos nas proximidades de fontes de contaminação tais como: fossas impermeáveis, drenos na proximidade das fontes de captação, o crescimento populacional associado a falta de incumprimento das normas de ordenamento territorial tem resultado na ocupação de espaços protegidos e próximos às fontes de captação, condições de saneamento básico, o possível uso de fertilizantes e agrotóxicos, bem como a irrigação podem provocar o problema de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea. O Crescimento de atividades industriais, comércio, oficinas espalhadas pelo município, os resíduos destas atividades podem colocar em causa a qualidade da água, a gestão de resíduos sólidos no município de Chókwè já é em si um risco para qualidade de água, o que coloca em causa a qualidade de água destas fontes. Por tanto o objectivo principal deste trabalho, foi de avaliar a qualidade físico-químicos e microbiológicas da água subterrânea usada para o consumo humano no município de Chókwè província de Gaza, no sentido de transmitir a tendência da contaminação dos furos, utilizados para a distribuição da água para o consumo e a obrigação do monitoramento. Para se alcançar o objectivo, foram avaliados 6 furos, com 5 réplicas para cada ponto de amostragem, nomeadamente, P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Todos os parâmetros foram analisados de Maio à Julho no laboratório provincial de higiene de água e alimentos na província de Gaza. Para comparar a qualidade da água no sentido de determinar a qualidade das água dos furos, foram feitas as análises conjuntas dos dados que determinam a qualidade da água e as interpretações dos dados hidroquímicos, foram analisados os seguintes parâmetros, Coliformes totais, Coliformes fecais, Turbidez, OD, pH, CE, TDS, Ca^{2+} , Na^{2-} , NO_3^- , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , Dureza total, Fe e Temperatura. Na interpretação das análises, foram usados os diagramas trilineares de Piper e para fazer a classificação iônica da água foi usado o de Stiff. Em termos médios, as qualidades da água dos furos estão com resultados acima dos padrões máximos admissíveis para o consumo humano recomendado pelas normas INNOQ e pelo regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 setembro.

Palavras-chaves: Qualidade de água, Água subterrânea, Fontes de captação, Hidroquímica.

ABSTRACT

Water is a primordial need for life, an essential natural environment for humans and other living beings, in addition to being essential support for ecosystems. Currently, the majority of the population in the Chókwè district is supplied by water from boreholes and wells, some of which are built close to sources of contamination such as: impermeable septic tanks, drains close to catchment sources, population growth associated with a lack of Failure to comply with territorial planning standards has resulted in the occupation of protected spaces close to water sources, basic sanitation conditions, the possible use of fertilizers and pesticides, as well as irrigation can cause the problem of salinization or increase the leaching of contaminants to underground water. The growth of industrial activities, commerce, workshops spread across the municipality, waste from these activities can jeopardize water quality, solid waste management in the municipality of Chókwè is in itself a risk to water quality, which puts affects the water quality of these sources. Therefore, the main objective of this work was to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of groundwater used for human consumption in the municipality of Chókwè province of Gaza, in order to transmit the tendency of contamination of boreholes, used for the distribution of water for consumption and monitoring obligations. To achieve the objective, 6 boreholes were evaluated, with 5 replicas for each sampling point, namely P1, P2, P3, P4, P5 and P6. All parameters were analyzed from May to July at the provincial food and water hygiene laboratory in Gaza province. To compare water quality in order to determine the quality of borehole water, joint analyzes of the data that determine water quality and interpretations of hydrochemical data were carried out. The following parameters were analyzed: Total Coliforms, Fecal Coliforms, Turbidity, pH, EC, TDS OD pH, CE, TDS, Ca^{2+} , Na^{2-} , NO^{3-} , Mg^{2+} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , NH_3 Total hardness, Fe and Temperature. In interpreting the analyses, Piper's trilinear diagrams were used and Stiff's was used to carry out the ionic classification of water. On average, the quality of the water from the boreholes is above the maximum permissible standards for human consumption recommended by INNOQ standards and by the water regulation for human consumption n° 180/2004 of 15 September.

Keywords: Water quality, Groundwater, Collection sources, Hydrochemistry.

1. INTRODUÇÃO

A água é uma necessidade primordial para a vida, meio natural indispensável ao ser humano e aos demais seres vivos, além de ser suporte essencial aos ecossistemas. É utilizada para o consumo humano e para outras atividades sócio econômicas, e é retirada de rios, lagos, represas e aquíferos, tendo efeito direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o crescimento das populações (Bandeira *et al.*, 2018).

No semiárido de Chókwè a água para consumo humano é escassa devido as suas características físicas, químicas e climatológicas que assolam nesta região. É importante salientar que mais de 2/3 deste território ocorrem águas salobras (MAE, 2005). Por isso nasce uma grande procura deste bem precioso para o consumo humano, que acaba culminando com abertura de furos e poços sem nenhuma avaliação físico-químicos e microbiológicas.

Actualmente a maioria da população do Distrito de Chókwè é abastecida pelas águas dos furos e poços, em que alguns são construídos nas proximidades de fontes de contaminação tais como: fossas impermeáveis, drenos na proximidade das fontes de captação, o crescimento populacional associado a falta de incumprimento das normas de ordenamento territorial tem resultado na ocupação de espaços protegidos e próximos às fontes de captação, condições de saneamento básico, o possível uso de fertilizantes e agrotóxicos, bem como a irrigação podem provocar o problema de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea. O Crescimento de atividades industriais, comércio, oficinas espalhadas pelo município, os resíduos destas atividades podem colocar em causa a qualidade da água, a gestão de resíduos sólidos no Município de Chókwè é um risco para qualidade de água, o que coloca em causa a qualidade de água destas fontes.

Daí, nasce a necessidade de fazer-se um estudo da qualidade físico-químico e microbiológicas das águas para o consumo humano explorada através dos poços e furos no Município de Chókwè, porquê com este estudo irá permitir com que sejam mapeados todos furos e poços poluídos, propor soluções técnicas para minimizar os riscos de contaminação das águas subterrâneas com possíveis recomendações para solucionar os problemas, garantido melhor gestão e proteção dos recursos subterrâneos. As águas de fonte subterrâneas foram tradicionalmente consideradas como sendo uma das principais fontes de abastecimento por

apresentarem boas qualidades físicas-químicas e microbiológicas, estando aptas para o consumo humano, muitas vezes sem tratamento prévio (Pinheiro, 2020). Portanto, com o crescimento desordenado associado à má utilização deste recurso vem sendo acompanhado do aumento de poços construídos, sem levar em conta critérios técnicos adequados que permitam condições qualitativas básicas de potabilidade.

Desta forma, este trabalho visa avaliar a qualidade físico-químicos e microbiológicas da água subterrânea para o consumo humano, por motivo de entrar em contacto com o meio físico e antropogénico carregando consigo minerais constituinte destes meios. É importante que se saiba da qualidade da água subterrânea que se abastece no Município de Chókwè porque a água é o solvente mais abastado, com a capacidade de integrar imensas porções de substâncias ao meter-se em contato com os minerais integrantes dos solos e rochas nos quais circunda.

A área de estudo é caracterizada por litologia argilosa de rochas sedimentares (fanerozoicas), neste sentido, o trabalho objetiva avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das águas dos furos utilizada para o abastecimento publico no município de Chókwè (MAE, 2005).

1.1. Objectivos

1.1.1. Geral:

- Avaliar a qualidade físico-químicos e microbiológicas da água subterrânea usada para o consumo humano no município de Chókwè-província de Gaza.

1.1.2. Específicos:

- Mapear e identificar as fontes de captação de água usadas para o abastecimento público;
- Determinar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicas das amostras no laboratório;
- Determinar processos e faces hidroquímicas nas águas coletadas;
- Comparar os parâmetros determinados com os padrões de potabilidade vigentes.

1.2. Problema de Estudo

Actualmente a maioria da população do distrito de Chókwè é abastecida pelas águas dos furos e poços, em que alguns são construídos nas proximidades de fontes de contaminação tais como: fossas impermeáveis, drenos na proximidade das fontes de captação, o crescimento populacional associado a falta de incumprimento das normas de ordenamento territorial tem resultado na ocupação de espaços protegidos e próximos às fontes de captação, condições de saneamento básico, o possível uso de fertilizantes e agrotóxicos, bem como a irrigação podem provocar o problema de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea. O crescimento de atividades industriais, comércio, oficinas espalhadas pelo município, os resíduos destas atividades podem colocar em causa a qualidade da água, a gestão de resíduos sólidos no município de Chókwè já é em si um risco para qualidade de água, o que coloca em causa a qualidade de água destas fontes.

Segundo (Ministério das Obras Publicas, 2019), algumas cidades de Moçambique já tiveram problemas de contaminação de água subterrânea, que incluem Maputo, Nampula e Beira. Essas cidades apresentam problemas como poluição agrícola, contaminação com gás metano e contaminação bacteriológica devido a deficiências na infraestrutura. Ainda mais, num estudo realizado especificamente no parque industrial da Matola onde tem se verificado a contaminação de diversas fontes de água superficial e subterrânea pelos descartes de inadequação praticados pelas indústrias como a Mozal, responsável por descartar águas residuais que acabam por contaminar as fontes de água (Domingos Pedro Panguêia, 2010).

1.3. Justificativa

Águas subterrâneas devem ser protegidas e cuidadas porque são elas que iram-se buscar no caso de insuficiência de água de qualidade nas fontes superficiais para o consumo humano, as águas subterrâneas que abastecem o município de Chókwè devem ser estudadas porque refletem uma possível contaminação devido o desordenamento territorial, oficinas espalhadas pelo município, resíduos sólidos espalhados pelo município, podem comprometer a qualidade físico-química de água subterrânea para consumo humano. Daí, nasce a necessidade de fazer-se um estudo da qualidade físico-químicas e microbiológicas da água para o consumo humano explorada através

dos poços e furos no município de Chókwè, porquê com este estudo irá permitir com que sejam mapeados todos furos e poços poluídos, propor soluções técnicas para minimizar os riscos de contaminação das águas subterrâneas com possíveis recomendações para solucionar os problemas, garantido melhor gestão e proteção dos recursos subterrâneos.

1.4. Pergunta de Pesquisa

Será que a qualidade físicos, químicos e microbiológicas das águas dos furos e poços consumida no município de Chókwè é de boa qualidade para o consumo humano?

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Mapeamento e identificação das fontes de captação de água usadas para o abastecimento público

2.1.1. Ciclo Hidrológico

Ciclo hidrológico é o fenômeno de atualização da água no planeta em forma de precipitação, composto por um conjunto de transformações de estado físico da água e translações de massa, governados pela ação da gravidade, energia solar e dinâmica das massas de ar, os quais se encontram ilustrados esquematicamente (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Existem seis processos básicos no ciclo hidrológico: evaporação, precipitação, infiltração, transpiração, escoamentos superficial e subterrâneo. Os mecanismos que regem o ciclo hidrológico são concomitantes (Goese, 2021).

Segundo (Goese, 2021), distingue-se duas zonas na água que infiltra no solo, nomeadamente: zona saturada e não saturada.

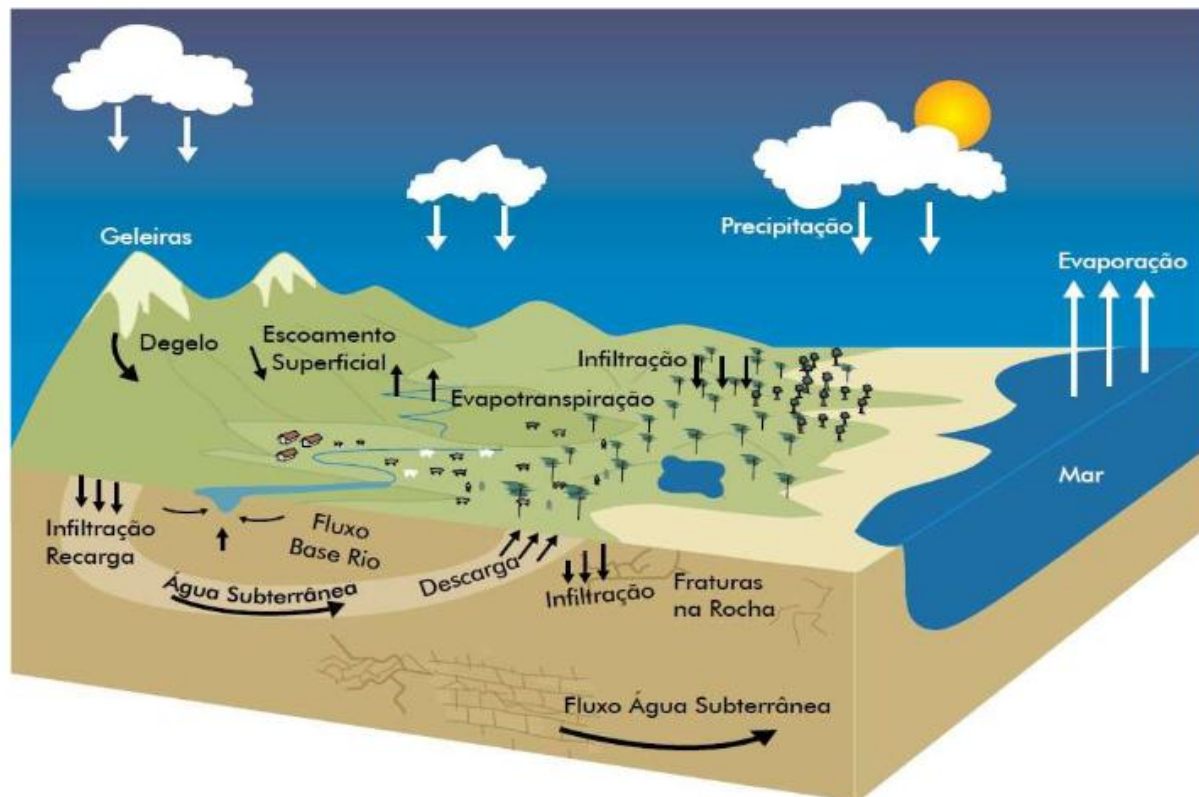


Figura 1: Ciclo Hidrológico

Fonte: (Goese, 2021)

2.1.2. Águas Subterrâneas

Água subterrânea é todo fluido encontrado de baixo da superfície da terra, seja preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e é essencial na conservação da humidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos, as águas subterrâneas formam uma fase do ciclo hidrológico (Goese, 2021).

2.1.3. Tipos de aquíferos

2.1.3.1. Classificação quanto a capacidade de transmissão

Segundo, *Feitosa et al., 2008*, os aquíferos podem ser classificados de acordo com a pressão das águas em suas superfícies limítrofes, bem como em função da sua capacidade de transmissão de água conforme ilustra a *Erro! A origem da referência não foi encontrada.*

➤ Aquífero confinado

O aquífero confinado, ou sob pressão, é o aquífero no qual a pressão da água no topo é maior que a pressão atmosférica. Subdivide-se em dois tipos: aquífero confinado não drenante e confinado drenante. Aquífero confinado não drenante é um aquífero cujas camadas limítrofes, superior e inferior, são impermeáveis. Nestes casos, o nível da água subterrânea fica acima da base da camada confinante superior, sendo que esta superfície pode estar abaixo ou acima do nível do solo. Caso a superfície esteja acima do solo, o poço tubular perfurado recebe o nome de jorrante ou surgente. Um aquífero confinado drenante é aquele no qual uma das camadas limítrofes é semipermeável, o que permite a entrada ou a saída de fluxos pelo topo ou pela base a partir de drenagem ascendente ou descendente (Feitosa et al., 2008).

➤ Aquífero livre

Aquífero livre, conhecido também como freático ou não confinado, é aquele cujo limite superior é uma superfície freática, onde os poros se encontram apenas sob pressão atmosférica. Os aquíferos livres podem atuar como área de recarga em aquíferos confinados, pois a infiltração de água da chuva gera excessos de água nos mesmos. Assim como os aquíferos confinados, os aquíferos livres também podem ser classificados como drenantes, quando possuem base semipermeável, ou não drenantes, quando possuem base impermeável (Feitosa et al., 2008).

➤ **Aquífero suspenso**

Aquífero suspenso é um caso especial de aquífero livre que se forma sobre uma camada impermeável ou semipermeável que possui extensão limitada e situa-se entre uma zona freática regional e o nível do terreno. Dessa forma, estes aquíferos podem existir em caráter temporário, à medida que a água dos poros é drenada para um freático adjacente (Feitosa et al., 2008).

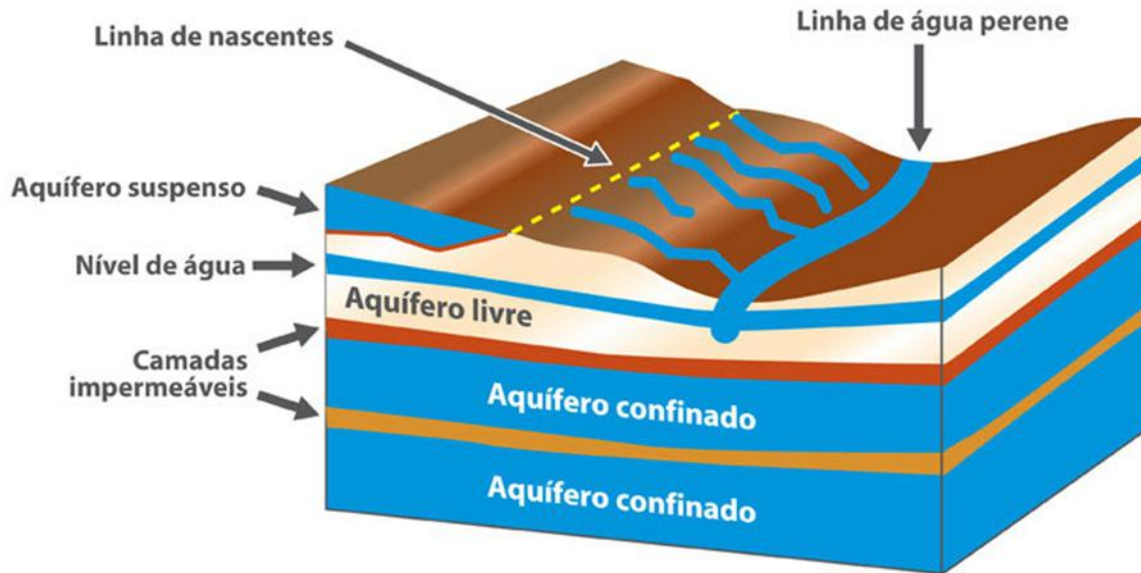


Figura 2: Esquema de aquíferos

Fonte: (Feitosa et al., 2008)

2.1.3.2. Classificação quanto ao material formador

Os tipos básicos de aquíferos (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**) de acordo com a formação rochosa na qual está contido, de acordo com Capucci *et al.* (2001) e MMA (2007), são:

➤ **Aquíferos granulares ou porosos**

São aqueles em que a água está armazenada e brota nos espaços entre os grãos em sedimentos e rochas sedimentares de estrutura granular. Exemplo: arenitos e aluviões (Goese, 2021), conforme ilustrado na figura 3a.

- **Aquíferos fissurais** São aqueles nos quais a água está presente nas fraturas e fendas das rochas cristalinas relativamente impermeáveis (ígneas e metamórficas). Exemplo: granitos, gnaisses e diabásios (Goese, 2021), conforme ilustrada na figura 3b.
- **Aquíferos cársticos ou cavernosos**

São os aquíferos formados em rochas carbonáticas, nos quais as fraturas ou cavidades são produzidas através da dissolução do Carbono pela água. Exemplo: Calcário e mármore (Goese, 2021), conforme ilustra a figura 3c.

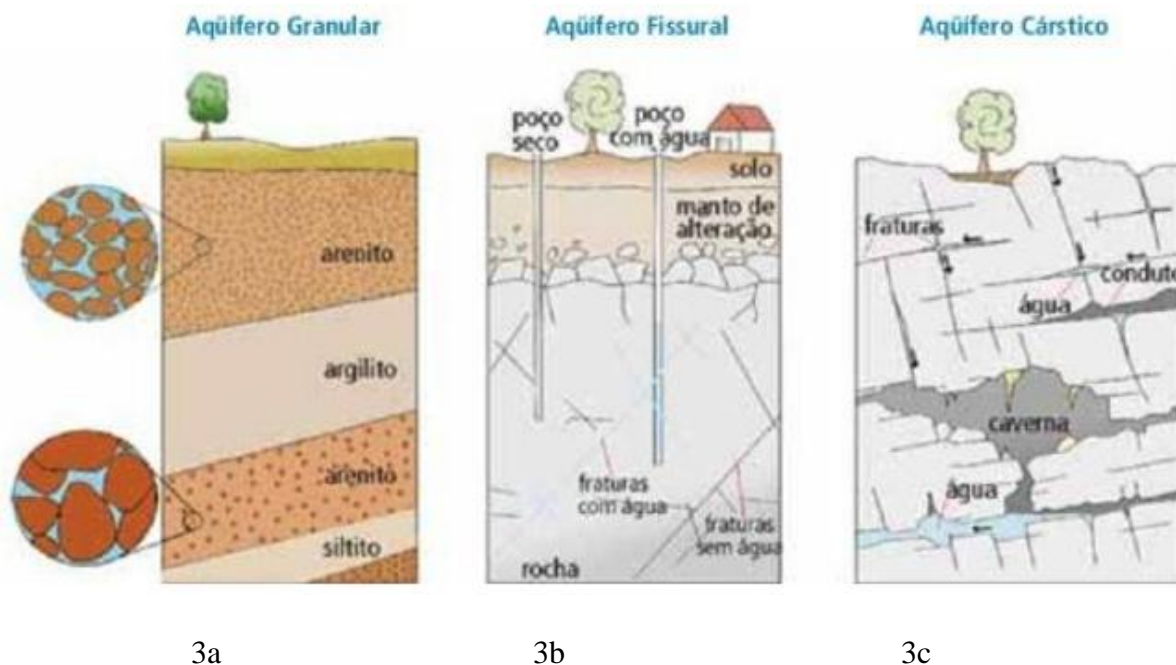


Figura 3: Ilustração dos tipos de aquíferos classificados segundo a formação geológica

Fonte: (Betim, 2013)

2.1.3.3. Poços Tubulares

Conhecido popularmente como (poço artesianos ou poço profundo), um poço tubular é aquele oriundo de perfuração vertical, redonda, revestida ou não com material em ferro, aço, ou

policloreto de vinila (PVC), em forma de tubos e filtros, para captar água subterrânea de aquífero existente na crosta terrestre (Pinheiro, 2020).

2.1.3.4. Poço Raso, Cacimba, Cisterna ou Amazonas:

Estes poços, muitas vezes erguidos artesanalmente, representam soluções acessíveis para comunidades em áreas rurais. A cacimba, poço raso, cisterna ou poço Amazonas são construídos manualmente, proporcionando uma fonte de água local sem a necessidade de licenciamento governamental. Essas estruturas tradicionais desempenham um papel vital em regiões onde a simplicidade e a autonomia na captação de água são essenciais (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). (Goese, 2021)

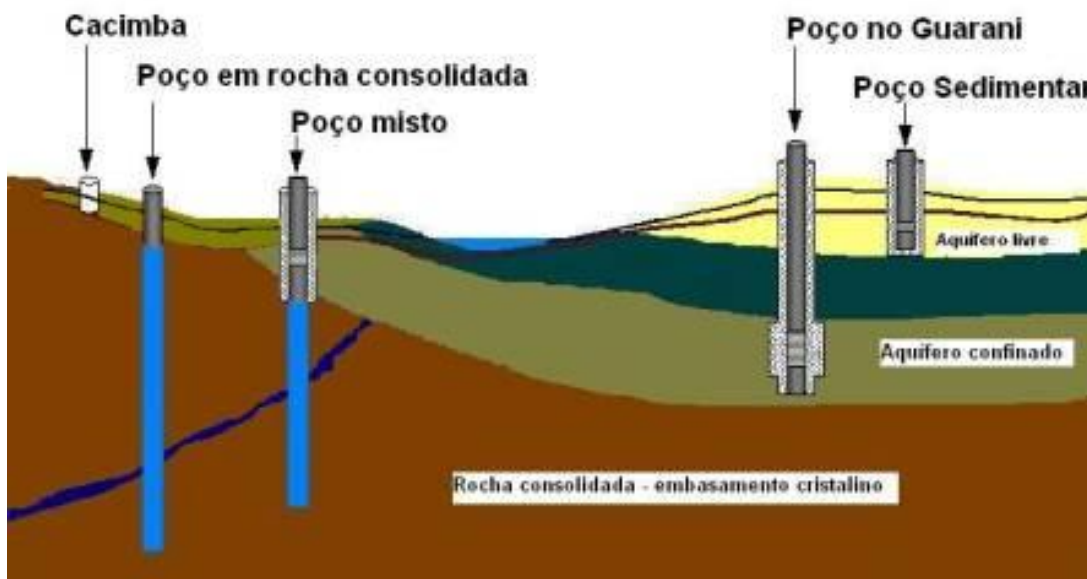


Figura 4: Ilustração dos tipos de poços

Fonte: (Goese, 2021)

2.1.3.5. Contaminação das águas subterrâneas

A contaminação é a presença de concentrações elevadas de substâncias na água, isto é, concentrações que estão acima do nível base estabelecido. Por sua vez, a poluição é a introdução pelo Homem, directa ou indirectamente, de substâncias no meio aquático, resultando em efeitos nocivos que prejudiquem os seres vivos e representam um perigo para a saúde humana. A poluição das águas subterrâneas é geralmente difícil de detectar. Na maioria das vezes, a contaminação só é descoberta no momento em que substâncias nocivas aparecem nos

reservatórios de água potável, quando a poluição já se espalhou sobre uma grande área (CAPUCCI *et al*, 2001).

Segundo (CAPUCCI *et al*, 2001) a água subterrânea poluída só pode ser descontaminada por intermédio de processos caros e demorados através de sofisticadas tecnologias. Nos piores casos, o abandono completo da sua utilização durante muito tempo é a melhor solução. Estes factos são cada vez mais reconhecidos pela comunidade internacional, pelo que a ciência e a tecnologia se encontram cada vez mais empenhadas em ajudar, de forma a evitar os efeitos mais nocivos. Os preciosos recursos de água subterrânea precisam, cada vez mais, de ser protegidos e bem geridos, de forma a permitir a sua utilização sustentável a longo prazo. Das mais variadas fontes de contaminação das águas subterrâneas destacam-se as operações mineiras, fossas mal construídas, a sobre-exploração dos aquíferos costeiros, as lixeiras a céu aberto, os aterros sanitários de construção defeituosa, os esgotos subterrâneos, a injeção e armazenamento de resíduos perigosos no subsolo, efluentes urbanos e industriais, os adubos, fertilizantes e pesticidas usados intensivamente nas actividades agrícolas, a deposição de dejectos animais resultantes das actividades agropecuárias.

É de salientar que em Moçambique desde a independência em 1975 até ao ano 2011, não existia nenhuma lei que regulasse as actividades de pesquisa e captação de águas subterrâneas, este facto também contribuiu para a gestão inadequada dos recursos subterrâneos por parte das populações locais. Mesmo com a regulamentação das águas subterrâneas, o país ainda tem pela frente muito trabalho, desde a inventariação dos poços e furos e a sensibilização da população (ABOO, 2013).

2.2. Análise dos Parâmetros Físico-químico e Microbiológicos

A determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas subterrâneas é essencial para estimar a sua forma de aproveitação, particularmente para que não ofereçam risco à saúde. A modificação da qualidade das águas subterrâneas em uma área é fortemente manipulada por processos naturais, como as formações geológicas, mas também podem sofrer grande influência de actividades antropogénicas ((MISAU, 2004). Portanto é necessário monitorar a qualidade da água da potabilidade para abastecimento humano.

2.2.1. Parâmetros Físicos

➤ Condutividade Elétrica (CE)

Condutividade elétrica é a medida da facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica e está ligada diretamente com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons (Lima, 2020).

➤ Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Representa a concentração de todo material dissolvido na água, seja ou não volátil. É definido pelo peso total dos constituintes minerais presentes na água por unidade de volume. O valor de sólidos totais dissolvidos (STD) comumente varia de 50 a 1000 mg/L nas águas doces e nos mares em volta de 35000 mg/L podendo atingir até 300000 mg/L em salmouras (Ramos, 2022).

➤ Temperatura

Em relação à qualidade das águas subterrâneas, a temperatura é fundamental por apressar as reações químicas e reduzir a solubilidade dos gases, bem como acentuar o sabor e odor das águas naturais (ABREHA, 2014).

2.2.2. Parâmetros Químicos

➤ Nitrogénio Total

É um nutriente, quando presente na em altas quantidades provoca a eutrofização, de acordo com (Von Sperling, 2014), a determinação a forma predominante do nitrogénio (nitrato, nitrogénio, amoniacal e nitrito), vão indicar o estágio de poluição de um curso de água, se é recente ou não, de forma orgânica ou inorgânica, ou ainda se é remota.

➤ Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou solução, fiscalizado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. É essencialmente uma função da alcalinidade da água e do gás carbônico diluído. Varia de 1 a 14, com 7 como valor neutro, ácido com valores inferiores a 7 e básico ou alcalino com valores superiores a 7 (Goese, 2021).

➤ **Dureza**

A dureza é definida com a potência de consumo de sabão por determinada água ou a capacidade da água neutralizar o sabão pelo efeito do Cálcio, Magnésio ou outros elementos como Ferro, Manganês, Bário, Cobre. Geralmente, usam-se os teores de Cálcio e Magnésio de uma água, expressos em teores de carbonato de Cálcio, para definir a dureza (Goese, 2021).

➤ **Ferro**

O começo do ferro em águas subterrâneas geralmente provem da dissolução de alguns minerais que fazem parte da mineralogia das rochas, por mais que mostre concentrações altas não apresenta nenhum atentado a saúde pública, mas tende a assustar os consumidores devido a cor quando for oxidado (Ribeiro *et al.*, 2018)

➤ **Alcalinidade**

É originada por sais alcalinos, especialmente o sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos fortes até um delimitado pH. Em teores elevados, pode apresentar sabor amargo há água, e influência nos processos de tratamento da água. Para avaliar alcalinidade em laboratório, pode utilizar-se o ácido sulfúrico. A alcalinidade é necessária principalmente à frequência de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (Dellagiustina, 2008).

➤ **Sódio (Na⁺)**

O sódio é um elemento químico quase sempre pode estar presente em águas subterrâneas. A sua primordial fonte mineral (feldspatos plagioclásios), é pouco resistente aos procedimentos intempéricos, principalmente a química. Os sais formados nestes procedimentos são bastante solúveis em águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 a 100mg/L (Dellagiustina, 2008).

➤ **Sulfatos (SO₄²⁻)**

Surge a partir da oxidação do enxofre presente na litologia e lixiviação de compostos sulfatados, como a gipsita e anidrita. De uma forma comum, as rochas subterrâneas podem apresentar teores inferiores a 1 00 mg/L. Os SO₄²⁻ e HSO₄⁻, são os principais sulfatos e tem um altíssimo índice de presença em águas com pH muito baixo (< 2), (Ribeiro, 2018).

➤ Cloretos (Cl⁻)

Os cloretos possuem alta solubilidade e movimentam-se de forma lenta nos aquíferos, causando assim, um aumento gradual e constante de teores dos mesmos nas águas subterrâneas na direção do fluxo. Têm uma origem interligada com o processo de lixiviação de rochas evaporíticas, principalmente. Há presença de cloretos em todas as águas naturais, sendo que nas subterrâneas o seu valor é geralmente inferior a 100 mg/L. Cloretos são importantes no âmbito de identificação de poluição de aterros sanitários e lixões (Ribeiro, 2018).

➤ Cálcio (CaCO₃)

O cálcio é um dos principais constituintes das águas naturais, podendo precipitar em forma de carbonato de cálcio, de moderada à alta solubilidade, ou tornar-se mais solúvel no caso de aumentada presença de sais de Na⁺ e K⁺. Ele provém principalmente do processo da lixiviação de minerais ricos em cálcio, como calcita, aragonita e dolomita. Nas águas subterrâneas, a concentração de cálcio é comum no intervalo de 10 e 100 mg/L (Ribeiro, 2018).

➤ Magnésio

O Magnésio apresenta propriedades similares com as do cálcio, sendo apenas mais solúvel e precipita com maior dificuldade. É resultado do processo da lixiviação de rochas carbonatadas, sendo os principais minerais fontes, magnesita, biotita, granada e hornblenda. Com a inclusão do cálcio, é responsável pela dureza das águas, acrescentando assim, um gosto salobre às águas. A média de teores esperada para águas subterrâneas é de 1 a 40 mg/L. Sua contribuição à potabilidade também se releva através do parâmetro de dureza (Ribeiro, 2018).

2.2.3. Parâmetros Microbiológicas

O grupo coliforme é dividido em coliformes totais e coliformes termotolerantes ou fecais (MACEDO, 2001). Os coliformes totais e termotolerantes são indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade sanitária da água. As análises microbiológicas irão apontar a presença ou não de coliformes totais e fecais, que podem ser ou não patogênicos. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Serratia*, *Erwenia*, *Enterobacteria* e *Escherichia*, sendo esta última a principal representante desse grupo.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febres tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera (GUERRA, et al., 2006).

➤ **Coliformes fecais**

São bactérias que toleram temperaturas acima de 40°C e reproduzem-se em menos de 24 horas, são importantes na determinação da contaminação fecal (Ucker et al., 2013).

O grupo dos coliformes fecais inclui pelo menos três gêneros, *escherichia*, *enterobacter* e *klebsiella*, dos quais dois gêneros, *enterobacter* e *klebsiella*, incluem cepas de origem não fecal (SILVA et al., 2005, GUERRA et al., 2006).

➤ **Coliformes totais**

O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais homeotérmicos, como também diversos gêneros e espécie de bactérias não entéricas (SILVA et al., 2005).

A detecção de coliformes totais em amostras de águas não é necessariamente um indicativo de contaminação fecal ou a ocorrência de enteropatógeno. A presença de coliformes totais em recursos hídricos deve ser interpretada de acordo com o tipo de água. Naquela que sofreu desinfecção, os coliformes totais devem estar ausentes (SILVA et al., 2005).

➤ **Escherichia coli**

É o microorganismo mais estudado em todo mundo, considerado o principal representante do grupo. A ocorrência de *E.coli* é considerada um indicador específico de contaminação fecal e a possível presença de patógenos (SIMONE, 2018).

A presença de coliformes termotolerantes é o melhor indicador de que existe risco à saúde do consumidor (SILVA et al., 2005 & GUERRA et al., 2006).

2.3. Determinação do Processos e Faces Hidroquímicas nas Águas Colectadas

2.3.1. Hidroquímica das Águas Subterrâneas

O conhecimento e o controlo da hidroquímica subterrânea é de extrema importância para compreender a evolução espacial e temporária dos elementos químicos e a qualidade de água. A água subterrânea apresenta a maioria das substâncias dissolvidas no estado iônico. Os íons mais frequentes observados são os cátions Ca^{2+} , Na^+ K^+ , Mg^{2+} os ânions HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} . A água subterrânea ao longo da sua trajetória atravessa diferentes camadas de solo levando consigo minerais constituinte das rochas, ou seja, há presença de vários processos físico-químico que determinam a qualidade da água no aquífero (Pereira, Miguel, 2020). Desta forma, a hidroquímica garante-nos determinar ou obter informações sobre a distribuição e variação temporal dos elementos químicos.

2.3.2. Classificação das Águas Subterrâneas

A forma de classificar as águas subterrâneas é relativa ao constituinte que se encontra em maior abundância. Pode ser classificado conforme ao elemento que se encontra em maiores concentrações dentro do conteúdo iónico total, pode ser ânion ou cátion. A outra classificação usual das águas subterrâneas é de acordo com conjunto de ânion ou cátion (Miguez, 2020).

A classificação das águas subterrâneas pode ser obtida por meio do balanço iónico. Devido aos erros acumulados das determinações individuais e por não levar em conta as contribuições iónicas menores, existe uma pequena diferença (Duarte et al., 2016), que conforme Rocha e Beretta (2009) citados por Duarte et al. (2016), para a análise do balanço iónico, o coeficiente de erro das análises microquímicas, é comum utilizar o método de Custódio & Llamas (1983). Para Duarte et al. (2016), este método consiste em avaliar se a soma dos miliequivalentes dos aniões é igual à soma dos miliequivalentes de catiões, e pode ser obtido pela expressão ou equação abaixo.

$$BI(\%) = \frac{\sum \text{Catiões}[\text{meq/l}] - \sum \text{Aniões}[\text{meq/l}]}{\sum \text{Catiões}[\text{meq/l}] + \sum \text{Aniões}[\text{meq/l}]} * 100 \quad (1)$$

Onde:

BI (%) – Percentagem do balanço iônico;

Σ Catiões [meq/l] - Somatório dos cations em miliequivalentes;

Σ Aniões [meq/l] - Somatório dos anions em miliequivalentes.

2.3.3. Faces hidroquímicas

Conforme diz o (Leite, 2021), as fácies hidroquímicas descrevem as amostras de água presentes nos aquíferos de acordo com a variação da composição química em função da litologia, da cinética da solução e dos padrões de fluxo do aquífero. Geralmente, usa-se os diagramas de piper e stiff.

2.3.4. Diagrama de Piper

O regime hidroquímico de uma área de estudo pode facilmente conhecer-se a partir dos valores analíticos obtidos das águas subterrâneas, plotando-se os mesmos no diagrama trilinear de Piper (BHAT, 2013).

O diagrama de Piper é constituído por dois triângulos equiláteros, onde estão apresentados os iões majoritários. Nestes, os triângulos de cations e anions ocupam os ângulos inferiores esquerdo e direito com suas bases alinhadas. Os dados dos gráficos triangulares são projetados em um losango central que representa a composição da água deduzida de anions e cations. (Ramos, 2022). A figura 5 mostra a representação dos tipos de água no diagrama de Piper.

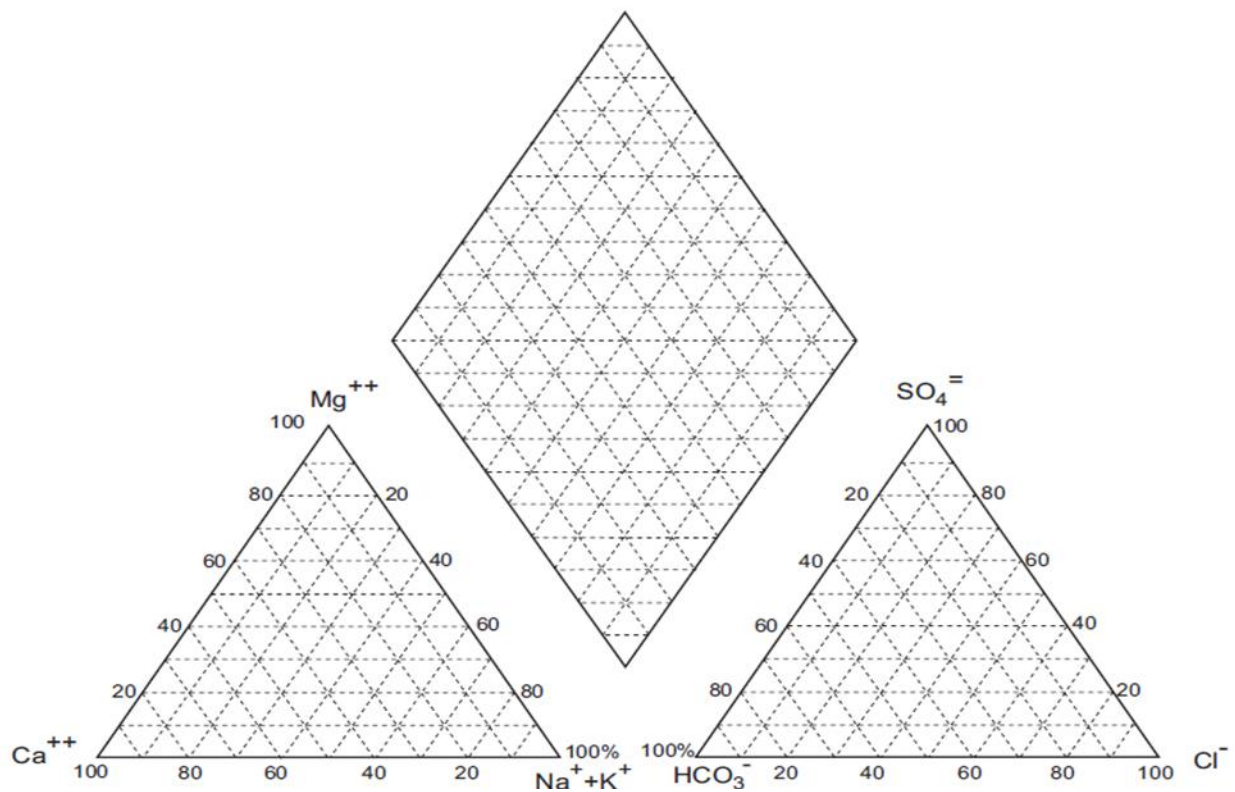


Figura 5: Diagrama de Piper.

Fonte: Custodio & Llamas, (2001)

Este diagrama de Piper, segundo (Ramos, 2022) permite representar um grande número de amostras em um único gráfico, o agrupamento de pontos define famílias de águas com características químicas semelhantes em termos de conteúdo iônico, que são principalmente quatro:

- I. Águas bicarbonatadas do tipo cálcio e/ou magnésio.
- II. Águas sulfatadas e/ou cloradas de cálcio e/ou magnésio.
- III. Águas cloradas e/ou sulfatadas de sódio.
- IV. Águas bicarbonatadas sódicas.

As águas do tipo bicarbonatadas (Números I e IV) correspondem a uma área com fluxo superficial ativo, geralmente de trajetos curtos influenciados pela precipitação (tráfego local), com menor solubilidade de minerais e a permanência pode ser de alguns anos. A água de recarga para esses fluxos normalmente vem da chuva (água meteórica tem baixa concentração iônica)

que atravessa a zona insaturada em tempos curtos. Quanto à composição catiónica, tem uma evolução esperada onde predomina o íon cálcio seguido do magnésio (Ramos, 2022).

As águas sulfatadas (Números II e III), teriam um tempo de circulação maior de acordo com a sequência de Chevotarev ou essa composição poderia ser influenciada pela decomposição de minerais ricos em sulfetos como a pirita (FeS_2) presente em algumas formações aflorantes. Sopés, também em xistos de pirita ou magnésia e da lavagem de terrenos formados em ambientes marinhos. Essas águas teriam rotas menos ativas, mais longas e tempos de residência mais longos (Ramos, 2022).

2.3.5. Diagrama de Stiff

O diagrama de Stiff (figura 6) apresenta a concentração dos íons maiores, em meq/l, em uma representação gráfica de três eixos horizontais na mesma escala, onde os cátions estão à esquerda e os aniões à direita. Cada eixo une um cátion e um anião, confrontando Na^+ com Cl^- , Ca^{+2} com HCO_3^- e Mg^{+2} com SO_4^{-2} . Este gráfico possibilita visualizar os diferentes tipos de água e de forma simultânea, dá uma noção do grau de mineralização (largura do gráfico) (Ramos, 2022).

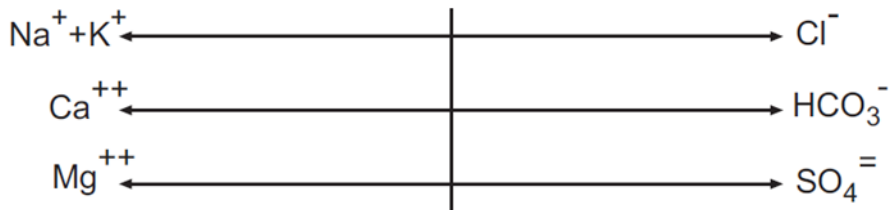


Figura 6: Diagrama de Stiff.

Fonte: Custodio & Llamas, (2001).

2.4. Comparação dos Parâmetros Determinados com os Padrões de Potabilidade Vigentes

Tabela 1: Valores limites e recomendadas dos parâmetros físico-químico e microbiológica referentes à qualidade da água para o consumo doméstico.

Característica	Limite Admissível		Unidades
	Mínimo	Máximo	
Coliformes totais	-	A	Ufc/100
Coliformes fecais	-	A	Ufc/100
pH	6,5	8,5	-
Condutividade eléctrica	50	2000	µS/cm
Turvação	0,5	5	NTU
Deposito	-	Ausente	-
Cor	-	Incolor	TCU
Nitratos	-	50	mg/L NO ₃ ⁻
Cloretos	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	-	1,5	mg/L NH ₄ ⁺
Dureza Total	-	500	mg/L CaCO ₃
Sulfatos	-	400	mg/lLSO ₄
Sólidos Totais dissolvidos	-	1000	mg/L
Matéria Orgânica	-	3	mg/L O ₂
Sódio	-	200	mg/L Na ⁺
Potássio	-	50	mg/L K ⁺
Cálcio	-	200	mg/L Ca
Magnésio	-	150	mg/LMg
Manganês	-	0,4	mg/L Mn
Ferro Total	-	0,2	mg/L Fe
Bicarbonato	-	-	Mg/l

Fonte: Instituto Nacional de Normalização Qualidade (INNOQ).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da Área de Estudo

O distrito de Chókwè encontra-se localizado a sul da província de Gaza, no curso medio do rio Limpopo, com os seguintes limites: a norte o rio Limpopo que o separa dos distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a sul o distrito de Bilene e o rio Mazimuchope, Magude, a este os distritos de Bilene e Chibuto e a oeste os distritos de Magude e Massingir, com uma superfície de 2.466 km² (MAE 2005). A figura 7 ilustra o mapa do posto Administrativo de Chókwè.

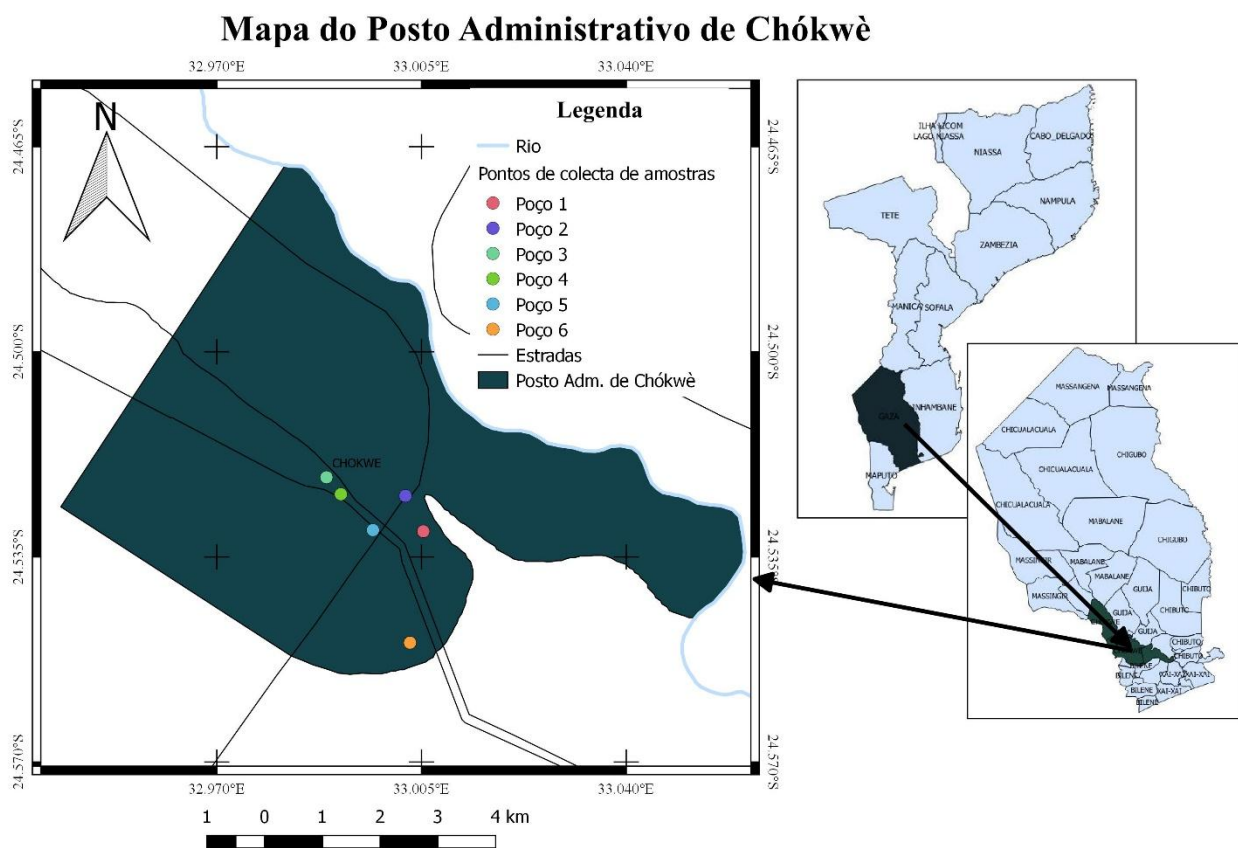


Figura 7: Mapa do posto Administrativo de Chókwè

Fonte: Autor (2023)

3.1.2. Clima

O clima do distrito de Chókwè é do tipo semi-árido (seco de savana), onde a sua queda da precipitação varia de 500 a 800mm por ano, confirmado o gradiente litoral para o interior, enquanto a sua evapotranspiração potencial de referência (E_{tpo}), é da ordem dos 1400 a 1500 mm. As suas temperaturas médias anuais variam de 22°C e 26°C e a humidade relativa média anual varia entre 60 a 65% (MAE, 2005).

3.1.3. Água Subterrânea

A grande parte dos aquíferos do distrito de Chókwè são apresentados por altas profundidades (mais de 100 metros), variando de grandes produtividades e alta qualidade de água isso em alguns locais como cidade de Chókwè, Lionde e maior parte de Macarretane, parte oriental do distrito de Chilebene detém aquíferos até 20 metros com alta eficiência e boa qualidade de água. Mais de 2/3 do território do distrito de Chókwè tem áreas com ocorrência de águas salobres. A água neste distrito é obtida através de furos existentes nas localidades (MAE, 2005).

3.2. Matérias

Para realização da presente pesquisa, será imprescindível o acesso a seguintes matérias:

- Garrafas plásticas de 500 ml;
- Papel;
- Tesoura;
- Fita-cola;
- Colmann.

3.3. Procedimento de Campo

3.3.1. Período e Local de Amostragem

O horário ou período para a coleta de amostras para análise foi no período da manhã entre as 05:00H às 07:00H no local onde foi instalado os furos.

Foram analisadas as amostras num laboratório que possui todos os equipamentos e reagentes para determinar os parâmetros da potabilidade vigente e os parâmetros hidroquímicos, que

descreve o equipamento e o método a usar. Os pontos de amostragem determinados para a coleta foram: amostra da água dos furos, no Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza. O ensaio durou um tempo de 3 meses, Maio à Julho de 2023.

3.3.2. Pontos de Amostragem

Os pontos correspondentes a cada poço do (1º bairro, 2º bairro, 3º bairro e 6º bairro) de água encontradas em diferentes condições de uso e localização, sendo os 6 de poços tubulares. Os poços foram escolhidos ao acaso, entretanto buscando-se amostrar o maior número de pontos afim de melhor caracterizar as condições atuais das águas subterrâneas do município de Chókwè.

3.3.3. Amostragem e Acondicionamento das Amostras

As amostras foram coletadas directamente dos poços a cada 1 mês entre os horários das 05:00H às 07:00H, em recipientes de 500ml e plásticas (ver na figura 8), num período de 9 semanas em seguida as amostras foram encaminhadas até ao laboratório para a análise. A análise foi feita na manhã seguinte, respeitando desta forma o período recomendado para acondicionamento das amostras e para todas as amostras, após a amostragem, foram etiquetadas com os códigos água bruta.

Antes de efectuar-se a colecta das águas dos furos, deixou-se a água escoar em pressão máxima por 2 a 4 minutos ou tempo suficiente para eliminar as impurezas que se acumulam no orifício final da torneira, e de seguida reduziu-se a intensidade da torneira para proceder-se a colecta da amostra, conforme ilustrado na figura 8a, 8b, 8c, 8d.



8a



8b



8c



8d

Figura 8: Colecta de amostras de água dos furos

3.4. Identificação e Mapeamento das Fontes de Captação de Água usadas para o Abastecimento Público

Para a identificação das fontes de captação de água para o abastecimento público, foi feita em forma de visita no município de Chókwè, com a ajuda da comunidade, para indicar a localização dos furos e para o mapeamento foram utilizados os softwares (QGS, Google Earth e Lucus Map), onde o QGS dará a cartografia do local, o Google Earth dará as cordenadas das fontes de abastecimento públicos e Lucus Map para a retirada dos pontos. A figura 9 e 10 ilustram os Pontos de Colecta de Amostras.

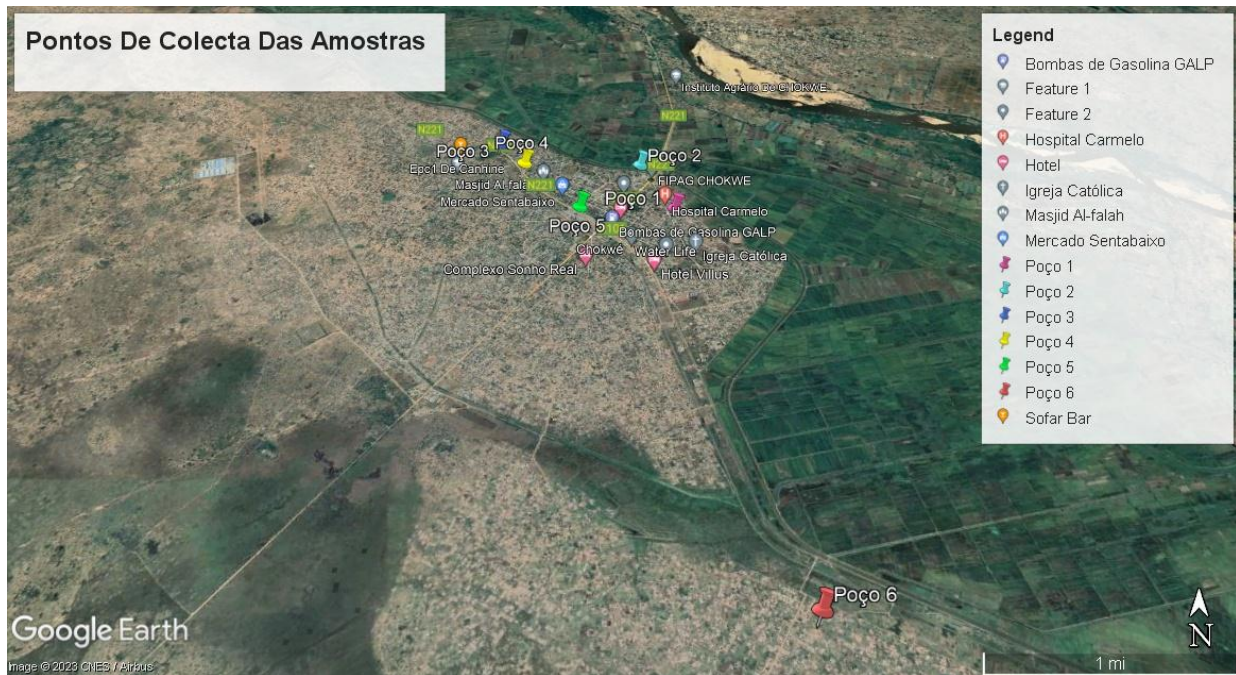


Figura 9: Mapa dos Pontos de Colecta de Amostras, Google Earth.

Fonte: Autor (2023)

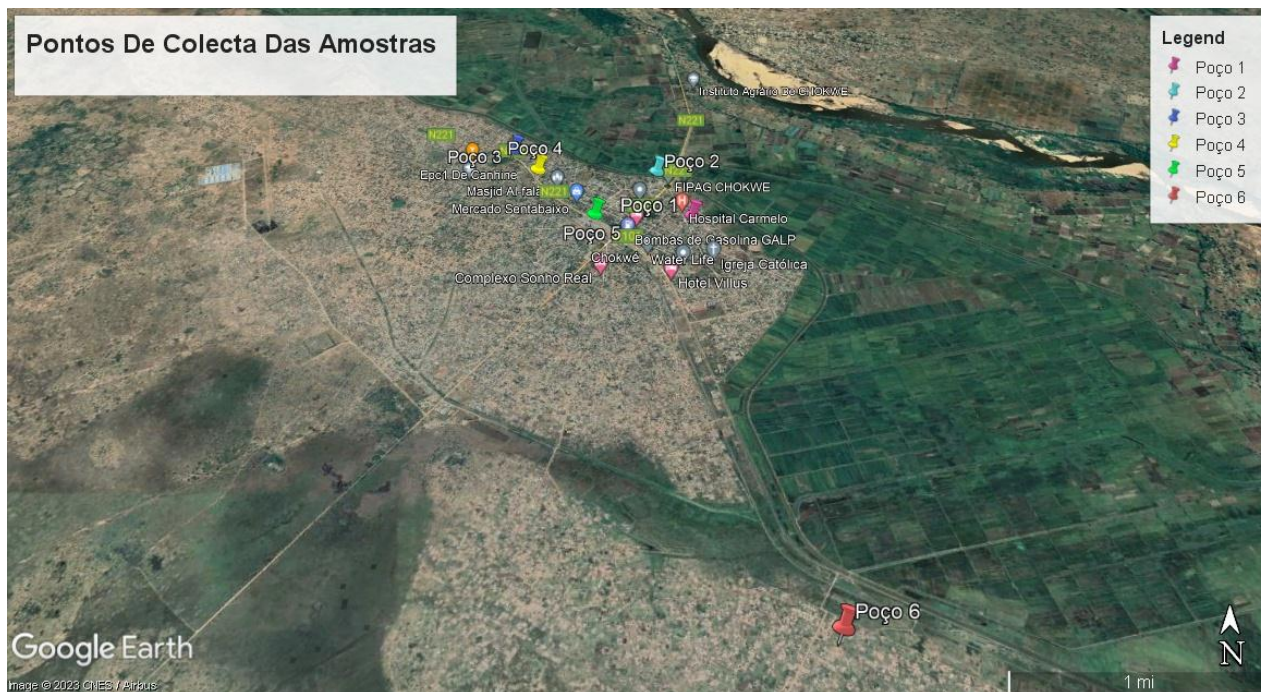


Figura 10: Mapa de pontos de coleta de amostras dos furos, Google Earth.

Fonte: Autor (2023)

3.5. Determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicas das Amostras no laboratório

As análises realizadas das águas dos furos foram: pH, alcalinidade, sólidos totais dissolvidas, condutividade elétrica, dureza total, temperatura, cloretos, oxigênio dissolvido, bicarbonato, sulfatos, nitratos, nitrogênio, Ferro, magnésio, cálcio, coliformes totais, coliformes fecais, cor e turbidez, como ilustra a tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros e métodos usados para as análises das amostras

Parâmetros	Métodos	Fonte
Cor	Visual	Laboratorio provincial de higiene de água e alimentos, na cidade de xai-xai na provincia de Gaza
Turbidez	Nefelometria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza

TDS	Potenciometria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Temperatura	Potenciometria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
C. electrica	Potenciometria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
pH	Potenciometria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Alcalinidade	Volumetria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Dureza total	Volumetria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Cloretos	Mohr	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
OD	Potenciometria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Ferro	Colorimetria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Sulfato	Nefelometria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Cálcio	Volumetria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Nitrato	Colorimetria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Bicarbonato	Volumetria	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Magnésio	Diferença	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Nitrogénio	Diferença	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza

Coliformes totais	Membrana filtrante	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza
Coliformes fecais	Membrana filtrante	Laboratório provincial de higiene de águas e alimentos, na cidade de Xai-Xai na província de Gaza

3.6. Determinação dos processos e faces hidroquímicas nas águas coletadas.

Com os resultados obtidos após a identificação dos parâmetros físico-químicos, o trabalho teve sua caracterização determinar os processos e faces hidroquímica presentes nas águas através dos resultados apresentados pelos cátions e aniões.

Para a determinação das faces, foi usado o diagrama de Piper observando a posição dos íons no diagrama e interpretando o resultado identificando o tipo de composição da água indicado pela combinação dos cátions e aniões, podendo assim classificar a água quanto a sua tipologia e composição química.

Foi também usado o diagrama de Stiff, para melhor representar as concentrações dos aniões e cátions, facultando uma precisão na visualização dos diferentes tipos de correlação de equilíbrio iônico da água. Para formulação dos gráficos recorreu-se ao software de qualidade de água QualiGraf versão 1.18.

3.7. Comparação dos Parâmetros Determinados com os Padrões de Potabilidade Vigentes

Para comparar os resultados obtidos com os padrões da potabilidade já estabelecidas, aplicou-se a estatística descritiva para análise dos resultados dos parâmetros em estudo que foram obtidos no laboratório, os resultados foram comparados com os padrões de potabilidade. Onde comparou-se os resultados dos parâmetros obtidos na análise das amostras, com os parâmetros já estabelecidos pela norma da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano n 180/2004 de 15 Setembro.

3.7.1. Análise de Dados

Para a análise estatísticas das amostras de água foram consideradas 5 réplicas, onde, fez se o tratamento estatístico (estatística descritiva e gráficos) para os parâmetros das amostras de água

onde usou-se o software MS Office Excel (para a determinação da estatística descritiva e formação de gráfico de barras), usou-se também o software QualiGraf versão 1.18 que é uma ferramenta para auxiliar na parte gráfica das análises mais usuais de qualidade de amostras da água. Os termos usados neste trabalho para descrever a precisão são o Desvio Padrão, Desvio Padrão relativo e o Balanço Iônico dados pelas expressões respetivamente (2, 3, 4, 5, 6).

Desvio Padrão:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Desvio Padrão Relativo:

$$\%RSD = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (3)$$

onde:

n – número de réplicas

s– desvio padrão

\bar{x} - média experimental

X_i – valor individual experimental

%RSD – desvio padrão relativo percentual

Intervalo de confiança ou limites confiança

$$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n} \quad (4)$$

onde:

n- número de replicas

s- desvio padrão

\bar{x} - média experimental

o valor t pode ser encontrado em tabelas e depende de:

- a) (n-1), o chamado graus de liberdade da amostra
- b) O grau de confiança pretendida para a media (geralmente 95 ou 99%)

Balanço Iônico:

$$meq/L = \frac{\frac{mg}{L} \times valencia}{PM} \quad (5)$$

Onde:

mg/L = Concentração do ião em mg/L;

Valência = Carga do ião;

PM = Peso molar do elemento químico correspondente ao ião em g/mol.

O cálculo do Balanço Iônico permitiu definir o coeficiente individual de erro de análises, admitindo um valor máximo de 15% para as análises aproveitáveis. O balanço iônico é bastante importante, pois promove uma explicação para a variabilidade química da água, tendo sido feito através da equação (10).

$$BI = \frac{\sum anioes - \sum catioes}{\sum anioes + \sum cetioes} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

Σ catiões = somatório dos catiões em meq/L

Σ aniões. = somatório dos aniões em meq/L

4. RESULTADOS

4.1. Parâmetros físico-químicos da água subterrânea e superficial

A tabela 3 apresenta os resultados do cálculo do BI, obtidos com base nas concentrações iônicas das amostras de água subterrânea. O balanço iônico, considerando boa qualidade de análise do laboratório, o seu valor não pode ser superior a 10% para análise ser considerada admissível (BITTENCOURT, ROSA FILHO, & HINDI, 2000). Todos os valores apresentam resultados de BI acima de 10%, sendo este o valor recomendado, e variam entre 28.13%-47.82%, mostrando assim uma grande disparidade entre os iões presentes nas águas em questão.

Tabela 3: Resultados do cálculo de balanço iônico das amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em (meq/L).

Amostras	Σ catiões (meq/L)	Σ aniões (meq/L)	B.I (%)
P1	7.9765	21.3683	45.64
P2	2.0169	4.3892	37.03
P3	1.9332	4.2811	37.78
P4	1.8674	4.9493	45.21
P5	3.2721	5.8334	28.13
P6	2.694	7.632	47.82

Fonte: Autoria Própria

4.2. Parâmetros físico-químicos e microbiológicas da água nos pontos de coleta

O primeiro ao sexto bairro da cidade de Chókwè, passam a ser denominados, pela letra (P) do alfabeto e acoplado aos números de 1-6, que fazem representação dos números de poços: P1, P2, P3, P4, P5 e P6, respectivamente. Na Tabela 1 encontram-se os valores para os parâmetros físico-químicos e microbiológicas determinados.

4.2.1. Turvação

Apresenta um valor mínimo de 0.64 NTU com uma temperatura de 24.1°C referente a amostra (P6), máximo de 19.07 NTU com uma temperatura de 23.9°C referente a amostra (P1) e tendo uma média geral de 4.27 NTU, ilustrado na tabela 4.

Tabela 4: Resultados de Turvação para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em NTU.

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo
P1	19.07	9.41	11.95	10.07	12.95	12.69	3.84	30.25	9.41	19.07
P2	0.95	1.05	0.74	5	4.74	2.50	2.17	87.02	0.74	5
P3	2.11	1.22	1.72	4.11	3.72	2.58	1.27	49.30	1.22	4.11
P4	1.87	2.04	1.33	3.87	2.33	2.29	0.96	41.80	1.33	3.87
P5	1.59	0.85	1.53	5.59	4.53	2.82	2.10	74.55	0.85	5.59
P6	2.15	1.27	0.64	4.15	5.64	2.77	2.08	75.11	0.64	5.64

Fonte: Autorial Própria

A figura 11, ilustra a variação dos resultados das medias da Turvação da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de Turvação, como mostra na figura 11.

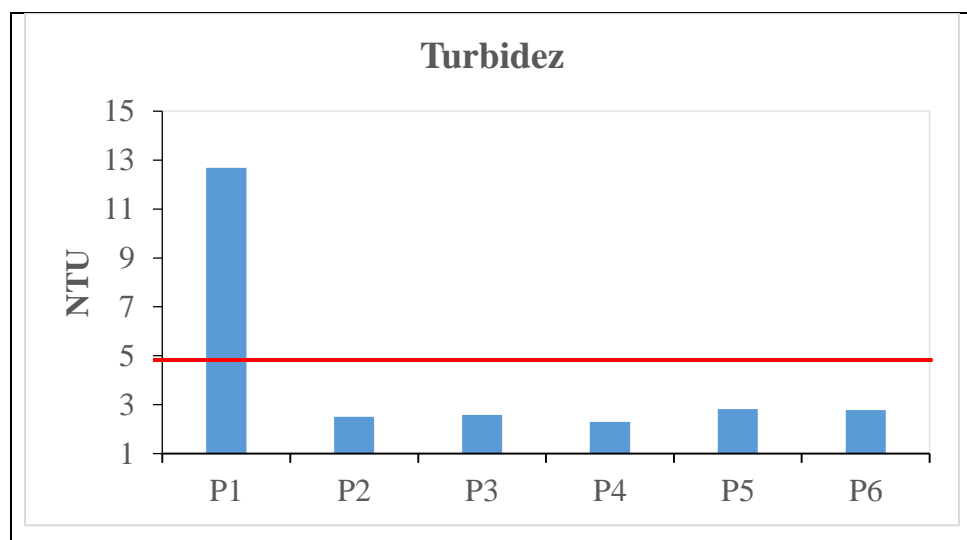


Figura 12: Diagrama ilustrativo da Turvação da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.2. TDS

O TDS Apresenta um valor mínimo de 318 mg/l com uma temperatura de 23.7°C referente a amostra (P3), máximo de 2503 mg/l com uma temperatura de 24.2°C referente a amostra (P1) e tendo uma média geral de 803.20 mg/l, como ilustrado na tabela 5.

Tabela 5: Resultados de TDS para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo
P1	2410	2389	2503	2000	2500	2360.40	207.96	8.81	2000	2503
P2	340	334	340	400	540	390.80	87.65	22.43	334	540
P3	343	318	323	543	430	391.40	96.02	24.53	318	543
P4	355	319	342	555	742	462.60	182.58	39.47	319	742
P5	510	464	443	610	543	514.00	66.36	12.91	443	610
P6	682	676	680	782	680	700.00	45.89	6.56	676	782

Fonte: Autoria Própria

A figura 12, ilustra a variação dos resultados das medias da STD da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de STD, como mostra na figura 12.

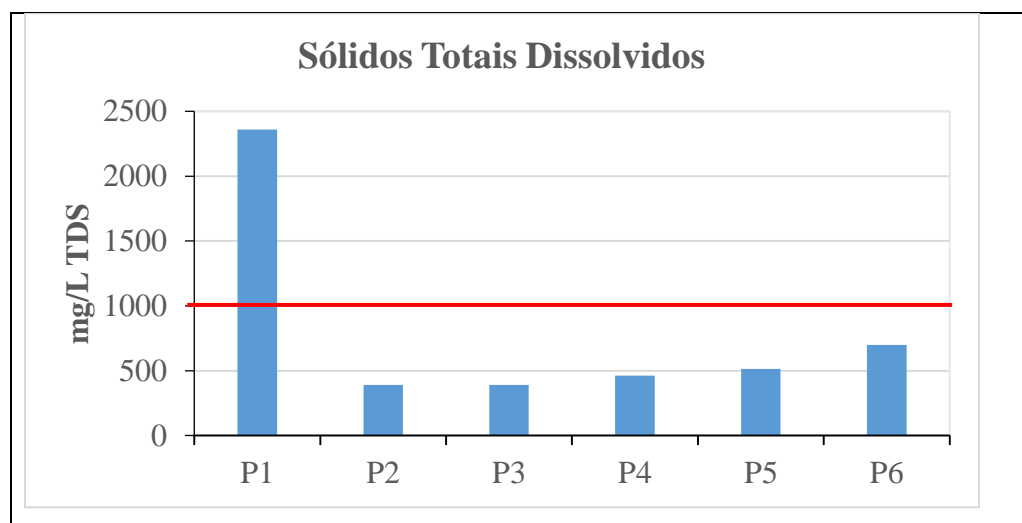


Figura 13: Diagrama ilustrativo da TDS da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.3. CE

O CE Apresenta um valor mínimo de 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$ com uma temperatura de 25.9 °C referente a amostra (P1), máximo de 6008 $\mu\text{s}/\text{cm}$ com uma temperatura de 25.2°C referente a amostra (P1) e tendo uma média geral de 1446.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ilustrado na tabela 6.

Tabela 6: Resultados de CE para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwe em $\mu\text{s}/\text{cm}$

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo
P1	4822	4778	5008	150	6008	4153.20	2293.16	55.21	150	6008
P2	681	668	681	781	78	718.40	57.3	7.99	668	781
P3	694	63	647	794	767	707.60	70.6	9.9	636	794
P4	713	637	685	814	885	746.80	100.79	13.50	637	885
P5	101	929	888	1015	788	927.60	96.01	10.35	788	1018
P6	1369	1354	1360	1469	1560	1422.40	90.18	6.34	1354	1560

Fonte: Autorial Própria

A figura 13, ilustra a variação dos resultados das medias da C.Electrica da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de C.Electrica, como mostra na figura 13.

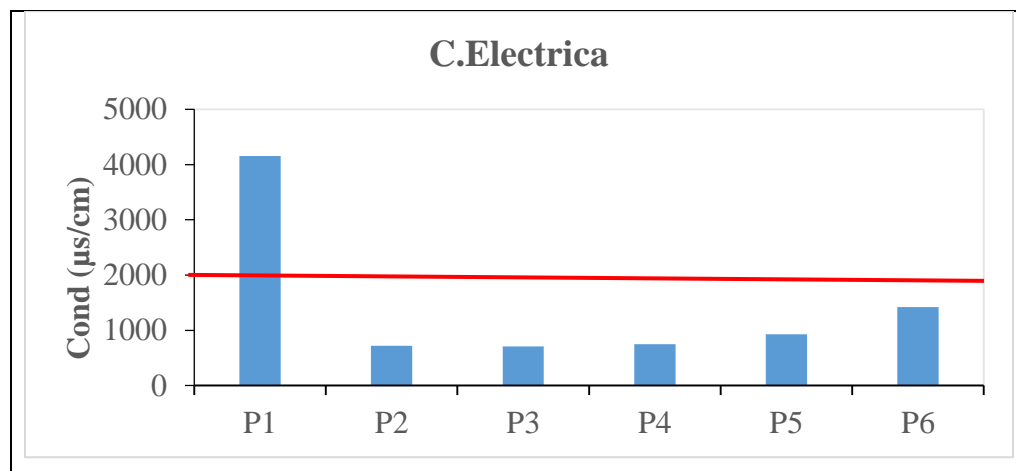


Figura 14: Diagrama ilustrativo da C.Electrica da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.4. Alcalinidade

Apresenta um valor mínimo de 15.66 com uma temperatura de 23.9 °C referente a amostra do poço (P4), máximo de 78.35 com uma temperatura de 24.1°C referente a amostra (P1) e tendo uma média geral de 31,1, como ilustrado na tabela 7.

Tabela 7: Resultados de alcalinidade para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	%		Mínimo	Máximo
								RSD			
A1	47.18	52.74	58.35	67.18	78.35	60.76	12.30	20.24	47.18	78.35	
A2	16.96	19.4	17.33	26.96	27.33	21.60	5.15	23.86	16.96	27.33	
A3	19.06	21.14	20.09	69.06	23.09	30.49	21.61	70.89	19.06	69.06	
A4	15.88	17.44	18.02	25.88	28.02	21.05	5.50	26.11	15.88	28.02	
A5	16.25	21.05	19.44	36.25	39.44	26.49	10.57	39.92	16.25	39.44	
A6	15.66	28.06	25.84	25.66	35.74	26.19	7.18	27.40	15.66	35.74	

Fonte: Autoria Própria

A figura 14, ilustra a variação dos resultados das medias da Alcalinidade da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de Alcalinidade, como mostra na figura 14.

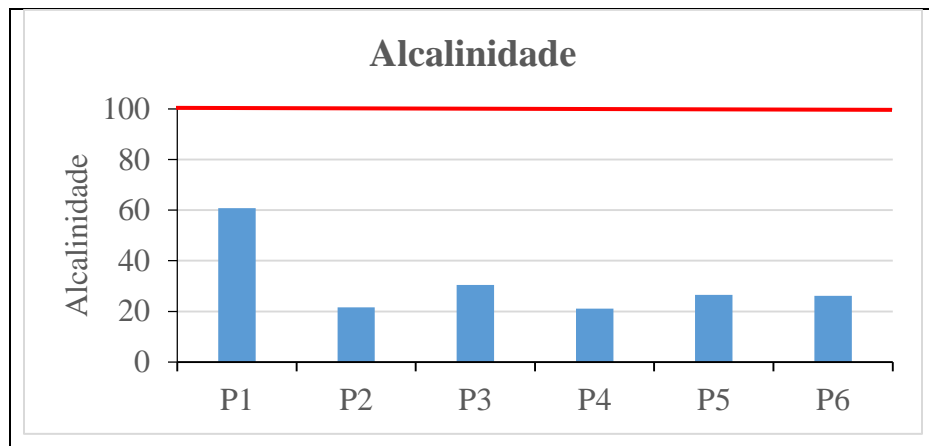


Figura 15: Diagrama ilustrativo da Alcalinidade da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.5. pH

O pH Apresenta um valor mínimo de 6.3 com uma temperatura de 24°C referente a amostra (P4), máximo de 7.91 com uma temperatura de 25.2°C referente a amostra (P1) e tendo uma média geral de 6.9, ilustrado na tabela 8.

Tabela 8: Resultados de pH para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	%	RSD	Mínimo	Máximo
P1	6.79	6.77	6.91	7.79	7.91	7.2	0.57	7.83	6.77	7.91	
P2	6.68	6.35	6.82	7.68	6.72	6.9	0.50	7.25	6.35	7.68	
P3	6.8	6.8	6.66	6.8	6.86	6.8	0.07	1.09	6.66	6.86	
P4	6.57	6.3	6.9	7.57	7.9	7.0	0.67	9.54	6.3	7.9	
P5	6.46	6.8	6.52	6.46	6.72	6.6	0.16	2.39	6.46	6.8	
P6	6.83	6.62	6.7	6.83	6.75	6.7	0.09	1.33	6.62	6.83	

Fonte: Aatoria Própria

A figura 15, ilustra a variação dos resultados das medias da pH da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de pH, como mostra na figura 15.

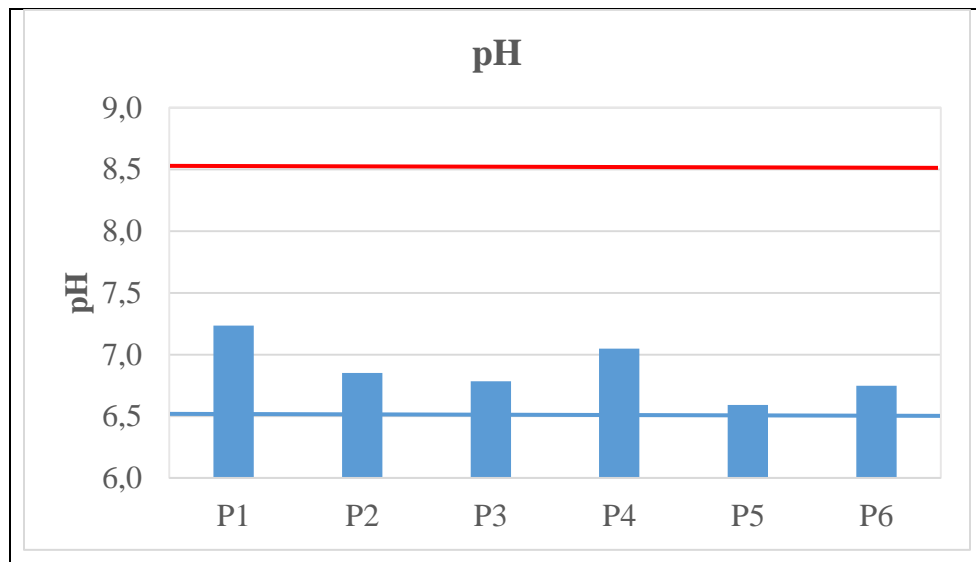


Figura 16: Diagrama ilustrativo da pH da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.6. Dureza total

Apresenta um valor mínimo de 46 mg/l com uma temperatura de 24°C referente a amostra (A2), máximo de 418 mg/l com uma temperatura de 25.2°C referente a amostra (A1), e tendo uma média geral de 108.27 mg/l, como ilustrado na tabela 9.

Tabela 9: Resultados de Dureza total para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo
P1	316	310	318	216	418	315.60	71.49	22.65	216	418
P2	54	48	46	64	76	57.60	12.44	21.60	46	76
P3	54	50	51	74	71	60.00	11.55	19.26	50	74
P4	62	48	50	72	80	62.40	13.81	22.14	48	80
P5	74	60	57	84	67	68.40	10.92	15.97	57	84
P6	80	82	83	90	93	85.60	5.59	6.54	80	93

Fonte: Autorial Própria

A figura 16, ilustra a variação dos resultados das medias da Dureza total da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores

que se mantiveram baixo em relação a média do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de Dureza total, como mostra na figura 16.

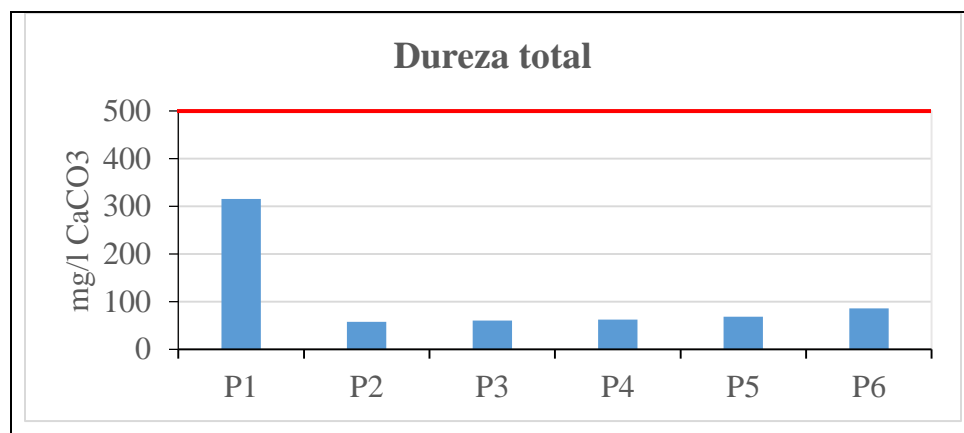


Figura 17: Diagrama ilustrativo da Dureza total da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.7. Cloretos

Apresenta um valor mínimo de 120.53 mg/l com uma temperatura de 24 °C/23.9°C referente as amostras (P2/P3), máximo de 1098.95 mg/l com uma temperatura de 24.2°C referente a amostra (P1) e tendo uma média geral de 260.55 mg/l, ilustrado na tabela 10.

Tabela 10: Resultados de Cloretos para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	%			
								RSD	Mínim	Máxim	
P1	1063.5	1028.05	1098.95	150.5	198.95	707.99	487.75	68.89	150.5	1098.95	
P2	134.71	120.53	120.53	164.71	140.53	136.20	18.20	13.36	120.53	164.71	
P3	120.53	124.07	120.53	150.53	140.53	131.24	13.59	10.36	120.53	150.53	
P4	127.62	127.62	131.16	227.62	151.16	153.04	42.83	27.99	127.62	227.62	
P5	191.43	177.25	170.16	199.43	190.16	185.69	11.77	6.34	170.16	199.43	
P6	251.69	248.15	241.06	259.69	245.06	249.13	7.08	2.84	241.06	259.69	

Fonte: Autoria Própria

A figura 17, ilustra a variação dos resultados das medias da Cloretos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores

que se mantiveram baixo em relação a media do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de Cloretos, como mostra na figura 17.

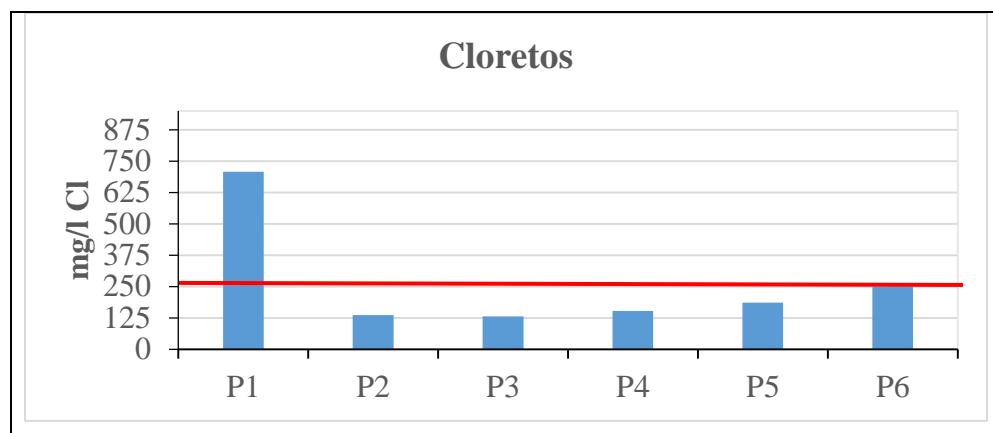


Figura 18: Diagrama ilustrativo da Cloretos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.8. Oxigénio Dissolvido

Apresenta um valor mínimo de 5.28 mg/l com uma temperatura de 25°C referente a amostra (P4), máximo de 10.69 mg/l com uma temperatura de 25.2°C referente a amostra (P2) e tendo uma média geral de 7.59 mg/l, como ilustrado na tabela 11.

Tabela 11: Resultados de OD para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo
P1	6.82	6.14	7.18	8.82	10.18	7.83	1.64	20.99	6.14	10.18
P2	5.69	6.95	6.31	10.69	8.31	7.59	1.99	26.17	5.69	10.69
P3	6.03	6.33	5.8	16.03	8.8	8.60	4.33	50.31	5.8	16.03
P4	5.28	6.9	6.25	10.28	9.25	7.59	2.10	27.63	5.28	10.28
P5	5.62	6.27	6.89	7.62	6.69	6.62	0.74	11.21	5.62	7.62
P6	6.12	5.88	6.78	9.12	8.78	7.34	1.51	20.65	5.88	9.12

Fonte: Autoria Própria

A figura 18, ilustra a variação dos resultados das médias da OD da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as médias do (P1, P2, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P3).

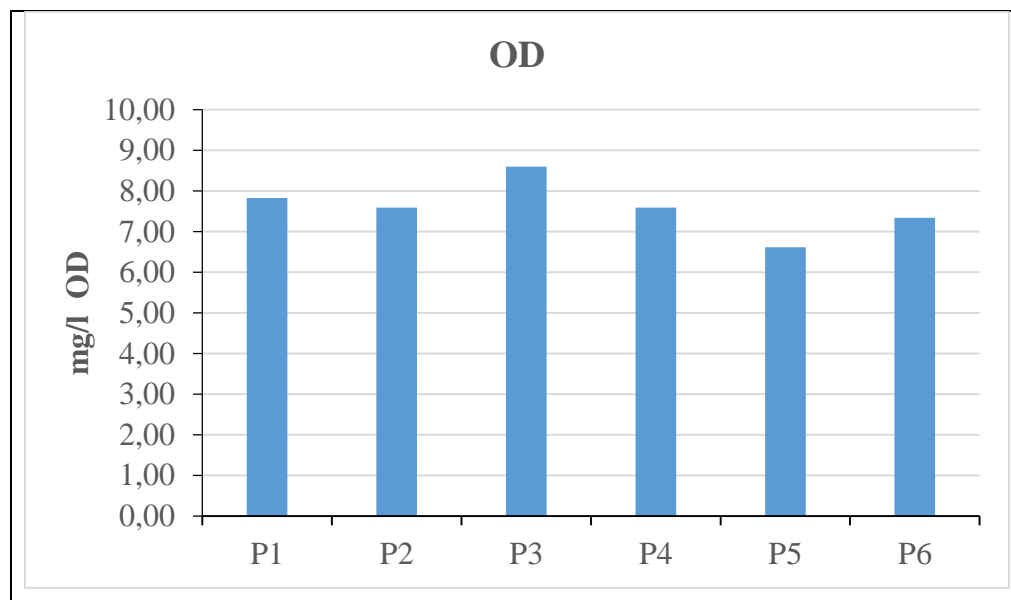


Figura 19: Diagrama ilustrativo da OD da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.9. Ferro

Apresenta um valor mínimo de 0.01 mg/l com uma temperatura de 25.9°C referente a amostra (P6), máximo de 0.09 mg/l com uma temperatura de 26°C/25.9°C referente as amostras (P2/P3) e tendo uma média geral de 0.04 mg/l, como ilustrado na tabla 12.

Tabela 12: Resultados de Fe para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo
P1	0.02	0.02	0.02	0.05	0.08	0.04	0.03	70.61	0.02	0.08
P2	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.04	0.03	84.71	0.02	0.09
P3	0.03	0.02	0.02	0.09	0.09	0.05	0.04	73.48	0.02	0.09
P4	0.02	0.02	0.02	0.05	0.08	0.04	0.03	70.61	0.02	0.08
P5	0.02	0.02	0.02	0.07	0.07	0.04	0.03	68.47	0.02	0.07
P6	0.03	0.02	0.02	0.01	0.07	0.03	0.02	78.17	0.01	0.07

Fonte: Autoria Própria

A figura 19, ilustra a variação dos resultados das medias da Fe da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P1, P2, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P3). A recta vermelha indica o valor máximo de Fe, como mostra na figura 19.

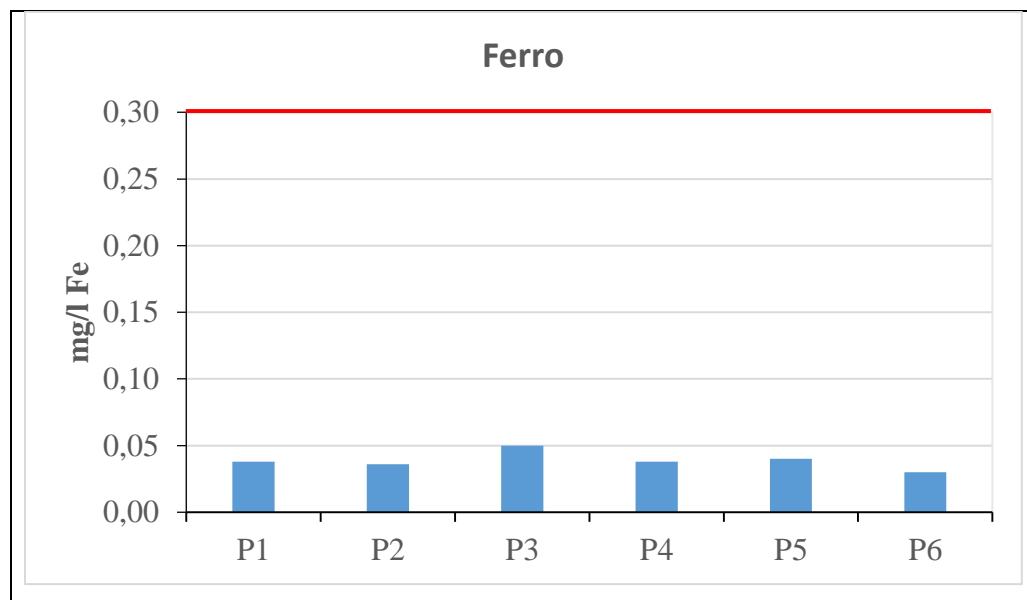


Figura 20: Diagrama ilustrativo da Ferro da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.10. Nitratos

O Nitratos apresenta um valor mínimo de 0.05 mg/l com uma temperatura de 24.1°C referente a amostra (P5), máximo de 20.84 mg/l com uma temperatura de 25.9°C referente a amostra (P1) e tendo uma média geral de 1.48 mg/l, como ilustrado na tabla 13.

Tabela 13: Resultados de Nitratos para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em mg/l

Amostras	Réplicas				\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo	
P1	0.84	0.88	0.93	20.84	0.96	4.89	8.92	182.34	0.84	20.84
P2	0.5	0.68	0.6	5.5	0.8	1.62	2.17	134.53	0.5	5.5
P3	0.61	0.5	0.61	0.81	0.81	0.67	0.14	20.54	0.5	0.81
P4	0.5	0.64	0.68	0.7	0.88	0.68	0.14	20.06	0.5	0.88
P5	0.05	0.63	0.5	0.09	0.7	0.39	0.30	77.33	0.05	0.7
P6	0.68	0.56	0.5	0.78	0.7	0.64	0.11	17.49	0.5	0.78

Fonte: Autorial Própria

A figura 20, ilustra a variação dos resultados das medias da Nitratos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as medias do (P2, P3, P4, P5, P6) apresentaram valores

que se mantiveram baixo em relação a média do (P1). A recta vermelha indica o valor máximo de Nitratos como mostra na figura 20.

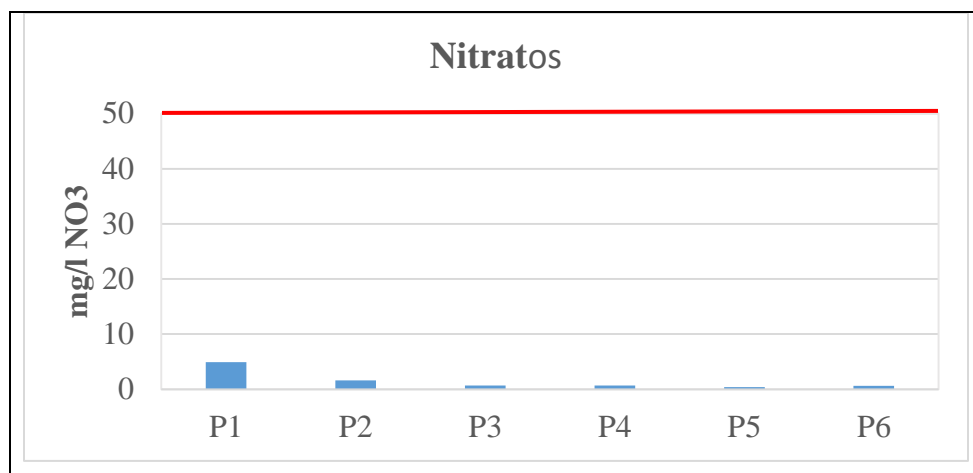


Figura 21: Diagrama ilustrativo da Nitratos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.2.11. Coliformes totais

O Coliformes totais apresenta um valor mínimo de 0 Ufc/100 com uma temperatura de 24.58°C /23.88 °C /23.9°C /25.1 °C referente a amostra (P1/P4/P5/P6), máximo de 400 Ufc/100 com uma temperatura de 26.7°C referente a amostra (P3) e tendo uma média geral de 53.93 Ufc/100, como ilustrado na tabela 14.

Tabela 14: Resultados de Coliformes totais para amostras de furos 1-6 na cidade de Chókwè em Ufc/100

Amostras	Réplicas					\bar{x}	S	% RSD	Mínimo	Máximo
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	43	85	43	53	43	53.4	18.2	34.1	43	85
P3	300	18	65	400	65	169.6	169.5	100.0	18	400
P4	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0
P5	39	0	12	29	12	18.4	15.5	84.1	0	39

P6	200	11	0	200	0	82.2	107.6	130.9	0	200
----	-----	----	---	-----	---	------	-------	-------	---	-----

Fonte: Autorial Própria

A figura 21, ilustra a variação dos resultados das médias da Coliformes fecais da água em diferentes pontos de amostragem dos furos, onde as médias do (P1, P2, P4, P5, P6) apresentaram valores que se mantiveram baixo em relação a media do (P3). A recta vermelha indica o valor máximo de Coliformes fecais como mostra na figura 21.

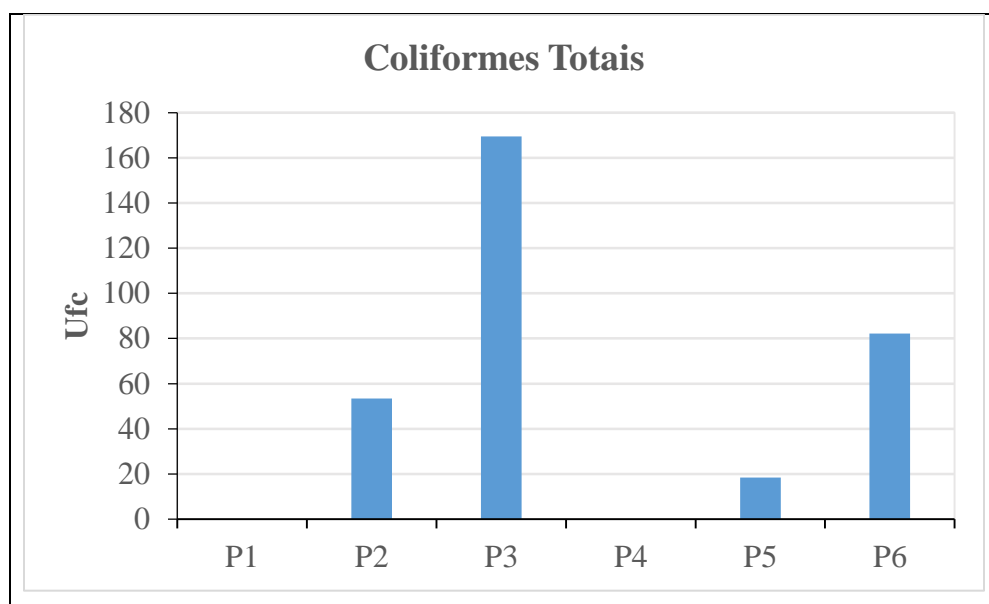


Figura 22: Diagrama ilustrativo da Coliformes fecais da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3. Análise paramétrica temporal

No âmbito deste estudo, seguidamente encontram-se apresentados, sob a forma gráfica, alguns dos resultados obtidos através da análise temporal de diversos parâmetros, fornecidos pelo LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS. Para tal foi verificada a conformidade com as normas em vigor referentes à qualidade das águas que se destinam ao consumo humano, mais concretamente a INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro.

O conjunto de valores de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água utilizados no presente subcapítulo encontram-se expostos na tabela (4 a 13). É de notar que, relativamente a parâmetros com intervalos de variação, consideraram-se, para efeitos de legenda gráfica, a atribuição da denominação de limite máximo é indicada pela recta vermelha, e o limite mínimo é indicada pela recta azul, para a classe de tratamento correspondente.

4.3.1. Turbidez

A turbidez da amostra P1, na primeira coleta apresentou um valor elevado de concentração, os restantes dias manteve-se estável. Contudo, para as amostras dos pontos (P2, P3, P4, P5, P6) as concentrações da turbidez foi aumentando ao longo dos dias, apresentando valores instáveis, ver na figura 22.

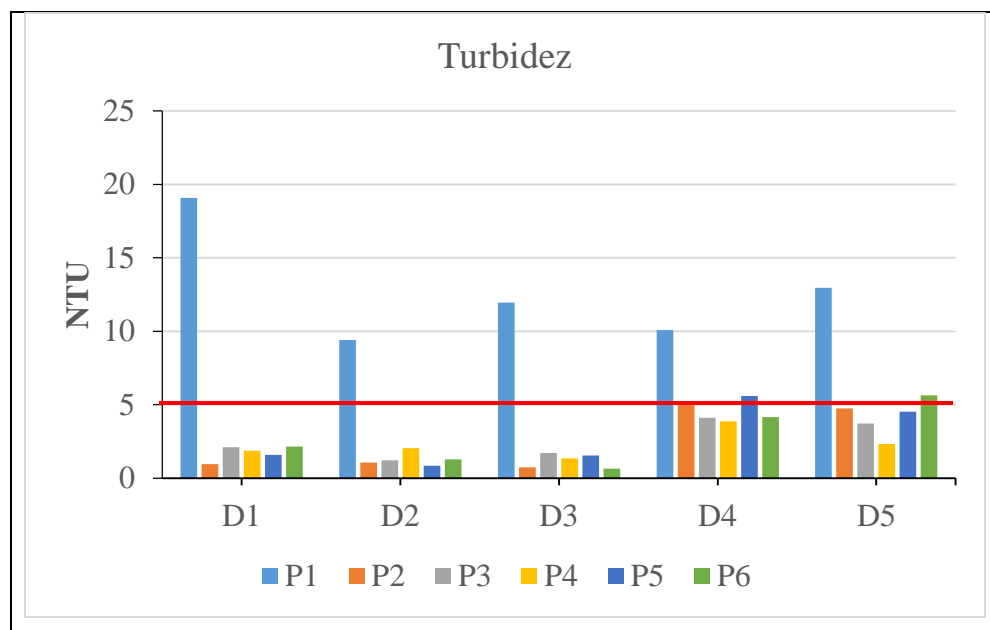


Figura 23: Evolução temporal da turbidez da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3.2. Alcalinidade

A alcalinidade para a amostra (P1, P2, P4, P5, P6), apresentaram uma evolução de concentração desde a primeira colheita à última, apresentando uma concentração instável, vindo a se destacar a amostra (P1), enquanto a amostra (P3), apresentou uma concentração estável nas primeiras colheitas, ver na figura 23.

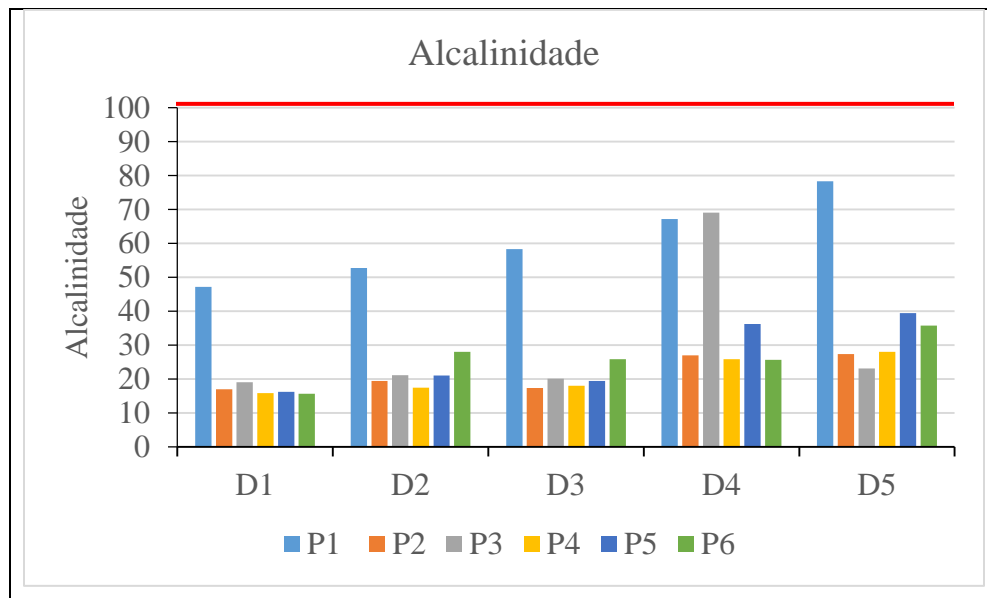


Figura 24: Evolução temporal da alcalinidade da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3.3. pH

No caso do pH, a amostra (P1, P4), vai aumentando ao longo dos dias mantendo instável os seus valores. Para as amostras (P2, P3, P5, P6), apresentaram valores bastante estáveis, não elevando a concentração assim como reduzido (ver na figura 24).

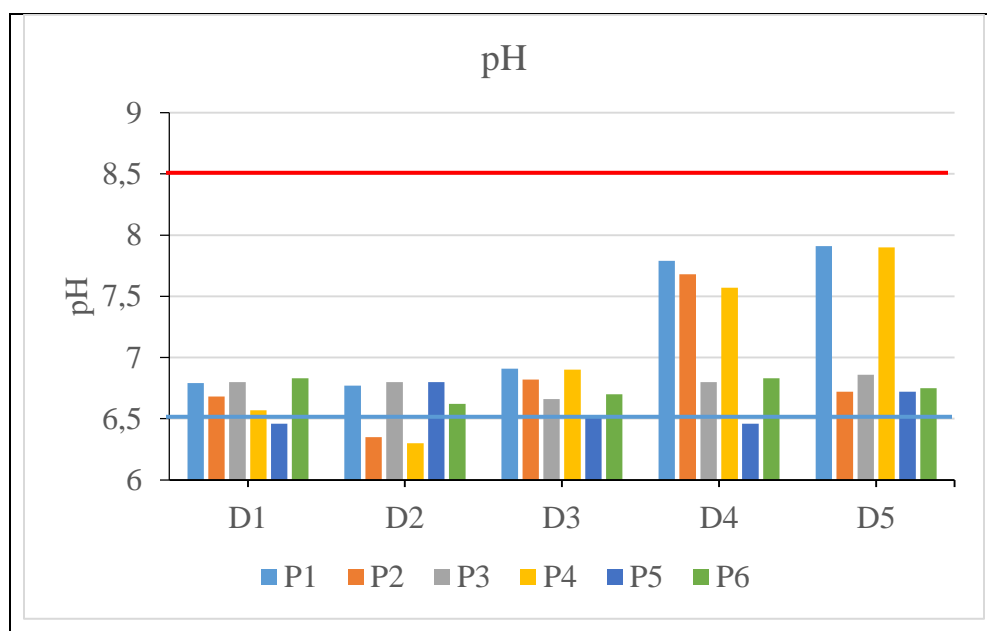


Figura 25: Evolução temporal do pH da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3.4. Dureza total

A Dureza total para a amostra (P1, P2, P3, P4, P6), apresentaram uma evolução de concentração desde a primeira colheita à última, apresentando uma concentração instável, vindo a se destacar a amostra (P1). Enquanto a amostra (P5), apresentou uma concentração muito estável, tanto na primeira colheita assim como a ultima (ver na figura 25).

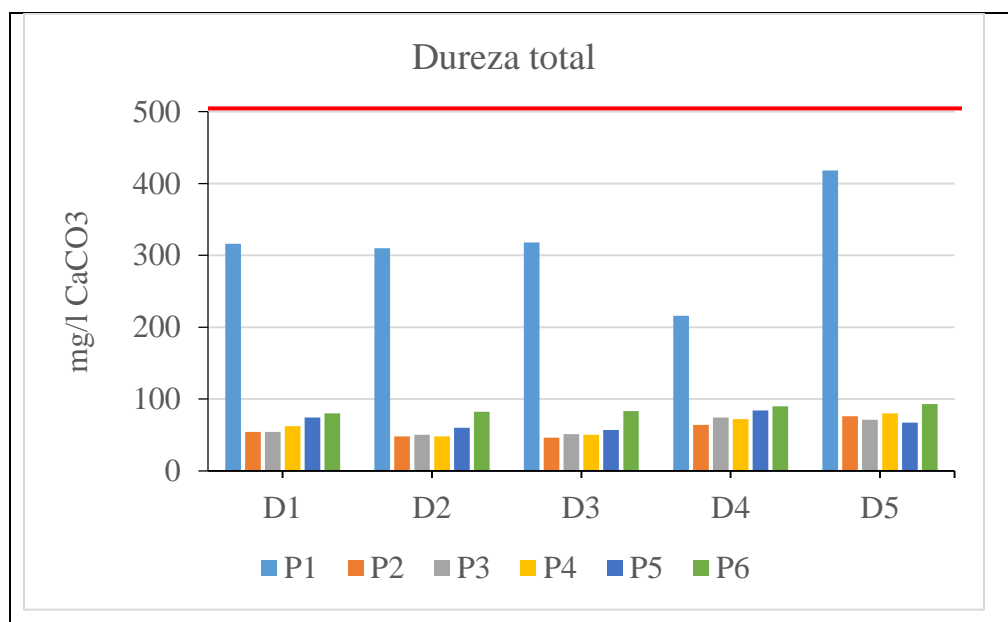


Figura 26: Evolução temporal do Dureza total da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3.5. Sólidos totais dissolvido

A concentração dos Sólidos totais dissolvido para a amostra (P1, P2, P3, P4, P5), apresentaram uma evolução de concentração desde a primeira colheita à última, apresentando uma concentração instável, ao contrario da amostra (P6) que os valores estiveram estáveis, sem muita dispersão dos resultados (ver na figura 26).

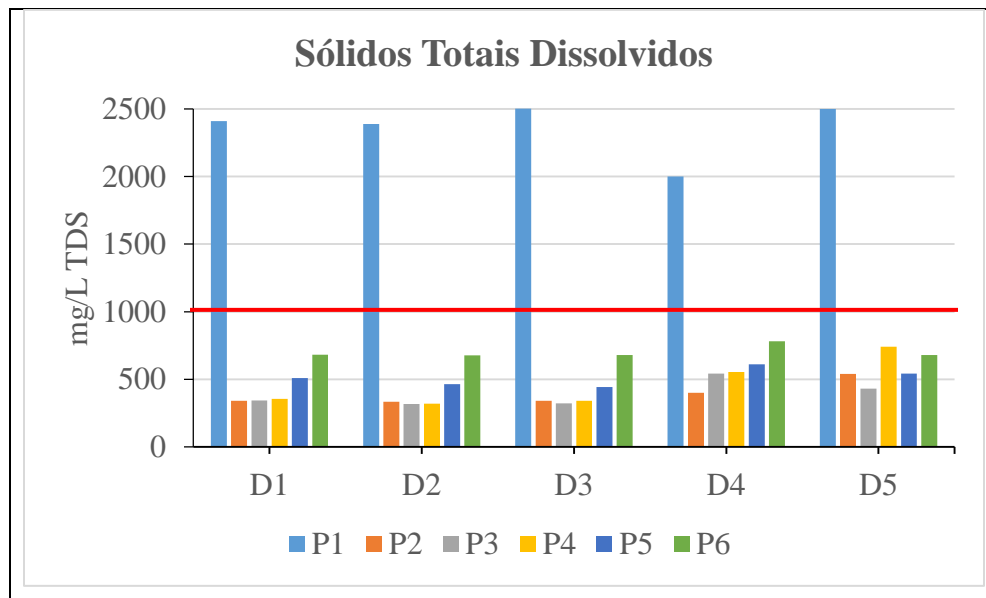


Figura 27: Evolução temporal do TDS da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3.6. C.elétrica

A C.elétrica para a amostra dos pontos (P1, P2, P3, P4, P6), apresentaram uma evolução de concentração desde a primeira colheita à a ultima, apresentando uma concentração instável, vindo a se destacar a amostra (P1). Enquanto a amostra (P5), apresentou uma concentração muito estável, tanto na primeira colheita assim como a última (ver na figura 27).

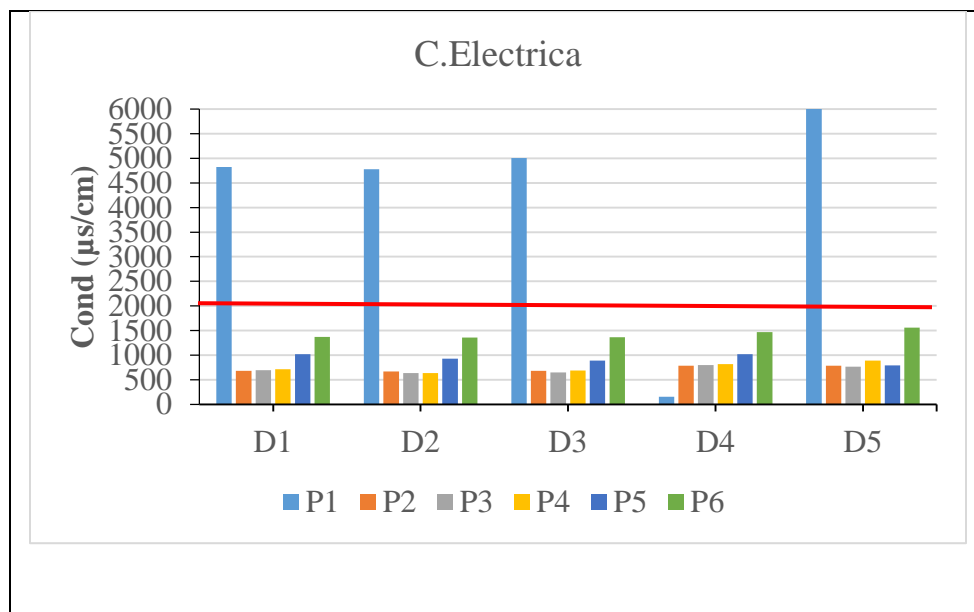


Figura 28: Evolução temporal do C.electrica da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3.7. Cloretos

O Cloretos para a amostra (P2, P3, P4), apresentaram uma evolução de concentração desde a primeira colheita à última, apresentando uma concentração instável. Enquanto a amostra (P1, P5, P6), apresentaram uma concentração muito estável, tanto na primeira colheita assim como a última (ver na figura 28).

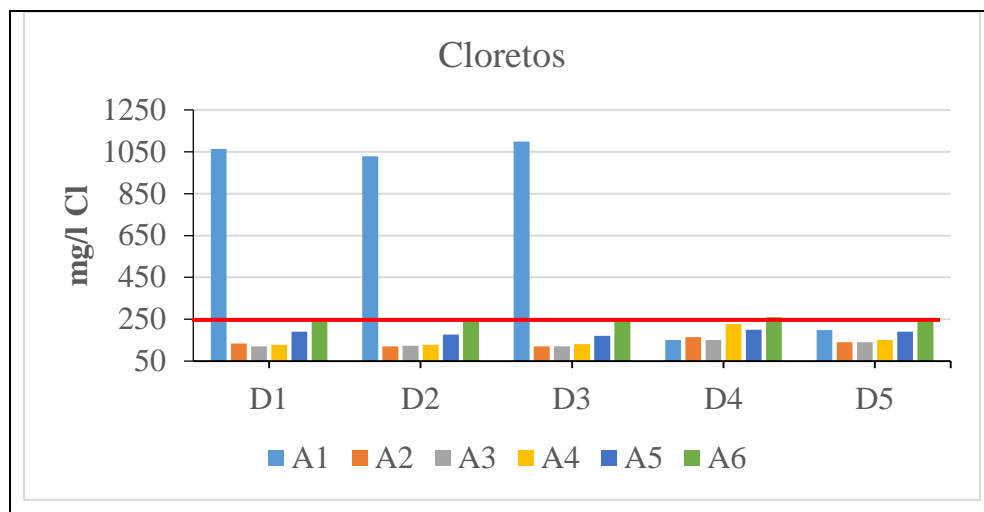


Figura 29: Evolução temporal do Cloretos da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.3.8. Coliforme totais

O coliforme fecal da amostra (P2, P3, P5, P6), apresentaram uma concentração estável, tanto na primeira colheita assim como a última, em alguns dias houveram elevada concertação do coliforme fecais (ver na figura 29).

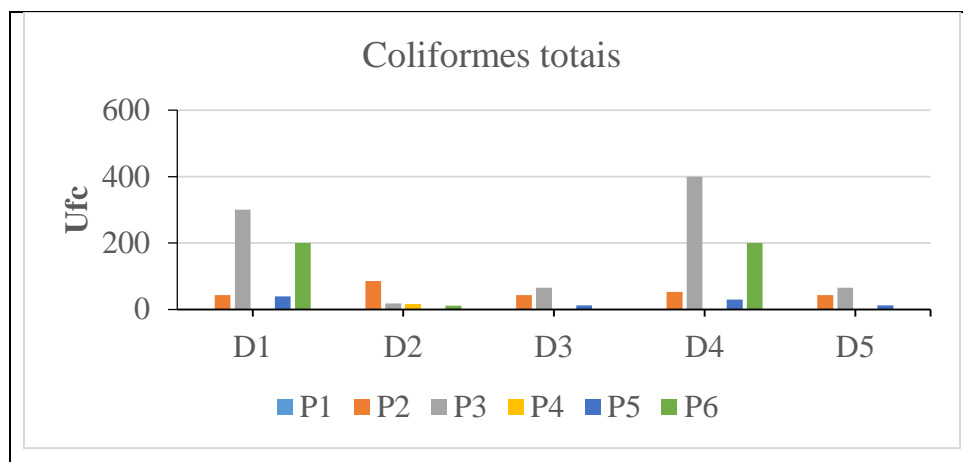


Figura 30: Evolução temporal do coliformes totais da água em diferentes pontos de amostragem dos furos.

4.4. Classificação hidroquímica

Para a área de estudo, nota-se um equilíbrio de dominância entre os cátions (Ca e Mg) e uma total dominância aniônica por parte do cloreto, em todas as amostras, seguindo a seguinte sequencia na ordem de abundância dos iões $\text{Na}^{2+} > \text{Ca}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ para os cátions e $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ para os aniões.

Com o objetivo de expor o comportamento hidroquímico das águas da área em estudo, recorreu-se ao diagrama de Piper onde fez-se a exibição dessas caraterísticas hidroquímicas tendo em conta a concentração dos iões presentes na água coletada, conforme é ilustrado na Figura 30.

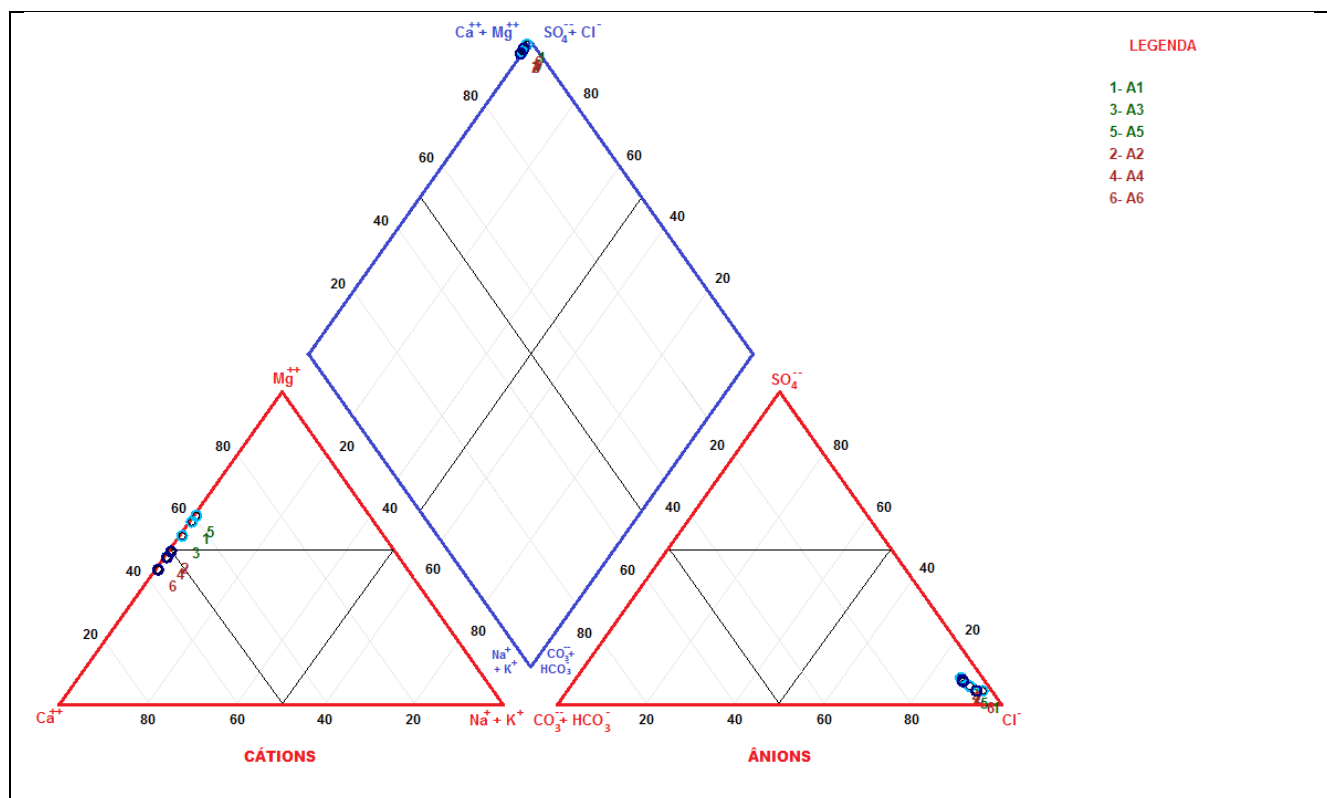


Figura 31: Diagrama de Piper relativo às amostras de águas da cidade de Chókwe.

Geometria iônica da água

As da água dos furos apresentam uma feição de geometria similares uma da outra, com uma ligeira variação na concentração dos iões. Em todos os pontos de coleta observa se uma maior concentração dos catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} e do anião Cl^- . As amostras coletadas apresentam uma geometria, com valores elevados do catião Ca^{2+} e do anião Cl^- , com teor de Mg^{2+} nas amostras, ver na figura 31.

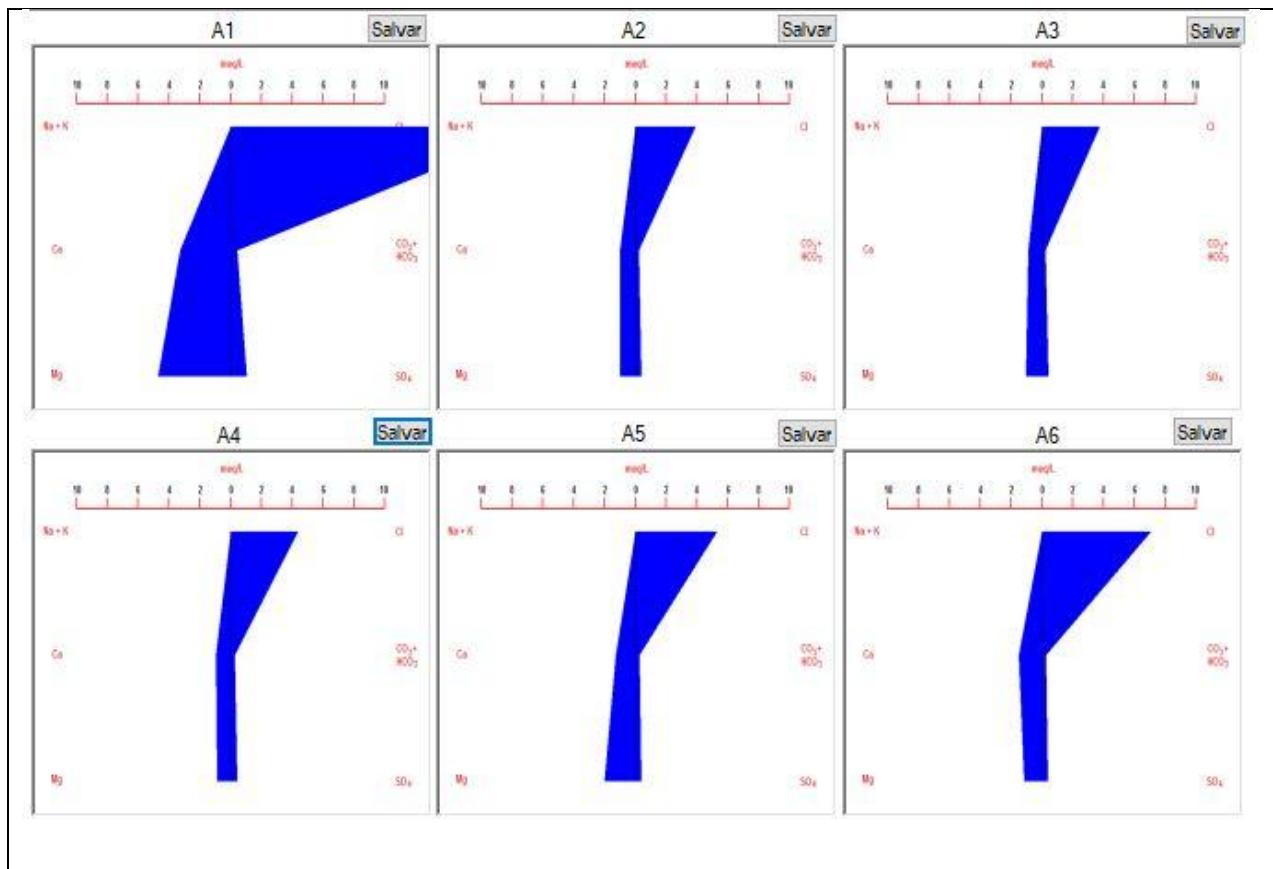


Figura 32: Diagrama de Stiff relativo as amostras de águas da cidade de chókwe.

5. DISCUSSÃO

5.1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicas das amostras da água bruta

5.1.1. Turbidez

Segundo FUNASA (2013), a turbidez normalmente é ausente e, ocorre devido a presença de partículas sólidas em suspensão, que diminuem a sua cristalinidade, intervindo na reflexão da luz na água. É avaliada como padrão de qualidade de característica física da água bruta e da água tratada, sendo o valor máximo permitido 5 NTU em qualquer ponto da rede de distribuição.

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 setembro, estabelecem que para a garantia de potabilidade da água seja verificado a ausência da turvação nas amostras das águas, com um máximo de 5 NTU, ver nas tabelas 1 e 4. Contudo, as medias das amostras (P2 com valor de 2.50 NTU, P3 com valor de 2.58 NTU, P4 com valor de 2.29 NTU, P5 com valor de 2,82NTU, P6 com valor de 2.77 NTU), estão em concordância com os valores recomendado da potabilidade vigente, e a amostra (P1 com um valor de 12.69 NTU) é considerada imprópria para o consumo humano (ver nas tabelas 1 e 4), como ilustra a figura 11. Que indica a presença de matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica (UFRRJ.2022).

Foram obtidos com uma precisão muito boa as amostras (P2, P3, P4, P5, P6) com valores de %RSD variando de 41-87.02%, e a amostra (P1) foi obtidos com uma precisão menos boa, com valor de %RSD variando de 30.25%, respetivamente para as amostras de todos os pontos referentes.

5.1.2. Sólidos Totais Dissolvidos

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que o valor máximo permitido da concentração de STD é de 1000 mg/l para águas potáveis, ver nas tabelas (1 e 5).

As amostras do (P1 com um valor de 2360.40 mg/l, P2 com um valor de 390.80 mg/l, P3 com um valor de 391.40 mg/l, P4 com um valor de 462.60 mg/l, P5 com um valor de 514.00 mg/l, P6 com um valor de 700.00 mg/l), somente o (P1) apresenta teor que extrapola os limites permitidos, contudo está fora da potabilidade vigente, como ilustra a figura 12. O valor de STD

em água indica a presença de diferentes tipos de Sólidos dissolvidos, como sal, cloretos, amônio, sulfatos, e oxigênio dissolvido. Esses sólidos podem afetar a saúde humana, principalmente quando consumidos em grandes quantidades. Segundo a classificação de Freeze and Cherry, 1979 (*apud* RICHTER; KREITLER, 1993) os poços P02 e P08 apresentaram águas levemente salobras (STD médio de 967 e 811mg/l respectivamente) e os poços P01, P04, P06 e P07, águas doces (STD < 500 mg/l) nas três campanhas do monitoramento.

Foram obtidos com uma precisão muito boa, com valores de %RSD variando de 6.56-39.47, respectivamente para as amostras (P2, P3, P4, P5, P6) de todos os pontos e não boa com valor de %RSD para a amostra (P1) de 8.81%.

5.1.3. C.Electrica

As medias das amostras dos pontos (P2 com um valor de 718.40 μ S/cm, P3 com um valor de 707.60 μ S/cm, P4 com um valor de 746.80 μ S/cm, P5 com um valor de 927.60 μ S/cm, P6 com um valor de 1422.40 μ S/cm), apresentam valores de concentração da Condutividade electrica, dentro do padrão permitido e apenas a amostra (P1 com um valor de 4153.20 μ S/cm), está fora do recomendado para o consumo humano, como ilustrada na figura 13. Os valores de CE que estão acima de 2000 μ S/cm, estão relacionados às águas resultantes das rochas calcárias, evidenciando a influência da dissolução dos carbonatos. De acordo com Ribeiro (2001) os valores considerados mais baixos da condutividade elétrica ocorrem devido a pequenas variações químicas nos constituintes em solução, enquanto os maiores valores podem estar associados, em locais específicos, a maiores concentrações de iões, principalmente cloretos.

O valor máximo permitido pelo INNOQ, de acordo com o Diploma Ministerial n.º 180/2004 de 15 de Setembro é de 2000 μ S/cm, a ver nas tabelas (1 e 6). Os valores superiores ao limite máximo permitido pela norma podem trazer sabor desagradável à água, afetando sua capacidade de uso para consumo.

Foram obtidos com uma precisão muito boa, com valores de %RSD variando de 6.34-13.50, respectivamente para as amostras dos pontos (P2, P3, P4, P5, P6) de todos os pontos e não boa, com valor de %RSD para a amostra (P1) de 55.21 %.

5.1.4. Alcalinidade

E sabe-se que uma forma de se neutralizar íons H^+ , que contribui para o aumento da acidez do meio, é pela reação dele com os íons: (HCO_3^-) , (CO_3^{2-}) , (OH^-) (Kaminsk *et al.*, 2007). A determinação das concentrações desses íons permite saber a quantidade de flocculantes que deve ser adicionado em estações de tratamento de água (Paim, 2013). O autor também menciona que por meio desses íons podemos ter informações sobre as características corrosivas e incrustantes da água.

De modo geral, os valores da alcalinidade não ultrapassam o valor admissível de 100 mg/l, os valores de alcalinidade ficaram na faixa de 21.05 a 60.76 mg/l, portanto dentro do que é recomendado para o consumo humano, ver nas tabelas (1 e 7).

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que o valor máximo permitido de concentração de Alcalinidade é de 100 mg/l para águas potáveis. Os valores superiores ao limite máximo permitido pela norma podem provocar vários problemas de à saúde, como a alteração do pH do sangue, diminuição do conteúdo de ácido úrico no sangue, problemas renais e até a cristalização de calcário nas paredes do corpo. Além disso, as águas com Alcalinidade em excesso podem aumentar o risco de doenças cardíacas.

Foram obtidos com uma precisão muito boa as amostras com valores de %RSD variando de 20.24-70.89%, respetivamente para as amostras de todos os pontos referentes.

5.1.5. pH

O pH (Potencial Hidrogeniônico) é um parâmetro físico-químico que indica a presença de íons hidrônios (H_3O^+) no meio (Skoog, Holler e Niemann, 2009). Esse parâmetro indicará uma condição de acidez, neutralidade ou basicidade para a água (SEDUC-CE, 2022), e consequentemente vai influenciar processos físicos, biológicos e bioquímicos no meio. Conforme (Gomes 2017) o pH tem estreita relação com a quantidade de bicarbonato presente no meio em que está ocorrendo a análise, e também com a alcalinidade do ambiente. Ainda de

acordo com os autores, pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido (CO₂) e dos ácidos orgânicos disponíveis nos solos que aumentam a acidez das águas subterrâneas.

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que o grau de restrição do pH varia de 6.5-8.5 para águas potáveis ver nas tabelas 1 e 8. Águas com pH acima do nível recomendado (entre 6,5 e 8,5), podem causar a irritação da pele e das mucosas, problemas gastrintestinais, sintomas respiratórios e problemas urinários. Isso pode acontecer pois o pH mais elevado das águas contém mais íons hidroxilo (OH⁻) e, por conseguinte, o pH sanguíneo pode se alterar.

O pH da água da área em estudo para o período analisado, variou entre 6,6 e 7,2, como mostra na figura 15, evidenciando uma tendência à neutralidade do mesmo, cumprindo com os limites da potabilidade vigente, sendo apropriado para o consumo humano. Reginato et al. (2021) analisando águas de um aquífero no Rio Grande do Sul sob a influência de precipitações encontraram valores de pH entre 6,00 e 6,81.

Quaggio et al. (2018) analisando águas do aquífero Serra Geral em diferentes estados, obtiveram valores de pH menor que 6,0 para todas as amostras coletadas em Mato Grosso. Já em águas de outros estados encontraram valores tanto abaixo de 6,0 quanto acima de 9,0.

Foram obtidos com uma precisão muito boa, com valores de %RSD variando de 1.33-9.54%, respectivamente para as amostras de todos os pontos.

5.1.6. Dureza total

A maior dureza das águas superficiais é influenciada pelo mesmo princípio da alcalinidade, a dissolução de minérios e rochas (Nolasco *et. al.*, 2020). Portanto, quanto maior o contato da água com o solo maior a concentração de íons cálcio, que se dissolvem por conta do CO₂ presente na água (Barros *et al.*, 2021). Dessa forma é mais provável encontrarmos águas subterrâneas com dureza elevada.

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que o valor máximo permitido da concentração de Dureza Total é de 500 mg/l para águas potáveis (ver nas tabelas 1 e 9).

Os valores encontrados para a dureza total da água nas amostras ficaram entre 60 e 315.60 mg/l de CaCO₃, sendo assim, os valores da presente pesquisa encontrar-se-á dentro da legislação vigente, como ilustra a figura 16. Porém, segundo Agreste, Schor e Heiberg (2001) uma dureza da água em torno de 150 mg/l já pode ser indicada pela alteração no paladar. Ferreira *et al.* (2015) avaliando águas destinadas ao consumo humano de duas minas de uma cidade mineira encontrou valores entre 26 e 55 mg/L, abaixo dos valores desta pesquisa.

Já Mendes *et al.* (2013) analisando águas subterrâneas de uma localidade do município de Limoeiro do Norte (Ceará), encontraram valores entre 208 e 454 mg/L, acima da presente pesquisa. Segundo Mário (2021) águas com concentração elevada de cálcio e magnésio afetam diretamente a saúde do consumidor, e promove o surgimento de doenças, como o cálculo renal.

Foram obtidos com uma precisão muito boa, com valores de %RSD variando de 6.54-22.65%, respectivamente para as amostras de todos os pontos.

5.1.7. Cloretos

Nas águas superficiais as principais fontes do elemento cloreto são as descargas de esgotos sanitários (CETESB, 2016). Portanto, os cloretos presentes nas águas subterrâneas de aquíferos porosos também podem ter uma origem antrópica. Os cloretos constituem um dos sais mais afluentes na natureza, procedendo em todas as águas naturais em quantidades variáveis. Em aquíferos cársticos, devido a algumas alterações químicas e à profunda solubilização dessas rochas, podem derivar compostos extremamente solúveis, com proporção variável, de cloretos cálcicos, magnesianos e sódicos.

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que para a garantia de potabilidade da água seja verificado uma valor máximo do Cloretos à 250 mg/l (ver nas tabelas 1 e 10). Contudo, as amostras dos pontos (P2 com um valor de 136.20 mg/l, P3 com um valor de 131.24 mg/l, P4 com um valor de 153.04 mg/l, P5 com um valor de 185.69 mg/l, P6 com um valor de 249.13 mg/l), apresentaram valores que se mantiveram dentro dos limites estabelecidos e a amostra (P1 com um valor de 707.99 mg/l) é imprópria para o consumo humano, ultrapassando os limites máximos admissíveis, como ilustrado na figura 17.

Foram obtidos com uma precisão muito boa as amostras (P2, P3, P4, P5, P6) com valores de %RSD variando de 2.84-27.99%, e a amostra (P1) foi obtidos com uma precisão menos boa, com valor de %RSD variando de 68.89%.

5.1.8. OD

A dissolução de Oxigênio Dissolvido (OD) em águas tem duas fontes: (i) diluição do oxigênio atmosférico, que se trata de processo lento; (ii) fotossíntese de vegetais aquáticos (Micheli *et al.*, 2022). Alguns fatores podem contribuir para a diminuição da taxa de oxigênio dissolvido em águas, como: presença de matéria orgânica, decomposição aeróbia, aumento da temperatura (Gazzola, 2003). De acordo Com Corcovia e Celligoi (2012) a quantidade de oxigênio dissolvido é influenciado pela temperatura e também pela pressão atmosférica. Ambientes em que haja maior pressão atmosférica terão maior concentração de oxigênio, e ambientes em que a temperatura esteja mais elevada, levará a uma menor dissolução de oxigênio.

De acordo com a as normas INNOQ, estabelece que nenhuma das amostras deve apresentar um valor menor que 5,0 mg/L de oxigênio dissolvido (ver nas tabelas 1 e 11). Assim sendo, os valores encontrados nesta pesquisa para oxigênio dissolvido (OD) estão entre 6,62 e 8,60 mg/L de OD, portanto dentro do estabelecido pela legislação vigente (figura 18).

Foram obtidos com uma precisão boa, com valores de %RSD variando de 11.21-50.31%, respectivamente para as amostras de todos os pontos.

5.1.9. Ferro

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que o valor máximo permitido da concentração do Ferro é de 0.30 mg/l de águas para o consumo humano (ver nas tabelas 1 e 12). Os valores encontrados nesta pesquisa para o Ferro estão entre 0,03 e 0,05 mg/L de Ferro, portanto dentro do estabelecido pela legislação vigente, como ilustra a figura 19. A presença de alta concentração de Ferro na água potável pode causar problemas de aparência e organoléuticos.

Foram obtidos com uma precisão muito boa, com valores de %RSD variando de 68.47-84.71%, respectivamente para as amostras de todos os pontos.

5.1.10. Nitratos

O nitrato é um contaminante preocupante por estar muito difundido nos recursos hídricos subterrâneos e superficiais ao redor do mundo. A sua ocorrência em concentração elevada nas águas subterrâneas é dirigida por processos biogeoquímicos complexos, o que torna a avaliação da fonte um exercício complexo. É formado quer pelos processos naturais (fixação atmosférica, tempestades com raios) ou adicionado por meio de atividades antropogênicas (aplicações de fertilizantes, fossas sépticas) e entra na hidrosfera com facilidade (Shukla; Saxena, 2020).

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que o grau de restrição do Nitratos é 50 mg/l (ver nas tabelas 1 e 13). As amostras de água dos furos de um modo geral apresentaram valores do nitrato variado de 0,39 mg/l e 4,89 mg/l, assim sendo, dentro do intervalo recomendado pela legislação vigente, estando ótimo para o consumo humano, como ilustra a figura 20.

Foram obtidos com uma precisão muito boa, com valores de %RSD variando de 17.49-182.34%, respectivamente para as amostras de todos os pontos.

5.1.11. Coliformes totais

As normas da INNOQ e o regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, estabelecem que para a garantia de potabilidade da água seja verificado a ausência de coliformes totais, ver nas tabelas 1 e 14. Porém, nem todas as amostras analisadas detectaram a presença de coliformes totais, e dessa forma, as águas da amostra (P1 com um valor de 0 Ufc/100 e P4 com um valor de 0 Ufc/100), estando dentro dos limites recomendadas, sendo próprias para o consumo e as amostras (P2 com um valor de 53.4 Ufc/100, P3 com um valor de 169.6 Ufc/100, P5 com um valor de 18.4 Ufc/100, P6 com um valor de 82.2 Ufc/100), as águas são impróprias para o consumo humano, como ilustrado na figura 21.

Foram obtidos com uma precisão muito boa as amostras (P1 e P4) com valores de %RSD variando de 0.0-0.0%, e as amostras (P2, P3, P5, P6) foram obtidos com uma precisão menos boa, com valores de %RSD variando de 34.1-130.9 %, respectivamente para as amostras de todos os pontos.

Segundo Ferreira Jr. e Pereira (2019) analisando águas de um furo de uma instituição de ensino na cidade de Patos de Minas detectou presença de coliformes totais, porém os resultados para a detecção de *E. coli* foram negativos. Por sua vez Defendi, Lima e Arruda (2018) analisando águas de 44 furos do município de Santana do Livramento/RS, detectaram a presença de coliformes totais em 53,7% das amostras analisadas, enquanto para coliformes Fecais o percentual de positividade foi de 9,75%.

Há muitos fatores que podem levar à contaminação da água de furos (Ferreira Jr. e Pereira, 2019), um deles, segundo Ayach *et al.* (2009) é a inadequação de condições de saneamento básico, que pode contaminar águas subterrâneas. Mesmo em meio rural as fossas sépticas quando instaladas de forma inadequada, também podem contaminar as águas subterrâneas (Cetesb, 2022). Criação de animais, sem o devido cuidado com seus dejetos, é outra condição que pode interferir nas condições microbiológicas das águas (Rosa *et al.*, 2004).

5.2. Análise paramétrica temporal

5.2.1. Turbidez

O estudo realizado por Aguiar *et. al.* (2003), diz que esses dados refletem em um ambiente de circulação quimicamente pobre em íons. Na Turbidez, teve valor alto de turvação NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Que indica a presença de matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica.

Conforme ilustrado no gráfico (22), nota-se uma grande variação da turvação do primeiro furo em relação aos outros 5 furos, o primeiro furo o valor de turvação encontra-se acima do recomendado pela norma, a varia da turvação em função dos dias deve-se a presença de matérias sólidos suspenso dentro do furo e nos 5 furos nota-se a ausência de matérias em suspensão e boa para o consumo humano.

5.2.2. Alcalinidade

A alcalinidade é um parâmetro do qual se pode estimar a capacidade tamponante de sistemas frente a mudanças de pH, principalmente sistemas com sais de ácidos fracos e bases fortes (Souto *et al.*, 2014). Segundo Santos (2016), é comum que as águas subterrâneas apresentem características alcalinas de bicarbonato, já que as espécies que mais contribuem para a

alcalinidade em corpos da água são os íons bicarbonatos (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidróxido (OH^-) (Souto et al., 2014), que fazem parte da constituição de vários minérios.

No estudo feito as amostras coletadas nos 6 furos apresentarem resultados satisfatórios pois estão dentro dos parâmetros recomendado pela OMS para o consumo humano em relação as águas subterrâneas, apesar que o furo 1 apresentou resultados maior em relação a outros furos, porem este facto se deve ao tempo de vida útil do furo, o tipo de rocha e capacidade do próprio furo, como ilustrada na figura 23.

5.2.3. pH

Conforme Gomes e Cavalcante (2017) o pH tem estreita relação com a quantidade de bicarbonato presente no meio em que está ocorrendo a análise, e também com a alcalinidade do ambiente.

Estudo feito por Reginato et al. (2021), a amostra de água do primeiro poço apresentou valores de pH de 7,5. Já todas as outras amostras apresentaram valor de pH igual a 8,0. A Portaria GM/MS nº 888 preconiza um valor de pH para a potabilidade da água entre 6,0 e 9,0. Dessa as águas dos cinco poços analisados nesta pesquisa se encontram de acordo com a legislação vigente. Analisando águas de um aquífero no Rio Grande do Sul sob a influência de precipitações encontraram valores de pH entre 6,00 e 6,81.

Os valores encontrados no estudo do pH em alguns pontos em função dos dias houve uma ligeira variação, essa variação está directamente relacionado com a composição dos furos e a ausência de manutenção o que resultou na variação, em outros pontos os valores de pH estão dentro dos parâmetros, estando aptos para o consumo humano, como ilustrado na figura 24.

5.2.4. Dureza total

O estudo feito por Mendes et al. (2013) analisando águas subterrâneas de uma localidade do município de Limoeiro do Norte (Ceará), encontrou valores entre 208 e 454 mg/L, acima da atual portaria que cuida da potabilidade da água. Segundo Mário (2021) águas com concentração elevada de cálcio e magnésio afetam diretamente a saúde do consumidor, e promove o surgimento de doenças, como o cálculo renal.

Os valores encontrados da presente pesquisa, estão dentro dos parâmetros estabelecido para a potabilidade vigente, porém no primeiro ponto há uma variação significativa em relação aos outros pontos, esta variação se deve pelo facto do poço possuir material que se encontra a bastante tempo sem ser trocado, a corrosão do mesmo pode influenciar no aumento e variação da dureza ver na figura 25.

5.2.5. TDS

O estudo feito por Cailane Barbosa, Elizabeth Feliciano e Josenildo Isidro, os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) o valor analisado foi de 2263 ppm, então esse poço não estava dentro do valor permitido pela legislação que é de 500 ppm.

Após ter sido feito o estudo nos 6 furos, em relação a TDS verificou-se que no primeiro poço os valores de TDS excede o limite máximo permissível pela OMS e em outros 5 furos os valores estão dentro dos parâmetros em função dos dias coletados. O primeiro poço os valores são muito alto, devido a falta de limpeza dos furos para retirar o acumulo de sedimento, na ausência do mesmo resulta em maior valor de TDS e é imprópria para o consumo, ver na figura 26.

5.2.6. C.elétrica

De acordo com Silva et al., (2017) as águas naturais apresentam condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo chegar até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, assim, a amostra está com um índice muito elevado de salinidade. no parâmetro acidez carbônica o valor médio encontrado foi de 51 mg/L de CaCO_3 , de acordo com a legislação o valor para esse parâmetro deve ser igual ou superior a 100 mg/L, então, para esse parâmetro a água apresentou os valores recomendados.

Após ter os resultados dos 6 furos de abastecimento de água, de acordo com a norma que rege a qualidade de água subterrânea para o consumo, o primeiro poço o valor encontrado da C.eletrica está acima do recomendado, assim sendo ela é imprópria para o consumo e os 5 furos os valores estão dentro da norma e apropriada para o consumo, como ilustra a figura 27.

5.2.7. Cloretos

Estudos feitos por Cailane Barbosa Gomes, Elizabeth Feliciano e Josenildo Isidro, no parâmetro de íons cloretos o valor obtido foi de 685 mg/L, valores consideravelmente superiores ao valor máximo permitido

que é de 250 mg/L, sendo assim as águas estão impróprias para consumo devido a esse parâmetro. O cloreto, na forma de íon Cl⁻, é um dos principais constituintes aniônicos das águas e efluentes.

Neste estudo os valores encontrados nos 5 poços estão dentro dos padrões estabelecido pela norma e são apropriadas para o consumo, e os valores encontrados no primeiro furo encontram-se acima do recomendado, assim sendo imprópria para o consumo, apresentando variação do mesmo em cada dia com tendência de aumentar os valores devido a falta de assistência dos furos, como ilustrado na figura 28.

5.2.8. Coliforme totais

O estudo feito por Facco, Janete e Carasek, tiveram resultados para coliformes totais, (*Escherichia coli*) e totais das amostras dos 5 poços do SAG apresentaram valores negativos onde não acusaram a presença dos microorganismos, atendendo assim a Portaria 2914 de 2011 do MS.

O gráfico do estudo ilustrado apresenta uma variação em função dos dias em cada ponto, no caso das amostras (P1 e P4), estando dentro do recomendado para o consumo humano e os valores obtidos das restantes 4 amostras (P2, P3; P5, P6) são positivos, desta sendo acusa a presença de microorganismos na água, pois não atendem aos padrões estabelecido pela norma. Os furos não possuem uma barreira física que colabora para a filtragem mecânica e química das águas devido a formação Serra Gera se sobrepor, ver na figura 29.

5.3. Classificação hidroquímica

O diagrama de Piper apresentou que as classes de águas se alternam entre magnesianas e cálcicas em toda a cidade, conforme analisado nas 6 amostragens feitas. Em relação aos cátions, houve um equilíbrio entre os íons de cálcio e magnésio, gerando assim, águas 50% cálcicas e 50% magnesianas. Todavia, para os aniões, predominou a dominância dos cloretos em todas as amostragens, gerando assim, águas 100% cloretadas, como ilustra a figura 30.

Em gerais a água da área em estudo, mostrou se ter um equilíbrio entre as classes predominantes, no que concerne as suas fácies hidroquímicas, sendo elas subdivididas em Cloretada cálcica e cloretada magnesiana. Águas Cloretadas são o tipo mais comum nos estados, sendo observadas águas bicarbonatadas, as quais são comumente associadas a águas jovens (MOURA, 2013).

Geometria iônica da água

Os diagramas de Stiff ver na figura 31 mostram diferentes concentrações de iões na água, através figuras geométricas representadas. As amostras coletadas representativas a água dos furos, observa se uma maior concentração dos catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} e do anião Cl^- , deferindo somente na concentração dos iões, como ilustra a figura 31. Observando claramente as diferenças de salinização das águas, uma vez que ele representa as concentrações absolutas dos cátions e ânions principais, o que auxilia em diversos tipos de análises e comparações entre as amostras. As concentrações em (meq) de catiões são plotadas à esquerda do eixo central vertical, e as concentrações de aniões, também em miliequivalentes são plotadas à direita deste eixo (FETTER, 2001).

6. CONCLUSÃO

- Com base nos resultados obtidos ao decorrer da pesquisa com o recomendado pelas normas INNOQ e pelo regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, os parâmetros físico-químicos e microbiológicas da água para o consumo humano, foi considerado aceitável somente para a amostra do P4 correspondentes a água do furo, e as restante não estão dentro dos padrões admissíveis pela legislação, não satisfazendo as normas INNOQ e pelo regulamento de águas para o consumo Humano nº 180/2004 de 15 Setembro, pois apresenta valores altos que ascendem os limites colocados.
- Os resultados obtidos indicam que as amostras coletadas de água apresentam uma face hidroquímica da classe das águas sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas, mostrando maior predominância dos catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} e do anião Cl^- .

7. RECOMENDAÇÕES

Na conclusão de um estudo, os investigadores muitas vezes sabem melhor como o estudo deveria ter sido realizado, são apresentadas, a seguir, algumas recomendações para futuras pesquisas e trabalhos a serem desenvolvidos na mesma área de concentração em que foi realizado este estudo.

- Vigilância da inadequação de condições de saneamento básico próximo dos furos;
- Recomenda-se ao controle da criação de animais, sem o devido cuidado com seus dejetos próximo dos furos de abastecimento de água para o consumo humano;
- Recomenda-se a manutenção dos furos em cada dois anos de modo que não haja corrosão dentro do mesmo para não contaminar a água.
- Conscientizar e sensibilizar a população sobre a necessidade do uso de modelos sanitários adequados à condição de abastecimento, que minimizem os riscos de poluição das águas subterrâneas e educação para o bom saneamento;
- Recomenda-se fazer os mesmos estudos em outras regiões com carência de água potável abastecidos pelas águas dos furos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOO, V. C. (2013). Consumo de Águas Minerais Naturais e de Nascente - Causas e Impacte para o Meio Ambiente: Estudo de Caso da Cidade de Nampula, Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. pp 17, 20.

ABREHA, A. G. (2014). Hydrogeochemical and water quality investigation on irrigation and drinking water supplies in the mekelle region, northern. ETHIOPIA: (Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation.).

Agreste, S. A.; Schor, N.; Heilberg, I. P. (2001). Atualização em nefrologia clínica: papel da constituição físico-química da água potável na litogênese renal. *Journal Brazilian Nefrologia*, 23(1), 45-48.

ALMEIDA, O.A. de, 2010. Qualidade da água de irrigação. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas.

Aquíferos: O que são e qual a importância? (2019, May 7). *Minas Júnior Consultoria Mineral*. <https://www.minasjr.com.br/aquiferos-o-que-sao-e-qual-a-importancia/>

Ayach, L. R.; Pinto, A. L.; Cappi, N.; Guimarães, S. T. de L. (2009). Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio-MS. *Climatologia e Estudos da Paisagem*, 4(1), 5-26.

Bandeira, P.L., Grande, C.C., de Sena Menezes, W., Grande, C.C., da Silva Filho, E.D., Grande, C.C., da Silva, A.B., Neto, R. de S.C., Grande, C.C., da Silveira Gonzaga, F., 2018. Caracterização Físico-Química da Água de Poços Tubulares Utilizada Para Consumo na Zona Rural da Cidade de Lagoa Seca-PB. *Eng. Ambient. Pesqui. E Tecnol.* 15.

Barros, A. de; Ayach, L. R.; Benites, R. R. M.; Pereira, R. H. G. (2021). *Qualidade da água subterrânea na área urbana da bacia do córrego João Dias, Aquidauana-MS*. In: Lima, T. do N; Faria, R. R. Ecótono Cerrado Pantanal: meio ambiente e história natural. Campina Grande-PB: Editora Amplla.

Betim, L. S. (2013). *Caracterização da condutividade hidráulica dos solos e estudo da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do Córrego Palmital*. Universidade Federal de Viçosa.

BHAT, F. A. (2013). *hydrogeochemistry and groundwater quality for drinking and agricultural purposes: a case study of srinagar district, jammu and kashmir*. INDIA: (IJCR).

BITTENCOURT, L. A., ROSA FILHO, E. F., & HINDI, E. C. (2000). *Tópicos de Hidroquímica*. Universidade Nacional Del Assuncion. Assuncion.

CAPUCCI et al (2001). *Poços Tubulares e outras Captações de Águas Subterrâneas*. Projeto planágua semads de cooperação técnica brasil-Alemanha. Departamento de recursos minerais DRM. p 9-10

Cetesb. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2022). *Águas Subterrâneas*. Disponível em: [subterraneas/https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas) Acesso em: 30/11/2022.

Corc6via, J. A.; Celligoi, A. (2012) Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã – PR. *REA – Revista de estudos ambientais*, 14(2)(Edição especial), 39-48.

CUSTODIO, E., & LLAMAS, M. (2001). *Hidrologia subteranea*.

Dellagiustina, A., 2008. Determinação das Concentrações de Nitrogênio e Fósforo Dissolvidos em Diferentes Locais do Rio Itajaí-açu 92.

Domingos, P. P, (2010). Impactos Sócio- ambientais das Indústrias no Posto Administrativo de Matola- Rio distrito de Boane. Universidade Eduardo Mondlane.

FETTER, C. W. (2001). *Applied Hydrogeology*. New York: 4nd ed. New York Macmillan Publishing Company.

FREEZE, R.A.; CHERRY, J.A. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall, New Jersey, 604 p.

FUNASA. Fundacao nacional de saúde. Orientacoes técnicas para a apresentação de projectos deresíduos sólidos urbanos . Brasilia: Funasa, 2004. 46p.

- Feitosa, F. A. C., Fiho, J. M., & Feitosa, E. C. (2008). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações* (3rd ed.). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM.
- Ferreira Jr., R. L.; Pereira, J. B. (2019). Análise microbiológica da água de diferentes fontes da Escola Estadual Agrotécnica Afonso Queiroz. *Revista Pubvet*, 13(10), p.1-6.
- Gazzola, A. C. (2003). *Efeito da amônia e do oxigênio dissolvido na sobrevivência de alevinos, Salminus brasiliensis*. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.
- Goese, E.J.R., 2021. Instituto Federal Do Espírito Santo Campus Cachoeiro De Itapemirim Curso Superior Em Engenharia De Minas 41.
- Gomes, F., Xerinda, S., n.d. Conservação e Uso da Água na Agricultura em Moçambique: O Regadio do Chókwè–Vale do Rio Limpopo.
- Gomes, M. da C. R. & Cavalcante, I. N. (2017). Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água subterrânea. *Revista Águas Subterrâneas*, 31(1), 134 – 149.
- GUERRA, N. M *et al.* (2006). *Ocorrência de Pseudomonas aeruginosa em água potável*. Revista Acta Scientiarum Biological Sciences, v. 18, n. 1.
- INGRH - Manual da Qualidade de Água (1997), 1ª Edição, Cabo Verde. p.165
- Kaminski, J.; Silva, L. S.; Ceretta, C. A.; Santos, D. R. dos. (2007). Acidez e calagem em solos do sul do Brasil: aspectos históricos e perspectivas futuras. *Tópicos em Ciência do Solo*, p. 307-332.
- LNHAA. LABORATÓRIO NACIONAL DE HIGIENE DE ALIMENTOS E ÁGUA. (1997). *Manual de Métodos de Análise de Água*. República de Moçambique, Ministério da Saúde.
- Leite, C. M. M; Wendland, E e Gastmans, D. (2021). Caracterização hidrogeoquímica de águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público na porção nordeste do Sistema Aquífero Guarani. SciELO. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220190087>.
- Lima, M. H. R. (2020). *Avaliação Hidrogeoquímica dos Reservatórios Jacarecica I e Macela Situados na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, Nordeste, Brasil*. São Cristóvão-SE.

- MACEDO, S. A. B. *Águas e Águas*. São Paulo: Varela, 2001
- MAE - Ministério da Administração Estatal (2005). Perfil do distrito de Chigubo província de Gaza, p 2-4.
- Mario, G. A. *Influencia de consumo de agua dura en la salud renal en pobladores del centro poblado Chancaray y Cedropata de la provincia de Huanta - Ayacucho, 2020*. (2021). TCC (Engenharia Ambiental) - Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Lima, Peru.
- MOURA I. M.DE (2013). Estudos das águas da bacia hidrográfica do rio Banabuiú no trecho entre Quixeramobim e Banabuiú - Ceará, Brasil.2013. 243 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.
- Mendes, D. L.; Ferreira, L. L.; Nascimento, F. J. S. C.; Rolim, H. O. (2013). *Gestão de água: água, meioambiente e saúde, In: Avaliação da qualidade da água subterrânea na localidade Sítio Canafístula em Limoeiro Do Norte (3ª edição)*. Recife: FASA.
- Micheli, C. M. de; Luczkiewicz, C.; Cardozo, P. S.; Dambros, T. R.; Cól, L. de; Orso, K. D. F.; Serpa, E. C.S. N. (2022). Utilização do Modelo Matemático de Streeter-Phelps de oxigênio dissolvido aplicado na qualidade da água do rio Quilombo na região Oeste Catarinense. *Anais da Engenharia Mecânica*, 1, 166-187.
- MIGUEZ, P.H.G. (2020). Desenvolvimento de um software para classificação hidroquímica de águas subterrâneas, Londrina. DEP. ACADEMICO DE AMBIENTAL-LD
- MINISTERIO DA SAÚDE. *Peso das doenças hídricas em Moçambique 2014 – 2015*. S/D
- MISAU. DIPLOMA MINISTERIAL no 180. *Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo Humano*. 2004.
- Nolasco, G. C.; Gama, E. M.; Reis, B. M.; Reis, A. C. P.; Gomes, F. J. S.; Matod, R. P. (2020). Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. *RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara*, 2(2), 52-64.

Ramos, D. E. M. (2022). Caracterización Hidrogeológica Como Base Para el Análisis de Viabilidad Sobre el Aprovechamiento del Agua Subterránea en la Vereda La Cumbre, Municipio de Villavicencio, Meta, Colombia.

Reginato, P. A. R.; Sanferari, A.; Athayde, G. B.; Bortolini, T. A.; Leão, M. I.; Schwanck, F.; Klein, M. A. (2021). Análise da influência de fraturas, da precipitação e da produção de poços no pH e na condutividade elétrica (CE) das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências*, 48(2), 1-14.

Ribeiro, L. N. (2018). Estudo hidrogeoquímico aplicado à geologia médica de poços para o abastecimento humano ao longo da br 290 em caçapava do Sul, rio grande do sul. Rio grande sul. <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/3768>

Rosa, C. C. B.; Almeida, F. T.; Santos Jr, E. L.; Alves, M. G.; Martins, M. L. L. (2004). Qualidade microbiológica de água de poços provenientes de áreas urbanas e rurais em Campos dos Goytacazes - RJ. *Anais do Congresso brasileiro de águas subterrâneas*, Cuiabá, MT, Brasil, 13.

Pinheiro, A.M., 2020. Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água de Poços Subterrâneos do Município de Milhã-CE.

Pinheiro, A.M., 2020. Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água de Poços Subterrâneos do Município de Milhã-CE.

Pereira, M. J. M. e G. L. Miguel. (2020). Avaliação hidroquímica das águas subterrâneas do sistema aquífero Quelo-Luanda. *Revista Angolana de Geociências*, 2 (1), p. 200-21 0. <http://www.revista.cicga-uan.co.ao/index.php/RAG/article/view/66>.

Quaggio, C. S.; Gastmans, D.; Kirchheim, R.; Batista, L. V. (2018). Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímicas. *Revista Águas Subterrâneas*, 32(3), 283-294.

SEDUC - CE. Secretaria de Educação do Estado do Ceará (2022). *Curso Técnico em Química da Escola Estadual de Ensino profissional – EEEP*. Ensino Médio Integrado à Educação

Profissional. Disponível em: content/uploads/sites/37/2011/10/quimica_controle_ambiental.pdf. Acesso: 29/11/2022. <https://www.seduc.ce.gov.br/wp>

Skoog, D. A; Holler, F. J.; Nieman, T. A. (2006) *Princípios de Análise Instrumental* (5ª edição). Porto Alegre: Bookman.

SILVA, N; et al. *Manual de métodos de análise microbiológica da água*. São Paulo: Varela, 2005.

UFRRJ.2022. (<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/turb.htm>) Acesso em:20/01/2022

SIMONE, S. Avaliação da qualidade da água dos poços na cidade de Quelimane-estudo de caso dos bairros Elalane, Icidua e Micajune, província da Zambézia, 2018.

Ucker, F.E., Lima, P.B.S. de O., Camargo, M.F., Pena, D.S., Cardoso, C.F., Evangelista, A.W.P., 2013. Elementos Interferentes na Qualidade da Água para Irrigação. *Rev. Eletrônica Em Gest. Educ. E Tecnol. Ambient.* 10, 2102–2111. <https://doi.org/10.5902/223611707540>

Von Sperling [WWW Document], 2014. Von Sperling. URL www.amazon.com.br › Livros-Marcos-Von-Sperling › rh=n:6740748011,... (accessed 6.18.21).

9. Apêndices & Anexos

Tabela 1: Intervalo de confiança, a 5% de confiança

Para facilitar a compreensão e as discussões, os povoados onde houve coleta: passam a ser denominados, respectivamente, pela letra iniciais do alfabeto: A. Na Tabela 1 encontram-se os valores para os parâmetros físico-químicos determinados.

Parâmetro s físico- químicos	Bairros					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
TDS	2360.4±503	390.8±206	391.4±225	462.6±423	514±167	700±106
CE	4153.2 ±5858	718.4±113	707.6±158	746.8±248	927.6±230	1422.4±206
pH	7.2±1.14	6.9±1.33	6.8±0.2	7.0±1.6	6.6±0.34	6.7±0.21
OD	7.83±4.04	7.83±4.04	7.83±4.04	7.83±4.04	7.83±4.04	7.83±4.04
Alk	60,76±31,17	21,60±10,37	30,49±50	21,05±12,14	26,49±23,19	26,19±20,08
Dureza	315.6±202	315.6±202	315.6±202	315.6±202	315.6±202	315.6±202
Cl	707.99±948.4	707.99±948.4	707.99±948.4	707.99±948.4	707.99±948.4	707.99±948.4
	5	5	5	5	5	5
SO4	47,86±20,19	47,86±20,19	47,86±20,19	47,86±20,19	47,86±20,19	47,86±20,19
NO3	4.89±20	4.89±20	4.89±20	4.89±20	4.89±20	4.89±20
HCO3	24.38 ±6.52	24.38 ±6.52	24.38 ±6.52	24.38 ±6.52	24.38 ±6.52	24.38 ±6.52
Mg	57,084±21,45	57,084±21,45	57,084±21,45	57,084±21,45	57,084±21,45	57,084±21,45
Ca	65,62±60	65,62±60	65,62±60	65,62±60	65,62±60	65,62±60

Tabela 2: Análises qualitativas dos parâmetros microbiológicos das águas analisadas


Bairros	Coliformes	Coliformes
	totais	fecais
A1	Ausência	Ausência
A2	Presença	Ausência
A3	Presença	Ausência
A4	Ausência	Ausência

A5 Presença Ausência

A6 Presença Ausência

Fonte: Diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro da MISAU

Tabela 4: Análise laboratorial


REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
PROVINCIA DE GAZA
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS

BOLETIM DE ANLISE DE AGUA

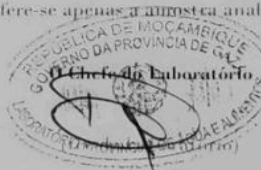
Ficha nº A1	Registo nº 18 ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Proveniência: Chokwe/ T B	Início da análise: 11/05/2023
Coleta: 11/05/2023	Data fim da análise: 15/05/2023
Recepção: 11/05/2023	Motivo da colheita: Estudo
Volume: 500ml	
Requisitante: Sancho Owen Eduardo	

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
Coliformes totais	Ausente	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	Microbiológicas
Coliformes fecais	Ausente	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	
Cor	Corada	Visual	-	Incolor	-	Físicas
Turbidez	19.07	Nefelometria	-	5	NTU	
TDS	2410	Potenciometria	-	1000	Mg/l	
Temperatura	23.9	Potenciometria	-	-	°C	
C. eléctrica	4822	Potenciometria	50	2000	µs/cm	
pH	6.79	Potenciometria	6.5	8.5	-	Químicas
Alcalinidade	47.18	Volumetria	-	100	Mg/l	
Dureza total	316	Volumetria	-	500	Mg/l	
Cloretos	1063.5	Mohr	-	250	Mg/l	
OD	6.82	Potenciometria	-	-	Mg/l	
Ferro	0.02	Colorimetria	-	0.3	Mg/l	
Sulfato	39.56	Nefelometria	-	250	Mg/l	
Cálcio	84	Volumetria	-	50	Mg/l	
Nitrato	0.84	Colorimetria	-	50	Mg/l	
Bicarbonato	22.6	Volumetria	-	-	Mg/l	
Magnésio	56.60	Diferença	-	50	Mg/l	
Nitrogénio	0.97	Diferença	-	-	Mg/l	

JUÍZO

A amostra não analisada corresponde aos requisitos nacionais de potabilidade de acordo com o regulamento de águas para o consumo Humano n 180/2004 de 15 Setembro.

OBSERVAÇÕES: o resultado refere-se apenas a amostra analisada.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
PROVINCIA DE GAZA
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS

BOLETIM DE ANLISE DE AGUA

Ficha n.º A2

Registo n.º **19** ES/LPHAA/SPS-GZ/2023

Proveniência: Chokwe/ 2 B

Coleta: 11/05/2023

Recepção: 11/05/2023

Volume: 500ml

Requisitante: Sancho Owen Eduardo

Início da análise: 11/05/ 2023

Data fim da análise 15/05/ 2023

Motivo da colheita: Estudo

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
Coliformes totais	43	Tubos múltiplos	-	A	Ufc/100	<i>Microbiológicas</i>
Coliformes fecais	Ausente	Tubos múltiplos	-	A	Ufc/100	
Cor	Incolor	Visual	-	Incolor	-	
Turbidez	0.95	Nefelometria	-	5	NTU	<i>Físicas</i>
TDS	340	Potenciometria	-	1000	Mg/l	
Temperatura	24.2	Potenciometria	-	-	°C	
C. elétrica	681	Potenciometria	50	2000	µs/cm	
pH	6.68	Potenciometria	6.5	8.5	-	
Alcalinidade	16.96	Volumetria	-	100	Mg/l	<i>Químicas</i>
Dureza total	54	Volumetria	-	500	Mg/l	
Cloretos	134.71	Mohr	-	250	Mg/l	
OD	5.69	Potenciometria	-	-	Mg/l	
Ferro	0.02	Colorimetria	-	0.3	Mg/l	
Sulfato	11.55	Nefelometria	-	250	Mg/l	
Cálcio	18.0	Volumetria	-	50	Mg/l	
Nitrato	0.50	Colorimetria	-	50	Mg/l	
Bicarbonato	12.06	Volumetria	-	-	Mg/l	
Magnésio	8.78	Diferença	-	50	Mg/l	
Nitrogénio	0.57	Diferença	-	-	Mg/l	

JUÍZO

A amostra analisada não corresponde aos requisitos nacionais de potabilidade de acordo com o regulamento de águas para o consumo Humano n 180/2004 de 15 Setembro.

OBSERVAÇÕES: o resultado refere-se apenas a amostra analisada.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
PROVINCIA DE GAZA
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS

BOLETIM DE ANLISE DE AGUA

Ficha nº A3	Registro nº 88 ES/LPHAA/SPS-GZ/2023
Proveniência: Chokwe/ 3 B/F1	Início da análise: 11/05/ 2023
Coleta: 11/05/2023	Data fim da análise: 15/05/ 2023
Recepção: 11/05/2023	Motivo da colheita: Estudo
Volume: 500ml	
Requisitante: Sancho Owen Eduardo	

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
Coliformes totais	>300	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	<i>Microbiológicas</i>
Coliformes fecais	A	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	
Cor	Incolor	Visual	-	Incolor	-	<i>Físicas</i>
Turbidez	2.11	Nefelometria	-	5	NTU	
TDS	343	Potenciometria	-	1000	Mg/l	
Temperatura	23.7	Potenciometria	-	-	°C	
C. elétrica	694	Potenciometria	50	2000	µs/cm	
pH	6.3	Potenciometria	6.5	8.5	-	
Alcalinidade	19.06	Volumetria	-	100	Mg/l	<i>Químicas</i>
Dureza total	54	Volumetria	-	500	Mg/l	
Cloretos	120.53	Mohr	-	250	Mg/l	
OD	6.03	Potenciometria	-	-	Mg/l	
Ferro	0.03	Colorimetria	-	0.3	Mg/l	
Sulfato	16.50	Nefelometria	-	250	Mg/l	
Cálcio	18	Volumetria	-	50	Mg/l	
Nitrato	0.61	Colorimetria	-	50	Mg/l	
Bicarbonato	10.45	Volumetria	-	-	Mg/l	
Magnésio	8.78	Diferença	-	50	Mg/l	
Nitrogénio	0.69	Diferença	-	-	Mg/l	

JUÍZO

A amostra analisada não corresponde aos requisitos nacionais de potabilidade de acordo com o regulamento de águas para o consumo Humano n 180/2004 de 15 Setembro.

OBSERVAÇÕES: o resultado refere-se apenas a amostra analisada.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
 PROVINCIA DE GAZA
 SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE
 LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS

BOLETIM DE ANLISE DE AGUA

Ficha nº A4

Registo nº 21 ES/LPHAA/SPS-GZ/2023

Proveniência: Chokwe/ 3-B/F2

Coleta: 11/05/2023

Recepção: 11/05/2023

Volume: 500ml

Requisitante: Sancho Owen Eduardo

Início da análise: 11/05/2023

Data fim da análise: 15/05/2023

Motivo da colheita: Estudo

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
Coliformes totais	A	Tubos múltiplos	-	A	Ufc/100	Microbiológicas
Coliformes fecais	A	Tubos múltiplos	-	A	Ufc/100	
Cor	Incolor	Visual	-	Incolor	-	Físicas
Turbidez	1.87	Nefelometria	-	5	NTU	
TDS	355	Potenciometria	-	1000	Mg/l	
Temperatura	24.0	Potenciometria	-	-	°C	
C. eléctrica	713	Potenciometria	50	2000	µs/cm	
pH	6.57	Potenciometria	6.5	8.5	-	Químicas
Alcalinidade	15.88	Volumetria	-	100	Mg/l	
Dureza total	62	Volumetria	-	500	Mg/l	
Cloretos	127.62	Mohr	-	250	Mg/l	
OD	5.28	Potenciometria	-	-	Mg/l	
Ferro	0.02	Colorimetria	-	0.3	Mg/l	
Sulfato	19.12	Nefelometria	-	250	Mg/l	
Cálcio	20	Volumetria	-	50	Mg/l	
Nitrato	0.5	Colorimetria	-	-	Mg/l	
Bicarbonato	13.43	Volumetria	-	50	Mg/l	
Magnésio	10.24	Diferença	-	-	Mg/l	
Nitrogénio	0.61	Diferença	-	-	Mg/l	

JUÍZO

A amostra analisada corresponde aos requisitos nacionais de potabilidade de acordo com o regulamento de águas para o consumo Humano n 180/2004 de 15 Setembro.

OBSERVAÇÕES: o resultado refere-se apenas a amostra analisada.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
PROVINCIA DE GAZA
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS

BOLETÍN DE ANÁLISE DE AGUA

Ficha nº A5


Proveniência: Chokwe/ 3TB/F3

Coleta: 11/05/2023

Recepção: 11/05/2023

Volume: 500ml

Requisitante: Sancho Owen Eduardo

Registo nº  ES/LPHAA/SPS-GZ/2023

Início da análise: 11/05/2023

Data fim da análise: 15/05/2023

Motivo da colheita: Estudo

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
Coliformes totais	39	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	Microbiológicas
Coliformes fecais	Ausente	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	
Cor	Incolor	Visual	-	Incolor	-	
Turbidez	1.59	Nefelometria	-	5	NTU	Físicas
TDS	510	Potenciometria	-	1000	Mg/l	
Temperatura	24.1	Potenciometria	-	-	C	
C. eléctrica	1018	Potenciometria	50	2000	µs/cm	
pH	6.46	Potenciometria	6.5	8.5	-	Químicas
Alcalinidade	16.25	Volumetria	-	100	Mg/l	
Dureza total	74	Volumetria	-	500	Mg/l	
Cloretos	191.43	Mohr	-	250	Mg/l	
OD	5.62	Potenciometria	-	-	Mg/l	
Ferro	0.02	Colorimetria	-	0.3	Mg/l	
Sulfato	17.33	Nefelometria	-	250	Mg/l	
Cálcio	24.04	Volumetria	-	50	Mg/l	
Nitrato	0.05	Colorimetria	-	50	Mg/l	
Bicarbonato	13.70	Volumetria	-	-	Mg/l	
Magnésio	12.1	Diferença	-	50	Mg/l	
Nitrogénio	0.59	Diferença	-	-	Mg/l	

JUÍZO

A amostra analisada não corresponde aos requisitos nacionais de potabilidade de acordo com o regulamento de águas para o consumo Humano n 130/2004 de 15 Setembro.

OBSERVAÇÕES: o resultado refere-se apenas a amostra analisada.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
PROVINCIA DE GAZA
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS

BOLETIM DE ANLISE DE AGUA

Ficha n° A6

Registo n° 23 ES/LPHAA/SPS-GZ/2023

Proveniência: Chokwe/ 6°B

Coleta: 11/05/2023

Recepção: 11/05/2023

Volume: 500ml

Requisitante: Sancho Owen Eduardo

Início da análise: 11/05/ 2023

Data fim da análise: 15/05/ 2023

Motivo da coleta: Estudo

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
Coliformes totais	>200	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	Microbiológicas
Coliformes fecais	A	Membrana filtrante	-	A	Ufc/100	
Cor	Incolor	Visual	-	Incolor	-	
Turbidez	2.15	Nefelometria	-	5	NTU	Físicas
TDS	682	Potenciometria	-	1000	Mg/l	
Temperatura	23.9	Potenciometria	-	-	°C	
C. eléctrica	1369	Potenciometria	50	2000	µs/cm	
pH	6.83	Potenciometria	6.5	8.5	-	
Alcalinidade	15.66	Volumetria	-	100	Mg/l	
Dureza total	80	Volumetria	-	500	Mg/l	
Cloretos	251.69	Mohr	-	250	Mg/l	
OD	6.12	Potenciometria	-	-	Mg/l	
Ferro	0.03	Colorimetria	-	0.3	Mg/l	
Sulfato	13.21	Nefelometria	-	250	Mg/l	Químicas
Cálcio	26	Volumetria	-	50	Mg/l	
Nitrato	0.68	Colorimetria	-	50	Mg/l	
Bicarbonato	11.31	Volumetria	-	-	Mg/l	
Magnésio	13.17	Diferença	-	50	Mg/l	
Nitrogénio	0.79	Diferença	-	-	Mg/l	

JUÍZO

A amostra analisada não corresponde aos requisitos nacionais de potabilidade de acordo com o regulamento de águas para o consumo Humano n 180/2004 de 15 Setembro.

OBSERVAÇÕES: o resultado refere-se apenas a amostra analisada.

