



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EM QUÍMICA INDUSTRIAL

Trabalho de Licenciatura

TEMA:

**Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na
cadeia de abastecimento de água na localidade de Mulotana
distrito de Boane**



Autora

Olga João Siteo

Maputo, Outubro de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EM QUÍMICA INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

TEMA:

**Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na
cadeia de abastecimento de água na localidade de Mulotana
distrito de Boane**

Autora

Olga João Siteo

Supervisor

Mestre Esnaider Rodriguez Suárez

Maputo, Outubro de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais João Julião Siteo e Suzana Diamantino Mondlane, pelo amor incondicional, educação paciente e sábia e por serem os meus pilares e fonte de inspiração desde o início dos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pelo dom da vida, saúde e força que proporcionou durante todo o meu trajecto académico.

Ao meu supervisor Mestre Esnaider Suarez, por sua especial atenção e contribuições técnico-científicas desde a formulação do tema e durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais João Siteo e Suzana Mondlane, pelo apoio e incentivo sempre que ficava desanimada. Às minhas irmãs Inácia Machava, uma das pessoas que me ajudou na escolha do tema; Rosalina Siteo e Juliana Siteo.

Ao meu marido Carlitos Duarte da Silva Cuambe que me acompanha, apoia e encoraja desde a escolha do curso até a escolha do tema, ao meu filho Warren Duarte Cuambe que do meu ventre fez parte das aulas do 3º e 4º ano. Ao Leon Duarte Cuambe que assistiu às análises laboratoriais de igual forma, no meu ventre.

À família Cuambe, em particular aos pais que a vida me deu Fabião Cuambe e Anieta Bila que apoiaram os meus estudos e sempre me aconselharam a não desistir mesmo enfrentando dificuldades.

As minhas amigas e companheiras Lic. Karen Liliana, Lic. Maisha Kunchenje; Lic. Lucília Panguene e Cíntia Manheia, pela amizade, partilha de conhecimentos e motivação durante o período de formação.

A todos os docentes e funcionários do Departamento de Química da UEM que contribuíram directa e indirectamente para a minha formação e aos funcionários do Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos pelo apoio durante a realização da parte experimental e enriquecimento do trabalho.

E a todos que de forma directa ou indirecta contribuíram para a minha formação, MUITO OBRIGADA!

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que este presente trabalho é resultado da minha própria pesquisa, as ideias originais expressas são da minha inteira responsabilidade sob orientação do meu supervisor e este trabalho não foi submetido em nenhuma outra instituição para a obtenção de qualquer grau académico.

Maputo de 2024

A Autora

(Olga João Siteo)

RESUMO

De uma forma categórica pode-se afirmar que a água é o combustível de existência dos seres vivos, e a partir dela incontáveis benefícios pode se ter para a humanidade. O presente trabalho tem como objectivo aferir a qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores privados de água na localidade de Mulotana, distrito de Boane. A amostragem foi realizada em duas épocas diferentes (seca e chuvosa), e em cinco pontos. As análises dos parâmetros de qualidade das águas foram realizadas no laboratório do LNHAA. No total foram determinados parâmetros físico-químicos (pH, a dureza, os cloretos, a condutividade eléctrica, os sólidos dissolvidos, a temperatura, os nitritos, nitratos, amónio, magnésio, cálcio, ferro e sódio) e microbiológicos.

Os cálculos estatísticos demonstraram uma boa precisão nos resultados laboratoriais para o fornecedor A na época seca, com uma %RSD entre 0 e 8.33%, tendo valores de RSD não muito satisfatórios para SD, Dureza, Ca e Mg. Ainda para o fornecedor A, tirando os SD e Cl⁻, os restantes parâmetros apresentaram boa correlação nos valores de RSD na época chuvosa.

Os parâmetros SD, NO₂⁻ e Fe, não apresentaram uma boa precisão nos valores de RSD no tempo seco para o fornecedor B. E na época chuvosa, tirando os SD e Fe, todos os parâmetros analisados para o fornecedor B apresentaram uma boa precisão nos resultados, com valores de %RSD entre 0 e 7.39%. Apenas os SD, Ca e NH₄⁺ não apresentaram uma boa precisão nos valores obtidos na época seca para as águas do fornecedor C, no entanto para a época chuvosa, apenas os SD e NH₄⁺ não apresentaram uma boa precisão.

Os resultados dos parâmetros analisados como pH, dureza, condutividade, nitratos, nitritos, amónia apresentam valores dentro dos limites estabelecido pela legislação nacional, no entanto, os parâmetros Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Fe e algumas análises microbiológicas revelaram resultados acima dos limites de qualidade de água para consumo humano estabelecidos pela legislação nacional. De acordo com os resultados dos parâmetros físico-químicos, assim como microbiológicos não satisfazem por completo as exigências de qualidade de uma água para o consumo humano, com isso nenhuma água analisada seria recomendada para ser consumida pela população de Mulotana.

Palavras-chaves: Água para consumo humano, qualidade, legislação nacional.

GLOSSÁRIO DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigénio

DQO – Demanda Química de Oxigénio

FPLM – Forças Populares da Libertação de Moçambique

Fc – Factor de correção

FPA – Fornecedor Privado de água

LNHAA- Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos

mg/L – Miligrama por Litro

NMA – Norma Moçambicana de Análise

mg/L – Miligrama por Litro

NTU – Unidade Nefelométrica de turbidez

OD – Oxigénio dissolvido

pH – Potencial hidrogeniónico

PSAA – Pequeno Sistema de Abastecimento de Água

STS – Sólidos Totais Suspensos

TDS – Sólidos Totais dissolvidos

UEM – Universidade Eduardo Mondlane

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

µm – Micrómetro

WHO – World Health Organisation (Organização Mundial de Saúde)

ÍNDICE

	Página
DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iii
RESUMO	iv
GLOSSÁRIO DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS	v
ÍNDICE.....	vi
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objectivos.....	2
1.1.1. Geral.....	2
1.1.2. Específicos	2
1.2. Perguntas de pesquisas	2
1.3. Relevância do estudo.....	3
1.4. Metodologia do trabalho.....	3
CAPÍTULO II.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. A Água.....	5
2.1.1. Ciclo Hidrológico	5
2.1.2. Uso da água.....	7
2.2. Qualidade da Água	8
2.3. Parâmetros de qualidade da água.....	10
2.3.1. Físicos	10
2.3.2. Químicos	11
2.3.3. Microbiológicos.....	13
2.4. Regulamentação da qualidade da água para o consumo humano em Moçambique.....	14
2.5. Sistema de abastecimento de água.....	14
2.5.1. Composição básica do sistema de abastecimento de água.....	15
2.6. Fontes de contaminação de sistemas de abastecimento de água	16
2.6.1. Esgotos Domésticos	16

**Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento de água na
localidade de Mulotana distrito de Boane**

2.6.2.	Agricultura	17
2.6.3.	Lixeiras e Cemitérios.....	18
2.6.4.	Contaminação da água para o consumo e saúde pública	19
2.7.	Gestão privada da água potável	20
2.7.1.	Os fornecedores privados	20
2.7.2.	Enquadramento legal das FPAs	20
2.7.3.	Factores que intervêm na gestão privada de água na localidade de Mulotana.....	20
CAPÍTULO III		22
3. PARTE EXPERIMENTAL		22
3.1.	Amostragem e Área de estudo.....	22
3.2.	Recolha e conservação das amostras	23
3.3.	Local da realização das análises Laboratoriais	23
3.4.	Parâmetros de Análise	23
3.5.	Materiais, equipamentos, reagentes.....	24
3.5.1.	Materiais.....	24
3.5.2.	Equipamentos	25
3.5.3.	Reagentes	26
3.5.4.	Meios de cultura.....	26
3.6.	Determinação do pH (NMAB05)	27
3.7.	Condutividade (NMAB02).....	27
3.8.	Temperatura.....	27
3.9.	Dureza (NMAC13).....	28
3.10.	Sólidos dissolvidos (NMAN09).....	29
3.11.	Cloretos (NMAC17)	29
3.12.	Nitratos (NMAC07).....	30
3.13.	Amoníaco (NMAC05 e NM1996).....	30
3.14.	Nitritos (Métodos do ácido sulfanílico e α -naftilamina)	30
Preparação de solução em Branco e amostra.....		30
3.15.	Determinação do Ferro total	31
3.16.	Sódio.....	31
3.17.	Procedimento de quantificação de Coliformes fecais e <i>Escherichia Coli</i> pelo método de membrana	32

**Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento de água na
localidade de Mulotana distrito de Boane**

CAPÍTULO IV	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Apresentação dos resultados e tratamento estatístico	33
4.2. Discussão	51
4.2.1. pH.....	51
4.2.2. Cálcio	51
4.2.3. Cloretos	52
4.2.4. Dureza	52
4.2.5. Condutividade	53
4.2.6. Magnésio	53
4.2.7. Sódio	54
4.2.8. Nitratos	54
4.2.9. Nitrito e Amônia	55
4.2.11. Microbiologia	55
CAPÍTULO V	56
1. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	56
1.1. Conclusões.....	56
1.2. Recomendações	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. O ciclo hidrológico.	6
Figura 2. Sistema de abastecimento de água.....	15
Figura 3. Contaminação de águas subterrâneas por fossas sépticas.....	17
Figura 4. Contaminação da água subterrânea por actividades agrícolas.....	18
Figura 5. Contaminação da água subterrânea por lixeiras e cemitérios.....	19
Figura 6. Localização geográfica do Distrito de Boane	22

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Materiais usados durante as análises.	24
Tabela 2. Equipamentos usados durante as análises.	25
Tabela 3. Reagentes usados durante as análises.....	26
Tabela 4. Meios de cultura usados para a execução microbiológica.....	26
Tabela 5. Resultados dos parâmetros físico-químicos do fornecedor A.....	34
Tabela 6. Resultados dos parâmetros físico-químicos do fornecedor B.....	35
Tabela 7. Resultados dos parâmetros físico-químicos do fornecedor C.....	36
Tabela 8. Resultados microbiológicos.....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Comparação dos resultados do pH no tempo seco.....	39
Gráfico 2. Comparação dos resultados do pH no tempo chuvoso.	39
Gráfico 3. Comparação dos resultados do cálcio no tempo seco.....	40
Gráfico 4. Comparação dos resultados do cálcio no tempo chuvoso.....	40
Gráfico 5. Comparação dos resultados dos cloretos no tempo seco.	41
Gráfico 6. Comparação dos resultados dos cloretos no tempo chuvoso.	41
Gráfico 7. Comparação dos resultados da dureza no tempo seco.	42
Gráfico 8. Comparação dos resultados da dureza no tempo chuvoso.....	42
Gráfico 9. Comparação dos resultados da condutividade no tempo seco.	43
Gráfico 10. Comparação dos resultados da condutividade no tempo chuvoso.....	43
Gráfico 11. Comparação dos resultados do magnésio no tempo seco.	44
Gráfico 12. Comparação dos resultados do magnésio no tempo chuvoso.....	44
Gráfico 13. Comparação dos resultados do sódio no tempo seco.....	45
Gráfico 14. Comparação dos resultados do sódio no tempo chuvoso.....	45

**Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento de água na
localidade de Mulotana distrito de Boane**

Gráfico 15. Comparação dos resultados dos nitratos no tempo seco.....	46
Gráfico 16. Comparação dos resultados dos nitratos no tempo chuvoso.....	46
Gráfico 17. Comparação dos resultados da amónia no tempo seco.....	47
Gráfico 18. Comparação dos resultados da amónia no tempo chuvoso.....	47
Gráfico 19. Comparação dos resultados dos nitritos no tempo chuvoso.	48
Gráfico 20. Comparação dos resultados dos nitritos no tempo seco.....	48
Gráfico 21. Comparação dos resultados dos sólidos dissolvidos no tempo seco.....	49
Gráfico 22. Comparação dos resultados dos sólidos dissolvidos no tempo chuvoso.	49
Gráfico 23. Comparação dos resultados do ferro no tempo chuvoso.....	50
Gráfico 24. Comparação dos resultados do ferro no tempo chuvoso.....	50

ANEXOS

	Página
Anexo 1. Resultados laboratoriais.....	i
Anexo 2. Local da recolha das amostras	xiii
Anexo 3. Análises laboratoriais.....	xv
Anexo 4. Equipamentos laboratoriais.	xvi

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Conforme reportado por [Figueiredo et al. \(2015\)](#), as estatísticas revelaram que 70% da superfície do planeta é constituída de água. Dessa água toda, o maior volume é de água salgada e somente 2,5% de água doce e, desses 2,5%, quase 98% estão “escondidos” na forma de água subterrânea

A água é indispensável para um largo espectro das actividades humanas, entre as [quais](#) se destacam, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia eléctrica e as actividades de lazer como é descrito por [Alves et al. \(2010\)](#).

No componente abastecimento público da água, destaca-se a importância deste líquido precioso para a ingestão diária dos seres humanos, [para](#) que tal aconteça as águas são sujeitas a processos de tratamento e acondicionamento de modo a torná-las adequadas para os organismos humanos.

Em Moçambique o abastecimento de água para o consumo está [dividido](#) em duas áreas bem distintas, [podendo-se](#) citar, o abastecimento de água para as zonas urbanas e para as zonas rurais. Existe uma facilidade de abastecimento para a primeira área, não se verificando o mesmo para a segunda área, devido a vários factores, [a destacar](#): a localização geográfica e a falta de equipamentos necessários por parte das autoridades responsáveis em Moçambique. No entanto, na perspectiva de reduzir essas dificuldades e garantir o fornecimento de água de qualidade para o consumo nessas áreas não cobertas [pelo abastecimento público](#), várias são as instituições/organizações do sector privado que envidam esforços para suprir essa necessidade, e colaborar com o estado moçambicano.

Garantir e manter um abastecimento adequado de água tem sido um dos factores essenciais no desenvolvimento dos assentamentos humanos de acordo com [Crittenden et al. \(2012\)](#), e nesse mesmo ponto de vista surge [o](#) presente trabalho, que essencialmente visa avaliar a qualidade das águas de consumo fornecidas pelos diferentes distribuidores privados na localidade de Mulotana, distrito de Boane.

1.1. Objectivos

1.1.1. Geral

- Avaliar a qualidade e segurança da água para consumo humano [na cadeia de abastecimento de água](#) na localidade de Mulotana.

1.1.2. Específicos

- Descrever as etapas do processo de fornecimento e distribuição da água para o consumo humano em Mulotana;
- Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água nas épocas [seca e chuvosa](#);
- Comparar os resultados obtidos laboratorialmente com os padrões de qualidade estabelecidos pela [Legislação Moçambicana](#);
- Indicar possíveis fontes poluidoras que possam colocar em risco a qualidade e segurança dessas águas de consumo.

1.2. Perguntas de pesquisas

Por forma a expandir o campo do trabalho e dar uma visão mais ampla do trabalho, podem ser colocadas as seguintes perguntas:

- O consumo da água [fornecida](#) pelos distribuidores privados em Mulotana pode acarretar algum problema de saúde aos consumidores?
- Será que a água dos fornecedores privados em Mulotana cumprem com os requisitos de qualidade físico-química e microbiológica requeridas pela [Legislação Moçambicana](#) em vigor?

1.3. Relevância do estudo

A demanda por água de qualidade tem aumentado mais do que nunca nas últimas décadas nas zonas rurais moçambicanas, isto devido ao crescimento populacional, a rápida urbanização, o crescimento dos bairros sem serviços básicos e a demanda por alimentos. A localidade de Mulotana não fica alheia a esta situação e para fazer face a essas demandas, os residentes desta localidade têm recorrido aos distribuidores privados de água existentes.

O fornecimento de água por parte dos distribuidores privados **tem-se** revelado como um óptimo empreendimento e cada vez mais tem **atraído** novos distribuidores. No entanto, esse crescente aumento de fornecedores nesta área eleva aquilo que é também a preocupação no que concerne à qualidade das águas que são fornecidas pelos **fornecedores**. Uma vez que a demanda pela água é maior pela população, maiores quantidades são necessárias e desse modo há uma necessidade de se realizar um estudo minucioso da qualidade **da mesma** por forma a garantir a segurança no consumo por parte da população.

O presente trabalho permitirá descrever os processos relacionados com a cadeia de distribuição e fornecimento de água pelos fornecedores privados, determinar a qualidade de água fornecida pelos distribuidores de água na localidade de Mulotana, identificar os pontos críticos de controle no monitoramento da qualidade. Da mesma forma, o trabalho **permitirá** identificar os riscos do uso da água fornecida pelos distribuidores privados para a saúde humana bem como conhecer toda a cadeia de captação, distribuição e fornecimento de água.

1.4. Metodologia do trabalho

Com vista **a** alcançar os objectivos traçados, a elaboração do presente trabalho obedeceu **à** seguinte sequência:

- **Revisão Bibliográfica:** A revisão bibliográfica consistiu na recolha, **selecção** das informações relacionadas com **o** campo da água. **Para** tal **recorreu-se** ao uso de revistas, artigos científicos, livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e páginas da internet.
- **Parte Experimental:** A parte experimental do presente trabalho consistiu na determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para avaliar a qualidade e segurança da

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Molutana distrito de Boane

água para o consumo humano fornecida e distribuída pelos fornecedores privados da localidade de Molutana. Para tal esta foi desde a recolha das amostras nos fornecedores até a **realização** das análises laboratoriais.

- **Apresentação dos resultados:** Após a obtenção dos resultados experimentais das análises físico-químicas e microbiológicas, estes foram expressos na forma de gráficos e tabelas no trabalho. Fez-se o uso de técnicas e ferramentas estatísticas para analisar e comparar os resultados obtidos para dar um juízo final acerca **da mesma**.
- **Elaboração do trabalho:** O relatório final foi elaborado de acordo com as normas em vigor na Faculdade de Ciências da UEM, cobrindo informações desde a introdução, objectivos, relevância do tema, revisão bibliográfica, parte experimental, apresentação e interpretação dos resultados, conclusões e recomendações.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A Água

Água é vida. A água é essencial para a vida, pois sem ela nenhuma vida pode sobreviver, seja homem, animal ou planta. É um facto bem conhecido que enquanto o homem pode passar sem alimentos sólidos por mais de 40 dias é muito improvável que ele sobreviva sem água por 7 dias. A água é um recurso natural de qualquer país (Adeolu, 2016).

A água como elemento primário do meio ambiente também foi afectada. W. H. Auden, poeta e autor inglês, escreveu: “Milhares viveram sem amor, nenhum sem água.” Por isso, as preocupações com os recursos hídricos e a qualidade da água não devem ser encaradas como um fim em si, mas sim como um meio para qualquer desenvolvimento futuro (Žeber-Dzikowska *et al.*, 2022).

Conforme descrito por Abrahão (2006), na natureza, as águas renovam-se continuamente, graças aos 100 trilhões de toneladas anuais de água que, evaporados dos oceanos, precipitam-se sobre os continentes, infiltrando-se nos solos, abastecendo lagos e reservatórios, escoando superficialmente e voltando para os oceanos ou directamente para a atmosfera, através da evapotranspiração. Esta permanente mudança de estado da água na natureza chama-se ciclo hidrológico. Entretanto, essa enorme quantidade de água não se encontra distribuída uniformemente por todo o planeta, sendo um bem abundante em algumas regiões e extremamente raro em outras.

A mudança da água de um estado físico para outro no ciclo hidrológico é um factor importante que influencia os processos geológicos, químicos, físicos e biológicos que operam na superfície da terra, incluindo o desenvolvimento e manutenção da vida.

2.1.1. Ciclo Hidrológico

A água transforma-se de líquido em sólido, sólido em líquido, líquido em vapor, vapor em líquido e vapor em estado sólido. A radiação solar, a aceleração da gravidade, a capacidade de escoamento da água e diversas outras propriedades da água tornam essa transformação mais efectiva e regular. A entrada básica para as massas de água do mundo vem da precipitação (Balasubramanian & Nagaraju, 1994).

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Guimarães (2015) define o ciclo hidrológico como sendo a sequência fechada de fenómenos naturais pelos quais a água passa da atmosfera ao globo terrestre, na fase líquida ou sólida, e volta novamente a ela, na fase de vapor (Figura 1). A energia necessária para que o ciclo hidrológico se mantenha provém da energia solar.

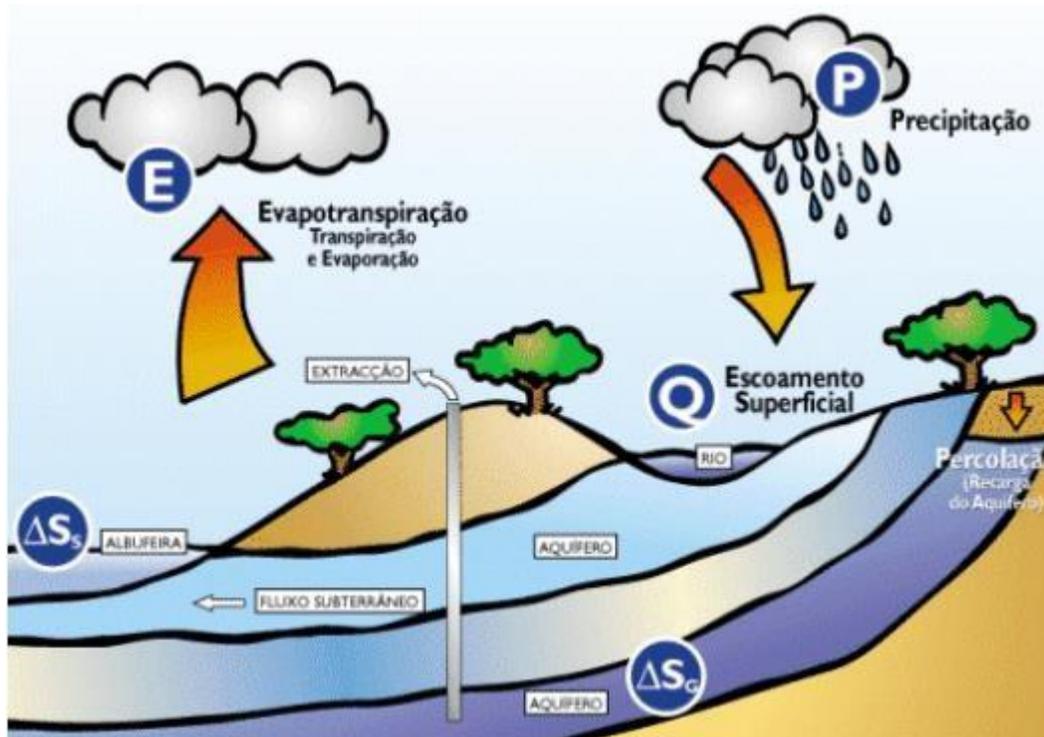


Figura 1. O ciclo hidrológico. Fonte: Guimarães (2015).

Ainda fundamentando acerca do ciclo, Guimarães (2015) acrescenta que o ciclo hidrológico não tem fim, no entanto, para o descrever é usual definir um ponto de início, por exemplo a atmosfera. O vapor de água existente na atmosfera, transportado pela circulação atmosférica alimenta as nuvens a partir das quais se forma a precipitação, fundamentalmente sob a forma de chuva e neve.

A água precipitada na superfície terrestre segue vários caminhos: uma parte é evaporada durante a queda; outra é interceptada (plantas, casas, etc.) sendo também evaporada; uma outra parte dá lugar ao escoamento superficial que se dirige para os rios que, por sua vez, alimentam os lagos e oceanos donde é evaporada; outra parte infiltra-se, humedece o solo que também é fonte de evaporação, alimenta as plantas através das quais volta à atmosfera por transpiração, ou alimenta

os aquíferos que, por sua vez, alimentam os cursos de água donde será também evaporada, fechando assim o ciclo.

2.1.2. Uso da água

Adeolu (2016) afirma que na era actual, a importância da água aumentou ainda mais devido à industrialização do mundo, pois é necessária muita água potável para a produção de muitos bens industriais, geração de energia hidroeléctrica e fins de irrigação, etc. A água também é um importante meio de transporte em muitas partes do mundo e um factor significativo na recreação. Com o avanço da civilização, o homem aumentou o índice de poluição do tão necessário recurso, tornando-o impróprio para tantos usos.

Os principais usos da água são:

- Abastecimento doméstico;
- Abastecimento industrial;
- Irrigação;
- Fornecimento de animais;
- Preservação da vida aquática;
- Recreação e lazer;
- Criação de espécies aquáticas;
- Geração de electricidade;
- Navegação;
- Harmonia paisagística;
- Diluição e transporte de resíduos.

Em termos gerais, apenas as duas primeiras utilizações (abastecimento doméstico e abastecimento industrial) são frequentemente associadas a um tratamento prévio da água, atendendo aos seus requisitos de qualidade mais exigentes. Existe uma relação directa entre o uso da água e a sua qualidade requerida. Na lista acima, o uso mais exigente pode ser considerado o abastecimento doméstico de água, que exige o cumprimento de vários critérios de qualidade. Pelo contrário, as utilizações menos exigentes são a simples diluição e transporte de resíduos, que não apresentam

requisitos específicos em termos de qualidade. No entanto, deve-se lembrar que os usos múltiplos geralmente são atribuídos aos corpos de água, resultando na necessidade de satisfazer diversos critérios de qualidade. É o caso, por exemplo, de reservatórios construídos para abastecimento de água, geração de energia eléctrica, recreação, irrigação e outros (Von Sperling, 2015).

2.2. Qualidade da Água

A qualidade da água refere-se às características químicas, físicas e biológicas da água com base nos padrões de seu uso. É mais frequentemente usado como referência a um conjunto de padrões contra os quais a conformidade, geralmente obtida por meio do tratamento da água, pode ser avaliada. Os padrões mais comuns usados para monitorar e avaliar a qualidade da água transmitem a saúde dos ecossistemas, a segurança do contacto humano e a condição da água potável. A qualidade da água tem um impacto significativo no abastecimento de água e muitas vezes determina as opções de abastecimento (Shaltami & Bustany, 2021).

Geralmente, pode-se dizer que a qualidade da água é uma função do uso da terra na área de captação. Isso deve-se aos seguintes factores:

- Condições naturais: mesmo com a bacia hidrográfica preservada em seu estado natural, a qualidade das águas superficiais é afectada pelo escoamento e infiltração decorrentes das chuvas.
- Interferência do ser humano: a interferência do homem manifesta-se quer de forma concentrada, como na descarga de águas residuais domésticas ou industriais, quer de forma difusa, como na aplicação de fertilizantes ou pesticidas no solo (Von Sperling, 2015).

A água contém naturalmente substâncias dissolvidas, material particulado não dissolvido e organismos vivos; de facto, tais materiais e organismos são componentes necessários de boa qualidade, pois ajudam a manter os ciclos biogeoquímicos vitais. Existem poucas excepções em que substâncias de ocorrência natural desencadeiam problemas de qualidade da água (Un-Water, 2011).

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Os parâmetros de qualidade da água são determinados pelo uso pretendido. Os trabalhos na área de qualidade da água tendem a se concentrar na água que é tratada para potabilidade, uso industrial/doméstico ou restauração (de um sistema ambiental, geralmente para a saúde da vida humana/aquática).

a) Consumo Humano

Os contaminantes que podem estar na água não tratada incluem microrganismos como vírus, protozoários e bactérias; contaminantes inorgânicos como sais e metais; contaminantes químicos orgânicos de processos industriais e uso de petróleo; pesticidas e herbicidas; e contaminantes radioactivos. A qualidade da água depende da geologia e do ecossistema local, bem como dos usos humanos, como dispersão de esgoto, poluição industrial, uso de corpos de água como dissipador de calor e uso excessivo (que pode diminuir o nível da água).

A água potável, incluindo água engarrafada, pode conter pelo menos pequenas quantidades de alguns contaminantes. A presença desses contaminantes não indica necessariamente que a água representa um risco à saúde. Em áreas urbanizadas em todo o mundo, a tecnologia de purificação de água é usada em sistemas municipais de água para remover contaminantes da fonte de água (água superficial ou subterrânea) antes de ser distribuída para residências, empresas, escolas e outros destinatários. A água retirada diretamente de um córrego, lago ou aquífero e que não tenha tratamento terá qualidade incerta em termos de potabilidade. O fardo da água potável poluída afecta desproporcionalmente populações sub-representadas e vulneráveis [Katner et al., \(2018\)](#).

As comunidades que carecem desses serviços de água potável correm o risco de contrair doenças transmitidas pela água e relacionadas à poluição, como cólera, diarreia, disenteria, hepatite A, febre tifoide e poliomielite.

As doenças mais comuns de transmissão hídrica são: febre tifóide, agente causador *Salmonella* tifóide; febre paratifóide, agentes *Salmonelas* paratifóides (A, B, C); disenteria bacilar, agente *Bacilo* disentérico; disenteria amebiana, agente *Entamoeba* histolítica; cólera, agente *Vibrião* da cólera; diarreia, agente *Enterovírus*; *E. Coli*; hepatite infecciosa, agente *Vírus* tipo A e giardíase agente *Giárdia* lamblia. Além disto, várias doenças intestinais causadas por protozoários são transmitidas pela água ou por alimentos contaminados por ela (Abrahão, 2006).

b) Uso Doméstico e Industrial

Os íões dissolvidos podem afectar a adequação da água para uma variedade de fins industriais e domésticos. Os mais conhecidos deles são provavelmente o cálcio e magnésio que interferem na acção de limpeza do sabão e podem formar depósitos de sulfato duro e carbonato mole nos aquecedores ou caldeiras. A água dura pode ser suavizada para remover esses íões. O processo de amolecimento geralmente substitui os catiões de sódio. Para certas populações, a água dura pode ser preferível à água macia porque problemas de saúde têm sido associados a deficiências de cálcio e excesso de sódio. A necessidade de cálcio e magnésio adicionais na água depende da população em questão porque as pessoas geralmente satisfazem as suas quantidades recomendadas por meio de alimentos (Shaltami & Bustany, 2021).

2.3. Parâmetros de qualidade da água

2.3.1. Físicos

a) Condutividade Eléctrica

Como afirma Sarker (2013), a condutividade eléctrica é geralmente usada para indicar a concentração total dos constituintes ionizados dos resíduos. Está intimamente relacionada com a soma dos catiões ou aniões determinados quimicamente e geralmente correlaciona-se intimamente com o sólido dissolvido total.

A condutividade eléctrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente eléctrica. Quanto maior for a quantidade de íões dissolvidos, maior será a condutividade eléctrica da água. Em águas continentais, os íões directamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos (Abrahão, 2006). O intervalo aceitável para a condutividade é de 50-2000µhmo/cm.

b) Sólidos Totais Suspensos (STS)

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma:

- Sólidos Totais
- ✓ Em Suspensão: Sedimentáveis e não sedimentáveis.
- ✓ Dissolvidos: Voláteis e Fixos

Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração e que permanecem em solução mesmo após a filtração (Salamandane *et al.*, 2021). O valor máximo admissível de sólidos totais na água é de 1000mg/L

c) Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido (Salamandane *et al.*, 2021). A mesma é provocada por partículas em suspensão que na maior parte do tempo são invisíveis para o olho nu por serem partículas muito finas (Lamego, 2020), ou por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais nos corpos de água. O limite máximo admissível de turbidez é 5NTU.

2.3.2. Químicos

a) pH

O potencial hidrogeniônico representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de iões hidrogénio. Embora o pH não tenha impacto directo na água utilizada pelo consumidor final, é um parâmetro muito importante. Quando ultrapassa a faixa ideal, pode influenciar na desinfecção e clarificação do cloro na água (Andrade *et al.*, 2016). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para a sua corrosividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações nas tubagens (Lamego, 2020). O intervalo de pH para águas de abastecimento é estabelecido pelo Diploma Ministerial n.º 180/2004 de 15 de Setembro que aprova o Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano. Esse parâmetro objectiva minimizar os problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição.). O intervalo aceitável para o pH é de 6,5-8,5.

b) A matéria orgânica

A matéria orgânica está contida na fracção de sólidos voláteis, mas normalmente é medida de forma indirecta pela demanda bioquímica de oxigénio (DBO) e demanda química de oxigénio (DQO). A DBO mede a quantidade de oxigénio necessária para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica. A DQO é a medida da quantidade de oxigénio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. A matéria orgânica ao ser biodegradada nos corpos receptores causa um decréscimo da concentração de oxigénio dissolvido (OD) no meio hídrico,

deteriorando a qualidade ou inviabilizando a vida aquática (Giordano, 2004).

- **A Demanda Bioquímica de Oxigénio**

A DBO de 5 dias (DBO) é o parâmetro de poluição orgânica mais amplamente aplicado às águas residuais. Envolve a medição do oxigénio dissolvido usado pelos microorganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. A presença de oxigénio suficiente promove a decomposição biológica aeróbia de um resíduo orgânico (Okereke *et al.*, 2016).

- **A Demanda Química de Oxigénio**

O teste DQO mede o equivalente de oxigénio do material orgânico em águas residuais que pode ser oxidado quimicamente. A DQO sempre será maior que a DBO. Isso ocorre porque a DQO mede substâncias que são quimicamente e biologicamente oxidadas. (Okereke *et al.*, 2016)

c) Dureza

A dureza indica a concentração de catiões multivalentes em solução na água. Os catiões mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) e, em menor escala, ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}).

A dureza pode ser classificada como **dureza temporária** ou **dureza permanente**, dependendo do anião com o qual está associada.

d) Nitratos

O nitrato (NO_3^-) é a principal configuração do nitrogénio encontrada nas águas e a sua concentração é moderada na maior parte dos ambientes não antropizados. O nitrato é um dos elementos mais problemáticos para a saúde humana, pois quando entra no trato digestivo humano **pode-se** transformar em nitrito e, este, **em** excesso, pode causar doenças como a metahemoglobinemia, ou síndrome do bebé azul. Este problema ocorre porque bactérias do sistema digestivo convertem nitrato em nitrito que, após absorção, tornam a hemoglobina incapaz de libertar oxigénio produzindo sintomas de asfixia (Giacometti, 2001).

e) Alcalinidade

A alcalinidade indica a quantidade de **iões** na água que reagem para neutralizar os **iões** hidrogénio. Constitui, portanto, uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo assim

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

para expressar a capacidade de tamponamento da água, isto é, a sua condição de resistir a mudanças do pH. Ambientes aquáticos com altos valores de alcalinidade podem, manter aproximadamente os mesmos teores de pH, mesmo com o recebimento de contribuições fortemente ácidas ou alcalinas (Rodrigues *et al.*, 2020).

f) Cloretos

O cloro é largamente utilizado para purificar a água destinada ao consumo, também utilizado cada vez mais como desinfectante de efluentes de esgoto. Tem sido significativo na redução de doenças entéricas em ambos os casos, o cloro é adicionado em quantidades controladas na fase final do processo, a preocupação com a saúde pública é que este tipo de desinfecção pode produzir **subprodutos** clorados e efeitos potenciais destes compostos na saúde foram considerados.). O **limite máximo aceitável para os cloretos é de 250mg/L**.

g) Sódio

O sódio (Na^+) é um elemento **relacionado com a** variação no carácter estético da água que pode ocasionar aversão ao seu consumo. Além disso, existe uma recomendação para controlar o consumo de sódio devido à existência de uma relação entre a sua ingestão e a hipertensão arterial em animais e no homem. Mas contrariamente ao que é relatado, a grande ingestão do sódio não é suficiente para a instalação **de** um quadro de hipertensão arterial, pois nem todas as pessoas com alta concentração de sódio na dieta **a** desenvolvem. O **limite máximo aceitável para o sódio é de 200mg/L**

h) Amónio

O ião amónio é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque **a** sua absorção é energeticamente mais viável. O ião amónio pode também ser encontrado na forma não dissolvida como hidróxido de amónio (Kindlein, 2010). O **limite máximo aceitável para o amónio é de 1,5mg/L**

2.3.3. Microbiológicos

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoactivos que fermentam a lactose com a produção de ácido, gás e aldeído, e que podem apresentar actividade da enzima β -

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

galactosidase (Kindlein, 2010). O intervalo aceitável para os coliformes fecais é de 0-10 N° de colónias/100mL.

A *E. Coli* é uma bactéria do grupo de coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás em 24 horas; produz indol a partir de triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a ureia e apresenta actividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogénicos (Kindlein, 2010).

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

O Diploma Ministerial nº 180/2004 de 15 de setembro de 2004 estabelece padrões de qualidade da água para o consumo humano. Propõe que toda a água destinada ao consumo humano, distribuída colectivamente por meio de sistema de abastecimentos de água, deve ser objecto de controle da qualidade da água. Dessa forma, toda a água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimentos de água, independente da forma de distribuição, está sujeita a controle sanitário. Assim, a água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade estabelecido na Norma Moçambicana Padrões de Qualidade da Água.

2.5. Sistema de abastecimento de água

O abastecimento de água para o consumo humano constitui uma condicionante para o desenvolvimento das comunidades e, nos dias actuais, é um verdadeiro desafio, devido a vários factores como, o crescimento populacional, a urbanização, as mudanças climáticas e fenómenos ambientais (Gizachew *et al.*, 2020).

Em Moçambique, na maioria dos casos, a água para o abastecimento pode ser de dois tipos de mananciais: superficial e subterrâneo. As captações superficiais utilizam directamente cursos de água, de represas, lagos e rios, e quase sempre há necessidade de que a água passe por um processo completo de adequação (Porcy *et al.*, 2020), realizado em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), enquanto as captações subterrâneas basicamente fazem uso de aquíferos, e geralmente oferecem condições de abastecimento muito mais simples para que se enquadrem dentro de padrões de potabilidade, já que o manancial é mais “protegido”.

2.5.1. Composição básica do sistema de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água, geralmente, compreende: captação, adução, reservatório, tratamento e rede de distribuição. Tem como objectivo levar água potável para o uso no consumo doméstico, indústria, serviço público, entre outros.

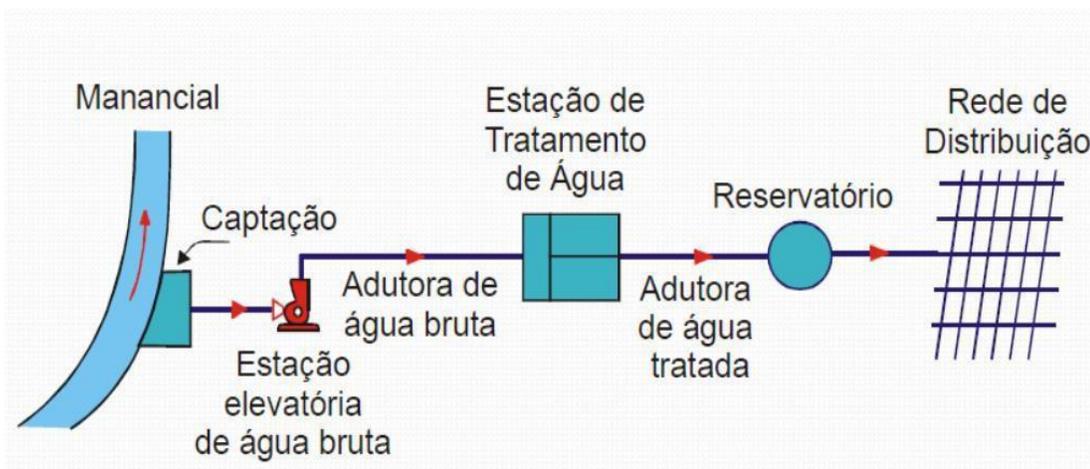


Figura 2. Sistema de abastecimento de água. Fonte: Dingane (2022).

Segundo Dingane,(2022) a captação da água por mananciais inclui as águas pluviais, as quais podem ser coletadas dos telhados e encaminhadas para cisternas para uso individual e captadas por locais próprios que direccionam a água para reservatórios destinados ao abastecimento de pequenas comunidades. A captação de águas superficiais compreende as águas dos rios e lagos e de cursos de água com suprimento normalmente de barragem. A colecta das águas subterrâneas é subdividida em fontes naturais, como de encostas e fundo de vale; poços, que podem ser escavados, cravados ou perfurados e galerias de infiltração, que utilizam drenos perfurados.

A adução refere-se ao conjunto de encanamentos, peças especiais e obras de arte destinados a promover a circulação de água do abastecimento urbano entre a captação, a estação de tratamento de água, o reservatório e a rede de distribuição, não sendo necessariamente a mesma ordem em todos os casos.

A água colectada de rios e lagos chega aos tanques de tratamento bastante escurecida devido às partículas de sujeira dispersas. Para que se torne potável e livre de doenças, ela passa por várias etapas de purificação:

- Aeração (remoção dos gases) – coagulação e floculação, onde as partículas sólidas se aglomeram;
- Decantação – processo no qual os aglomerados sólidos se depositam no fundo do

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

reservatório;

- Filtração – etapa onde a água passa por filtros de cascalho, areia e carvão;
- Desinfecção – composta pela adição de cal, cloro e flúor.

Já as águas subterrâneas são tratadas, na maioria das vezes, apenas por filtração e adição de cloro para desinfecção, visto que são naturalmente mais limpas. O reservatório tem por finalidade o armazenamento de água para atender variações de consumo e a melhoria nas condições de pressão da água na rede de distribuição pois garante uma altura manométrica constante. A rede de distribuição é o conjunto de tubulações e peças que têm como finalidade a condução da água até aos pontos de tomada das instalações prediais ou aos pontos públicos.

2.6. Fontes de contaminação de sistemas de abastecimento de água

A contaminação da água está fortemente vinculada ao crescimento populacional e à expansão das actividades industriais. O intenso crescimento populacional observado nas últimas décadas e a urbanização de forma acelerada e sem o devido planeamento aumentaram a pressão antrópica sobre os recursos hídricos, sobretudo no que se refere àqueles usados para o abastecimento urbano que podem ser águas subterrâneas ou águas superficiais tratadas (Islam *et al.*, 2006).

A expansão das actividades industriais, também intimamente relacionada ao crescimento populacional, vem promovendo a transformação de matérias-primas em bens de consumo em escala cada vez maior, gerando, como consequência, grandes quantidades de rejeitos (Wright *et al.*, 2004), que nos países em desenvolvimento muitas vezes são bombeados directamente para cursos de água, o que têm contribuído para degradação significativa dos corpos aquáticos (Casedei, 2016).

2.6.1. Esgotos Domésticos

Os esgotos são as principais fontes de poluição por actividade antrópica (Figura 3) neles pode-se observar substâncias de produtos de limpeza e dejectos humanos. O lançamento dos mesmos directamente sobre o solo ou na água, os vazamentos na rede de esgotos e a utilização de fossas construídas de forma inadequada constituem as principais causas de contaminação das águas subterrâneas (Salamandane, *et al.*, 2021).



Figura 3. Contaminação de águas subterrâneas por fossas sépticas. Fonte: Salamandane *et al.*, (2021).

2.6.2. Agricultura

A imensa extensão das actividades agrícolas em todo o mundo contribui significativamente tanto para a produtividade económica quanto para as cargas de poluentes como ilustra a Figura 4 (Gizachew *et al.*, 2020). Contudo, a prática agrícola pode ter como consequência contaminação de águas subterrâneas, pois os fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura podem contaminar as águas com substâncias como compostos orgânicos, nitratos, sais e metais pesados (Libano, 2005), e estes por sua vez são responsáveis pelo aumento de nitratos, fosfatos e cloretos na água subterrânea. Esta contaminação acontece devido ao uso excessivo dos fertilizantes e agrotóxicos, não permitindo que a quantidade seja absorvida por completo pelas plantas, assim percolando e atingindo os reservatórios subterrâneos.



Figura 4. Contaminação da água subterrânea por atividades agrícola. Fonte: Salamandane *et al.*, (2021).

2.6.3. Lixeiras e Cemitérios

A deposição de resíduos sólidos directamente no solo contribui para a degradação da qualidade de água. Isso acontece porque os resíduos sólidos durante o processo de decomposição, libertam um líquido denominado chorume, e quando chove, a água da chuva percola pelos resíduos carregando todo chorume (Luby *et al.*, 2015), e o chorume por sua vez pode infiltrar-se no solo podendo atingir aquíferos e contaminar a água utilizada para abastecimento da população, como ilustra a Figura 5.

Os cemitérios são locais onde são realizados actos de sepultamento e enterros de cadáveres (Holcomba *et al.*, 2019), e durante a sua implementação deve-se ter em conta alguns critérios como caracterização hidrogeológica do local, níveis inferiores das sepulturas com relação ao nível freático, isto porque a disposição inadequada gera efeitos poluidores da água subterrânea (Islam *et al.*, 2006). A contaminação relacionada aos cemitérios pode ocorrer por causa do necrochorume (líquido produzido pela decomposição do corpo por microrganismos (Caylak & Tokar, 2011).

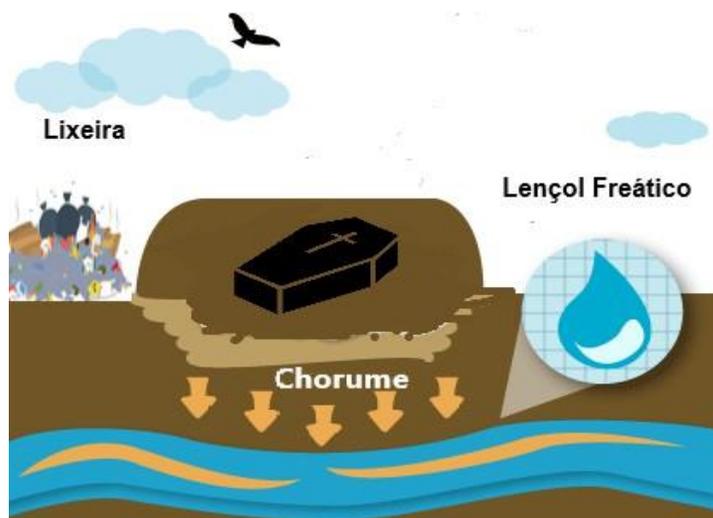


Figura 5. Contaminação da água subterrânea por lixeiras e cemitérios. Fonte: Adoptado de (Linhares, 2009).

2.6.4. Contaminação da água para o consumo e saúde pública

Organismos patogénicos são componentes normais de todos os ecossistemas, mas a contaminação microbiológica por bactérias fecais provenientes de actividade antrópica é considerada um problema sério no que se refere a água para abastecimento humano (Nabeela *et al.*, 2014). Esta contaminação é muitas vezes de natureza relacionada a seres humanos (estações de tratamento de esgoto de água, sistemas de esgoto) e/ou animais domésticos (disseminação excrementos e transbordamento das fossas sépticas) (Anthonj *et al.*, 2018).

O consumo de água contaminada por matéria fecal, causa várias doenças como diarreia, cólera, febre tifoide, hepatite A, dermatite, febre entérica, etc., em muitas partes do mundo especialmente nas populações mais empobrecidas (Salamandane *et al.*, 2021). Actualmente, no mundo existem mais de 2,2 bilhões de pessoas sem acesso à água potável principalmente em países em desenvolvimento, e 80% das doenças nesses países é disseminada pelas águas (WHO; UNICEF, 2020). Segundo essa mesma organização a água de baixa qualidade, a precariedade do saneamento e más condições de higiene causam a morte de 200 pessoas/hora e mais de 10 milhões de pessoas morrem a cada ano, em decorrência de doenças relacionadas à ingestão de água contaminada e falta de saneamento, sendo a maioria crianças abaixo de cinco de idade (Rodrigues *et al.*, 2020).

2.7. Gestão privada da água potável

2.7.1. Os fornecedores privados

Os Fornecedores Privados de Água (FPA), são considerados fornecedores locais de serviços de abastecimento de água, de pequena escala que operam na área de jurisdição do servidor público, sendo estes predominantes em África e em alguns países de Ásia. Segundo o WASH-FIN, sobre um programa de capacitação dos FPAs, foi feito um levantamento pelo sector de águas com apoio do projecto SPEED+, onde se estima que em 2018 existiam cerca de 1.840 FPAs em todo o país (Moçambique) a abastecer aproximadamente 1,76 milhões de pessoas.

Embora a literatura existente sobre os FPAs seja limitada, alguns estudos levados a cabo apontam algumas fragilidades nos sistemas de abastecimento de água operados pelos FPAs, problemas estes relacionados com aspectos técnicos que põem em causa a qualidade dos serviços prestados no abastecimento de água. O sistema de abastecimento de água do FPA é geralmente composto por um conjunto isolado de infraestruturas, as quais são constituídas por furos, tratamento, armazenamento e rede de distribuição de água e, dependendo da sua dimensão e complexidade, podem ser compostos somente de captação (furos), depósito de armazenamento, alguns fontanários e ligações domiciliárias limitadas.

2.7.2. Enquadramento legal das FPAs

Dada a relevância e impacto nas comunidades, o governo de Moçambique reconheceu a contribuição dada pelos FPAs para a cobertura do abastecimento de água a Moçambique através do Decreto n.º. 51/2015, que criou o quadro legal para a sua legalização e licenciamento das suas actividades. No âmbito do referido quadro, os FPAs são classificados consoante o número de clientes, sendo da classe mais baixa com menos de 500 clientes e a mais alta tem mais de 5000 clientes.

2.7.3. Factores que intervêm na gestão privada de água na localidade de Mulotana

De um modo geral, o abastecimento de água está condicionado pelo:

- Insuficiente número de infra-estruturas para retenção, armazenamento e captação de águas

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Molutana distrito de Boane

superficiais e para as águas subterrâneas, condições hidrogeológicas desfavoráveis tais como produtividade limitada dos aquíferos, água salobra;

- Insuficiente manutenção adequada das infra-estruturas, originada pelo fraco cometimento e envolvimento das comunidades e a fraca capacidade de gestão dos comités de água;
- Fraco envolvimento do sector privado na gestão dos PSAAs (PEDD, 2015-2025).

No âmbito das políticas do Governo em curso visando aumentar o abastecimento de água nas zonas rurais e urbanas para a satisfação das necessidades básicas da população, impõe-se a tomada de medidas para que a água disponibilizada tenha uma qualidade aceitável para o consumo humano, o que irá contribuir para a redução das doenças associadas. A Lei n.º 16/91, de 3 de agosto, Lei de Águas, atribui ao Ministro da Saúde competências para estabelecer os parâmetros através dos quais se deverá reger o controlo da qualidade da água para que seja considerada potável e própria para o consumo humano.

CAPÍTULO III

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Amostragem e Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido no distrito de Boane, concretamente na localidade de Mulotana. A amostragem foi realizada em duas épocas (seca e chuvosa), e em cinco pontos diferentes para ambas as épocas, a mencionar: na fonte de abastecimento do camião cisterna (P₁), no camião cisterna logo após o abastecimento (P₂), no camião cisterna durante o trajecto a 6 Km da fonte de abastecimento (P₃), no camião cisterna na casa a ser abastecida a 12 Km da fonte (P₄) e por fim casa logo após o enchimento do tanque (P₅).

O distrito de Boane está localizado no extremo Sul da província de Maputo entre a latitude 26° 02' 36" Sul e Longitude 32° 19' 36", sendo limitado a Norte pelo distrito de Moamba, a Sul e Oeste pelo Distrito da Namaacha, e ao este pela Cidade da Matola e pelo Distrito de Matutuine. Dista cerca de 22 km da capital provincial (cidade da Matola) e 30 km da cidade capital do País (Maputo).

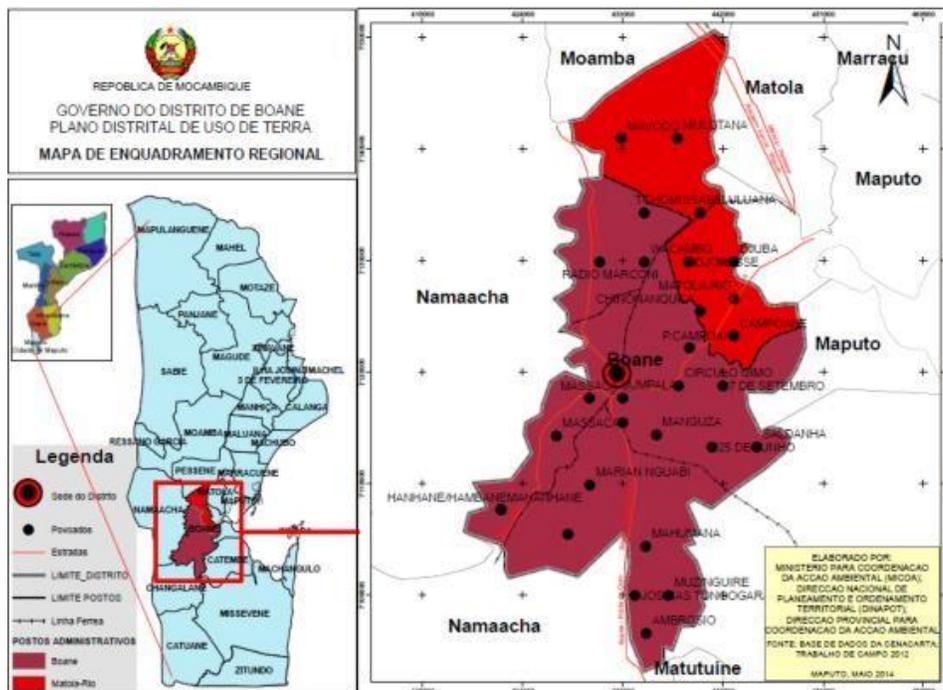


Figura 6. Localização geográfica do Distrito de Boane (PEDD, 2015-2025).

3.2. Recolha e conservação das amostras

A recolha das amostras foi realizada em dias e meses diferentes uma vez que o presente trabalho analisou as águas em duas épocas diferentes (seca e chuvosa) e os pontos de amostragem permaneceram os mesmos para a recolha das amostras para ambas as épocas.

As amostras colectadas foram conservadas em frascos de vidro e em garrafas plásticas devidamente rotuladas (com a data e o local da amostragem). Os recipientes de reserva foram esterilizados antes da introdução das amostras e depois da colheita estas amostras foram conservadas em uma caixa térmica por forma a conservar a integridade das amostras.

Após o levantamento e mapeamento das fontes de abastecimento de água, 30 amostras foram colectadas para posterior realização de análises físico-químicas de acordo com os parâmetros estabelecidos diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro de 2004, do Ministério da Saúde.

3.3. Local da realização das análises Laboratoriais

Todas as análises do presente trabalho foram realizadas no Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos (LNHAA) situada na avenida das FPLM número 2260, cidade de Maputo.

3.4. Parâmetros de Análise

Para a avaliação da qualidade das águas fornecidas pelos distribuidores privados na localidade de Mulotana, foram analisados basicamente parâmetros físico-químicos, a mencionar: o pH, a dureza, os cloretos, a condutividade, os sólidos dissolvidos, a temperatura, os nitritos, os nitratos, o amónio e os metais (magnésio, cálcio, ferro e sódio) e os parâmetros microbiológicos (Coliformes fecais e *Escherichia Coli*).

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

3.5. Materiais, equipamentos, reagentes

3.5.1. Materiais

Os materiais usados durante a realização das experiências laboratoriais estão patentes na tabela 1.

Tabela 1. Materiais usados durante as análises.

Materiais	
Bastão e barra magnética	Pipetas
Balões volumétricos (25 e 100 mL)	Pipetas graduadas (0,01; 1; 5 e 10 mL de graduação)
Papel de filtro	Provetas (5, 10, 25, 50, 250, 500 e 1000 mL)
Marcador	Suporte de tubos de ensaio
Funil de vidro e de plástico	Suporte universal
Bureta de 25 mL	Tubos de ensaio
Frascos de plástico	Vareta de vidro
Cápsulas de porcelana	Funil de decantação de 500 mL
Conta-gotas	Espátulas
Copo de precipitação (50 e 100 mL)	Esguicho
Erlenmeyers (250 e 500 mL)	Termómetro
Ansa de platina (3 mm)	Pinças arredondadas
Frascos plásticos	

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

3.5.2. Equipamentos

Os equipamentos usados na realização das experiências laboratoriais estão patentes na tabela 2.

Tabela 2. Equipamentos usados durante as análises.

Equipamentos
Agitador magnético (modelo SB 162; Fornecedor: STUART)
Balança analítica (modelo AUX320; Max:320g, Min: 10mg, e: 1mg, d: 0-1mg; Fornecedor: SHIMADZU)
Balança analítica (Max: 2,000g, e:0,1g; Fornecedor: VWR)
Balança analítica (modelo AFP-2100L; Max: 2100g, d: 10mg; Fornecedor: AE ADAM)
Banho-maria (modelo precistern; Fornecedor: P SELECTA)
Banho-maria (modelo B-480; Fornecedor: BÜCHI)
Manta eléctrica (ELECTROMANTLE)
Homogeneizador (modelo 400; Fornecedor: STOMACHER)
pHmetro (Fornecedor: METTER TOLEDO)
Espectrofotómetro de absorção molecular (modelo S22; Fornecedor: BIOCHROM)
Incubador controlado por termostato a 44 ± 0.5 °C
Autoclave para esterilização a vapor (121/15)
Equipamento de filtração (Fornecedor: Manifold)
Estufa
Bomba de vácuo
Membranas filtrantes (compostas por ésteres de diâmetro de 47 mm)
Placas de petri esterilizantes (diâmetro de 65 mm e 90 mm)
Fotómetro de chama (modelo 400; Fornecedor: CORNING)
Condutímetro (modelo LF 91; Fornecedor: WTW)
Placa de aquecimento (Fornecedor: GERHARDT)

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

3.5.3. Reagentes

A tabela 3 contém os reagentes que foram usados durante as análises laboratoriais.

Tabela 3. Reagentes usados durante as análises.

Reagentes	
Água destilada	Nitrato de Prata (AgNO₃) (0.1 N) (98%) (G.P.R)
Hidróxido de Sódio (1 N)	Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) (98%) (IDALAB)
Cloreto de sódio (□□□□) (0,1 N)	Sulfato de Zinco (ZnSO₄)
Hidróxido de Sódio (NaOH) (6 N)	Cromato de Potássio (K₂CrO₄) (99.5%)
Indicador Fenolftaleína	Indicador Negro eriocromo T
EDTA	Carbonato de Sódio (Na₂CO₃) (30 g/L)
Padrão de Cálcio	Hidróxido de Sódio (NaOH) (5%)
Reagente de Nessler	Álcool etílico (C₂H₆O) (95%)
Ácido clorídrico (HCl) (37%) (1 N) (IDALAB)	Murexida (99%)
Padrão de Cloreto de Amónio (NH₄Cl)	Tiosulfato de Sódio (Na₂S₂O₃) (0.0143 mg/L)
Cloreto de Amónio (NH₄Cl) (10 mg/L)	Ácido alfa naftilamina (99%)

3.5.4. Meios de cultura

A tabela 4 ilustra os meios de cultura usados durante a execução das análises microbiológicas das amostras.

Tabela 4. Meios de cultura usados para a execução microbiológica.

Reagentes	Fornecedor
<i>Membrana Lauryl sulfate Broth</i>	OXOID
<i>Plate Count Agar ou nutriente Agar</i>	OXOID

3.6. Determinação do pH (NMAB05)

Os procedimentos para a determinação do pH foram de acordo com os existentes no LNHA, onde [este](#) se determina com base no método potenciométrico.

Procedimento: antes de se realizar as determinações procedeu-se à calibração do pHmetro usando diferentes soluções-tampão com valores de pH diferentes (2, 4, 7 e 10). Feita a calibração procedeu-se à realização das leituras do pH das soluções nas amostras. Em um copo de precipitação colocava-se 20 mL da amostra a se ler e introduzia-se o eléctrodo e lia-se o valor do pH. [Findada](#) a leitura em uma amostra, limpou-se o eléctrodo com papel e procedia-se novamente. De ressaltar que para cada amostra a leitura era feita em triplicado.

3.7. Condutividade (NMAB02)

A medição da condutividade é feita a uma temperatura aproximada de 25 °C. Normalmente a determinação desta característica é feita [usando](#) um tubo de Nessler e uma quantidade de uma solução padrão.

Procedimento: antes de se realizar a determinação desse parâmetro, procedeu-se à calibração do [condutímetro](#) por forma que a leitura fosse igual à da solução padrão. No tubo de Nessler já calibrado, introduziu-se a amostra a analisar, e mediu-se a condutividade. Repetiu-se os mesmos procedimentos para outras amostras, sempre fazendo para cada uma delas um triplicado.

3.8. Temperatura

A temperatura está relacionada com a fluoretação, com a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança de pH, entre outros factores.

Procedimento: em um Becker de 250 mL limpo introduziu-se a amostra a determinar, e de seguida introduziu-se o termómetro no copo de precipitação e fez-se a leitura com o bolbo de termómetro ainda dentro da amostra. Repetiu-se os procedimentos para as restantes amostras.

3.9. Dureza (NMAC13)

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de iões cálcio e magnésio na água, expressa como carbonato de cálcio. A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A **dureza temporária** é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à acção dos sabões e provoca incrustações. Denominada de dureza temporária porque os bicarbonatos, pela acção do calor, decompõem-se em gás carbónico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam.

A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à acção dos sabões, mas não produz incrustações por serem sais muito solúveis na água. Não se decompõem pela acção do calor.

Procedimento: em um balão volumétrico de 50 mL colocou-se 25 mL da amostra e adicionou-se a água destilada por forma a diluir a amostra. A mistura foi transferida para um Becker e adicionou-se 2 mL da solução tampão para aproximar o pH da solução a 10. Pesou-se aproximadamente 0,1 g de negro de eriocromo T adicionou-se à solução e homogeneizou-se. Encheu-se a bureta com solução de EDTA e procedeu-se à titulação até o aparecimento da cor azul que indica o fim da titulação. Os procedimentos acima foram repetidos, e no lugar da amostra, usou-se água destilada para se realizar a titulação do branco. A **subtracção** do volume do EDTA gasto no branco do volume de EDTA gasto na titulação da amostra deu o volume que se usou para a determinação da dureza pela equação 1

$$\text{Dureza Total em mg/L CaCO}_3 = \frac{\text{mL de EDTA} \times 1000 \times F_c}{\text{mL de amostra}} \quad \text{Equação 1}$$

$$F_c = \frac{V_i}{V_p} \quad \text{Equação 2}$$

onde: F_c – é o factor de correcção; V_i – Volume de EDTA gasto na titulação do padrão; V_p – Volume de EDTA gasto na titulação.

3.10. Sólidos dissolvidos (NMAN09)

Por sólidos dissolvidos entende-se todas as substâncias em solução numa amostra de água que não são retiradas no filtro, quando a água é submetida a filtração, nem volatilizada durante o processo de secagem. As substâncias não dissolvidas e que são retidas constituem os “sólidos suspensos”.

Procedimento: 100 mL da amostra é previamente filtrada com um funil de Bushner. O filtrado foi evaporado em uma cápsula de porcelana, até o desaparecimento da água.

O resultado final foi determinado pela fórmula:

$$SD(\text{mg/L}) = \frac{b-a}{V} * 1000 \quad \text{Equação 3}$$

onde: a – Peso da cápsula vazia (em g); b – peso da cápsula com o resíduo (em g); V – volume de amostra analisado (em mL).

3.11. Cloretos (NMAC17)

Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar.

Em um erlenmeyer limpo colocou-se 100 mL da água da amostra a analisar, seguida da adição de 1 mL do indicador cromato de potássio e misturou-se. Com a solução de nitrato de prata titulou-se a solução no erlenmeyer até o aparecimento da cor **amarela avermelhada** que indicou o ponto final da titulação. Repetiu-se os procedimentos acima, mas, em vez da amostra usou-se a água destilada por forma a se fazer o branco. Para o cálculo das quantidades usou-se a equação 4:

$$\text{mg/L Cl} = \frac{(A-B) \times N \times 35,45}{\text{mL de amostra}} \quad \text{Equação 4}$$

onde: A – mL do titulante gasto na amostra; B – mL do titulante gasto no branco; N – normalidade do titulante.

3.12. Nitratos (NMAC07)

A determinação rápida dos nitratos no espectrofotómetro com comprimento de onda de 220nm pode ser interferida por matéria orgânica, nitritos e sólidos suspensos. Estes são eliminados por filtração, tratar com HCl 1N e medir a absorvância com comprimento de onda 275nm. Primeiro faz-se a leitura directa no espectrofotómetro UV-vis ao comprimento de onda de 220nm, do branco que é água destilada, de seguida faz-se a leitura das amostras (Costa, 1987).

3.13. Amoníaco (NMAC05 e NM1996)

Quando a água que contém amoníaco (livre ou na forma de sal) é tratada com uma solução alcalina de tetraiodo-mercurato de potássio (K_2HgI_4) conhecido por reagente de Nessler forma-se um complexo corado mais ou menos intenso, relativamente à quantidade de amoníaco presente na água. O cálcio, magnésio, ferro e sulfureto podem interferir provocando uma turvação em presença do reagente de Nessler, a cor e turvação podem ser eliminados com sulfato de zinco em ambiente alcalino (Costa, 1987).

Procedimento: em um balão volumétrico colocou-se cerca de 50 mL de água destilada e com ajuda de um conta-gotas adicionou-se 2 gotas de EDTA juntamente com 2 mL do reagente de Nessler. Homogeneizou-se a solução resultante e deixou-se repousar por cerca de 15 minutos até o aparecimento de uma coloração amarela. De seguida fez-se a leitura da absorvância da solução com um comprimento de onda de 420 nm. O procedimento ilustrado foi repetido dessa vez usando as amostras em questão.

3.14. Nitritos (Métodos do ácido sulfanílico e α -naftilamina)

A concentração de iões nitrito na água é determinada colorimetricamente graças a formação de um corante rosado, produzido pela reacção entre ácido sulfanílico, diazotado em ambiente ácido e α -naftilamina. O cloro livre pode interferir, deve ser eliminado com solução de tiosulfato. (COSTA, 1987).

Preparação de solução em Branco e amostra

Medem-se para balão aferido 50mL de água destilada (o branco), adiciona-se 1mL da solução de ácido sulfanílico, em seguida adiciona-se 1mL da solução de α -naftilamina e agita-se. 15min após

a adição dos reagentes, mede-se a cor desenvolvida com espectrofotómetro no comprimento de onda de 520nm. Fez-se o mesmo procedimento usando amostra.

3.15. Determinação do Ferro total

O ferro em concentrações acima de 0,3 mg/L é um constituinte indesejável na água potável. O ferro ocorre naturalmente em águas subterrâneas e superficiais e pode ser encontrado principalmente sob as formas: hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), sulfato ferroso (FeSO_4) e bicarbonato ferroso ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) (Adebayo et al., 2011).

Para a determinação do ferro pipetou-se 50mL de amostra num balão, juntou-se 1,5mL de HCl 25% e 3 gotas de permanganato de potássio, agitou-se e deixou-se em repouso por 20 minutos, em seguida juntou-se 1mL de tiocianato de potássio e misturou-se. Aguardou-se por 5min exactos e fez-se a leitura no comprimento de onda de 490nm. Fez-se o mesmo procedimento usando o branco.

3.16. Sódio

A água natural contém sódio devido à sua abundância e alta solubilidade de seus sais em água, encontrados na forma iónica (Na^+). Concentrações de sódio em água variam consideravelmente, dependendo das condições geológicas do local e das descargas de efluentes. O valor máximo recomendável de sódio na água para potabilidade é de 200 mg/L, e a leitura é feita no fotómetro de chama a 589 nm (Costa, 1987).

Procedimento: para a preparação da curva de calibração a partir de padrões de sódio mediu-se 1, 2, 4, 6, 8 e 10 mL da solução mãe de sódio a 1000 mg/L para balões de 100mL e fez-se o volume com água destilada. Dessa proporção obteve-se as concentrações de 10, 20, 40, 60, 80 e 100 mg/L. Encontradas as concentrações procedeu-se à leitura no fotómetro de chama com filtro de sódio, e usando a água destilada para acertar o zero e traçou-se a curva de calibração. De seguida procedeu-se à leitura de todas as amostras presentes neste estudo.

Os valores das concentrações do sódio nas amostras foram encontrados a partir do gráfico da curva de calibração, isso depois de diluir as amostras e multiplicá-las pelo respectivo factor de diluição.

3.17. Procedimento de quantificação de Coliformes fecais e *Escherichia Coli* pelo método de membrana

Bactérias coliformes fecais são bactérias lactose positiva, gram-negativa da família das Enterobacteriaceae ou simplesmente enterobactérias capazes de formar colónias em aerobiose com produção de ácido e gás num meio selectivo a $44 \pm 0,5$ °C, por 21 ± 3 h.

Escherichia Coli são bactérias coliformes como definido acima que também produzem índole a partir de trip Ródano a $44 \pm 0,5$ °C, por 21 ± 3 h e /ou hidrolisam o 4-metilumbeliferil-B-O-glucuronidase (MUG) apresentando fluorescência à luz ultravioleta (Costa ,1987)

Preparação da amostra

Filtração: colocou-se a membrana filtrante sobre o filtro com ajuda de uma pinça esterilizada (previamente flamejada com álcool). De seguida colocou-se o copo no funil e procedeu-se à filtração. Retirou-se o copo e removeu-se a membrana e colocou-se sobre a placa já preparada com membrana Lauryl sulphate agar solidificado.

Incubação e contagem: as placas com as amostras foram incubadas invertidas a $44 \pm 0,5$ °C durante 21 ± 3 h. Após a incubação foram consideradas todas as colónias de cor amarela sem halo e as de cor laranja.

Confirmação: realizou-se uma subcultura com agar nutriente e incubou-se a $36 \pm 0,2$ °C durante 21 ± 3 h para se poder realizar o teste de oxidase.

Teste de Oxidase: após a incubação, com um palito esterilizado retirou-se uma pequena porção da colónia para uma fita de oxidase e observou-se por 5 segundos. Passados 5 segundos observou-se a coloração.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Apresentação dos resultados e tratamento estatístico

Os resultados retirados das análises laboratoriais são patentes no presente trabalho em forma de tabelas e gráficos executados nas planilhas do Microsoft Excel. Dentro das tabelas constam as médias, **desvios-padrão**, coeficientes de variação e os respectivos intervalos de confiança dos dados obtidos das análises das amostras em questão. No que concerne aos gráficos, estes ilustram o comportamento dos resultados destas análises em comparação com os valores estabelecidos pela legislação nacional. A apresentação dos resultados para cada parâmetro de análise foi compilada para ambas as estações analisadas.

As Tabelas 5, 6 e 7 ilustram os valores obtidos laboratorialmente para os parâmetros físico-químicos das águas dos 3 fornecedores. Os resultados estão expressos como média das réplicas, e dessas médias obteve-se os desvios- padrão e os respectivos intervalos de confiança.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

A tabela 5 ilustra os valores obtidos dos parâmetros físico-químicos para o fornecedor A.

Tabela 5. Resultados dos parâmetros físico-químicos do fornecedor A.

Fornecedor A													
Pontos	Parâmetros (Tempo Seco)												
		pH	SD	Dureza	CE	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Na	NO ₂ ⁻	Mg	Fe	NH ₄ ⁺
P1	IC	7.52 ±0.13	1033.33±143.33	128.67±2.87	1147±20.32	61.19±10.22	254.09±35.47	28.08±0.08	179.51±9.86	0.04±0	28.26±353.86	0.04±0	0.04±0
	%RSD	0.70	5.59	0.9	0.71	6.73	5.62	0.11	2.21	0	0.52	0	0
P2	IC	7.38 ±0.51	933.33±143.33	150±14.90	1162.67±14.44	51.45±5.73	264.69±48.48	28.06±0.08	189.41±11.85	0.04±0	33.21±82.44	0.04±0	0.04±0
	%RSD	2.77	6.19	4	0.6	3.76	7.38	0.11	2.52	0	4.19	0	0
P3	IC	7.59 ±0.03	1066.67±143.33	152±43.29	1148.33±25.84	59.32±17.01	255.24±5.09	28.07±0.01	172.05±22.71	0.04±0	33.24±82.51	0.04±0	0.04±0
	%RSD	0.15	5.41	11.47	0.91	11.55	0.81	0.02	5.32	0	13.95	0	0
P4	IC	7.53 ±0.56	1133.33±286.67	162±17.90	1154±32.56	53.44±9.19	255.15±8.80	28.04±0.03	184.87±17.48	0.04±0	36.46±90.52	0.04±0	0.04±0
	%RSD	3.01	10.19	4.45	1.14	6.93	1.39	0.04	3.81	0	4.11	0	0
P5	IC	7.51 ±0.04	1200±248.26	160±9.93	1161.67±16.53	63.32±7.17	261.15±18.32	28.07±0.08	176.47±32.05	0.04±0	35.72±88.69	0.04±0	0.04±0
	%RSD	0.2	8.33	2.5	0.57	4.46	2.83	0.11	5.68	0	2.88	0	0
Tempo chuvoso													
P1	IC	7.78 ±0.29	833.33±143.33	181.33±5.73	1290±24.83	68.26±14.40	303.69±5.07	32.98±0.27	212.16±31.88	0.04±0	37.14±92.20	0.04±0	0.04±0
	%RSD	1.48	6.93	1.27	0.78	8.5	0.67	0.32	5.68	0	2.2	0	0
P2	IC	7.64 ±0.10	900±248.26	196.67±24.49	1372±178.40	68.93±13.05	296.60±93.14	33.02±0.18	251.39±30.13	0.04±0	40.36±100.19	0.04±0	0.04±0
	%RSD	0.53	11.11	5.02	5.24	7.62	11.89	0.22	4.83	0	6.37	0	0
P3	IC	7.62 ±0.09	933.33±143.33	187.33±23.46	1493.33±359.19	73.13±4.24	296.60±22.14	33.52±0.22	264±12.04	0.04±0	38.60±95.84	0.04±0	0.04±0
	%RSD	0.45	6.19	5.05	9.69	2.34	3.01	0.26	1.84	0	5.7	0	0
P4	IC	7.68 ±0.24	866.67±286.67	192.67±35.23	1510±227.53	68.40±14.93	319.05±22.14	33.23±0.72	273.97±48.83	0.04±0	39.18±97.27	0.04±0	0.04±0
	%RSD	1.25	13.32	7.36	6.07	8.79	10.6	0.87	7.18	0	9.5	0	0
P5	IC	7.82 ±0.15	900±248.26	190.67±17.44	1592.67±176.97	76.07±2.30	321.42±83.96	33.29±0.48	292.02±18.06	0.04±0	38.83±96.40	0.04±0	0.04±0
	%RSD	0.75	11.11	3.68	4.48	1.22	9.95	0.58	2.49	0	4.44	0	0

Onde: SD, Fe, NH₄⁺, Dureza, Ca, Cl⁻, NO₃⁻, Na, NO₂⁻ e Mg estão medidos em mg/L e a condutividade em $\mu\text{hmo/cm}$.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

A tabela 6 ilustra os valores obtidos dos parâmetros físico-químicos para o fornecedor B.

Tabela 6. Resultados dos parâmetros físico-químicos do fornecedor B.

Fornecedor B													
Pontos	Parâmetros (Tempo Seco)												
		pH	SD	Dureza	CE	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Na	NO ₂ ⁻	Mg	Fe	NH ₃ ⁺
P1	IC	7.50 ±0.01	1033.33±143.33	172±13.14	1246±21.64	21.10±2.76	180.42±2.22	7.35±0.58	179.51±9.86	0.05±0.03	36.93±3.03	0.15±0.10	0.04±0
	%RSD	0.08	5.59	3.08	0.71	5.28	0.5	3.18	2.21	21.65	3.31	27.56	0
P2	IC	7.51 ±0.01	1100±248.26	173±8.95	1263±16.28	20.30±0.50	185.36±4.91	7.14±0.36	189.41±11.85	0.11±0.07	37.17±2.01	0.10±0.01	0.04±0
	%RSD	0.08	9.09	2.08	0.52	0.99	1.07	2.04	2.52	24.05	2.17	5.59	0
P3	IC	7.51 ±0.03	1066.67±143.33	172±4.97	1251±19.71	22±1.55	184.39±4.66	7±0.26	172.05±22.71	0.11±0.06	36.60±0.85	0.14±0.05	0.04±0
	%RSD	0.15	5.41	1.16	0.63	2.84	1.02	1.51	5.32	20.38	0.94	14.29	0
P4	IC	7.51 ±0.01	1200±430	174±8.60	1260.67±12.50	21.43±1.50	188.24±3.37	7.13±0.40	184.87±17.48	0.07±0.06	37.23±2.43	0.15±0.03	0.04±0
	%RSD	3.01	14.43	1.99	0.4	2.83	0.72	2.27	3.81	37.75	2.62	7.87	0
P5	IC	7.51 ±0.01	1266.67±379.22	171.67±9.40	1261.67±16.53	21.70±2.63	181.15±25.59	7.42±0.72	176.47±32.05	0.06±0.06	36.59±2.81	0.12±0.02	0.04±0
	%RSD	0.08	12.06	2.21	0.53	4.88	5.69	3.89	5.68	39.74	3.09	8.33	0
Tempo chuvoso													
P1	IC	7.55 ±0.14	1166.67±143.33	204.67±12.50	1390±24.83	33.37±2.55	296.69±10.04	8.84±0.73	212.16±31.88	2.10±0.14	41.80±2.58	0.21±0.04	0.04±0
	%RSD	0.73	4.95	2.46	0.72	3.08	1.36	3.33	5.68	2.62	2.49	7.39	0
P2	IC	7.48 ±0.15	1233.33±379.22	210±4.97	1418.67±36.60	34.90±0.74	288.51±4.07	9.17±0.62	251.39±30.13	2.03±0.07	40.36±1.32	0.23±0.06	0.04±0
	%RSD	0.81	12.39	0.95	1.04	0.86	0.57	2.75	4.83	1.3	1.24	10.19	0
P3	IC	7.49 ±0.09	1333.33±143.33	225±32.84	1457.33±15.96	34.03±1.41	288.51±4.07	9.13±0.38	264±12.04	2.07±0.08	46.59±7.73	0.21±0.04	0.04±0
	%RSD	0.48	4.33	5.88	0.44	1.67	0.57	1.67	1.84	1.48	6.68	7.16	0
P4	IC	7.49 ±0.19	1366.67±143.33	222.67±15.96	1410±49.65	34.43±1.25	298.05±7.82	9.06±0.32	273.97±48.83	2.16±0.19	45.93±3.82	0.21±0.06	0.04±0
	%RSD	1.04	4.22	2.89	1.42	1.46	1.06	1.42	7.18	3.62	3.35	11.8	0
P5	IC	7.55 ±0.14	1466.67±143.33	211.33±20.07	1472.67±58.82	34.13±0.80	301.42±8.47	9.27±0.38	292.02±18.06	2.15±0.15	43.23±4.90	0.21±0.06	0.04±0
	%RSD	0.75	3.94	3.82	1.61	0.94	1.13	1.65	2.49	2.85	4.59	11.8	0

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

A tabela 7 ilustra os valores obtidos dos parâmetros físico-químicos para o fornecedor C.

Tabela 7. Resultados dos parâmetros físico-químicos do fornecedor C.

Fornecedor C													
Pontos	Parâmetros (Tempo Seco)												
		pH	SD	Dureza	CE	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Na	NO ₂ ⁻	Mg	Fe	NH ₄ ⁺
P1	IC	7.74 ±0.20	900±248.26	258.67±2.87	1355±81.40	61.19±10.22	179.63±1.64	0.04±0	179.51±9.86	0.04±0	48.18±1.84	0.04±0	0.33±0.14
	%RSD	1.06	11.11	0.45	2.42	6.73	0.37	0	2.21	0	1.54	0	17.32
P2	IC	7.65 ±0.14	933.33±143.33	253.33±7.58	1350±24.33	61.45±5.73	181.51±8.97	0.04±0	189.41±11.85	0.04±0	46.81±1.20	0.04±0	0.33±0.29
	%RSD	0.75	6.19	1.21	0.74	3.76	1.99	0	2.52	0	1.04	0	34.64
P3	IC	7.51 ±0.27	1033.33±143.33	258.67±15.17	1386.67±14.33	59.32±17.01	180.80±5.31	0.04±0	172.05±22.71	0.04±0	48.64±2.92	0.04±0	0.30±0.25
	%RSD	1.47	5.59	2.36	0.42	11.55	1.18	0	5.32	0	2.42	0	33.33
P4	IC	7.53 ±0.41	966.67±143.33	262±17.90	1360±24.83	53.44±9.19	181.72±8.46	0.04±0	184.87±17.48	0.04±0	50.88±2.30	0.04±0	0.37±0.14
	%RSD	2.2	5.97	2.75	0.74	6.93	1.88	0	3.81	0	1.82	0	15.75
P5	IC	7.51 ±0.04	1200±248.26	260±9.93	1335±32.84	63.32±7.17	182.13±7.57	0.04±0	176.47±32.05	0.04±0	47.99±1.75	0.04±0	0.37±0.14
	%RSD	0.2	8.33	1.54	0.99	4.56	1.67	0	5.68	0	1.47	0	15.75
Tempo chuvoso													
P1	IC	7.75 ±0.19	286±17.90	286±9.93	1676.67±37.92	68.26±14.40	103.36±4.59	0.04±0	212.16±31.88	0.04±0	53.29±3.43	0.04±0	0.77±0.38
	%RSD	0.97	2.52	1.54	0.91	8.5	1.79	0	5.68	0	2.6	0	19.92
P2	IC	7.57 ±0.04	293.33±10.34	293.33±10.34	1667.33±62.87	68.93±13.05	107.84±1.53	0.04±0	251.39±30.13	0.04±0	54.75±5.58	0.04±0	0.60±0.25
	%RSD	0.23	1.42	1.42	1.52	7.62	0.57	0	4.83	0	4.11	0	16.67
P3	IC	7.75 ±0.14	900±0	287.33±23.46	1653.33±28.67	73.13±4.24	106.60±3.80	0.04±0	264±12.04	0.04±0	52.26±6.11	0.04±0	0.63±0.14
	%RSD	0.72	0	3.29	0.7	2.34	1.44	0	1.84	0	4.71	0	16.67
P4	IC	7.78 ±0.29	766.67±286.67	286.33±13.67	1646.67±51.68	68.40±14.93	105.89±8.73	0.04±0	273.97±48.83	0.04±0	53.17±5.07	0.04±0	0.67±0.14
	%RSD	1.48	15.06	1.92	1.26	8.79	3.32	0	7.18	0	3.84	0	8.66
P5	IC	7.82 ±0.17	833.33±143.33	290.67±17.44	1676.67±28.67	76.07±2.30	103.08±4.39	0.04±0	292.02±18.06	0.04±0	52.36±4.81	0.04±0	0.73±0.29
	%RSD	0.85	6.93	2.42	0.69	1.22	1.72	0	2.49	0	3.7	0	15.75

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Os cálculos estatísticos demonstraram uma boa precisão nos resultados laboratoriais para o fornecedor A na época seca, com um %RSD entre 0 e 8.33%, tendo valores de RSD não muito satisfatórios para SD, Dureza, Ca e Mg. Ainda para o fornecedor A, tirando os SD e Cl^- , os restantes parâmetros apresentaram boa correlação nos valores de RSD na época chuvosa, como se pode ver na Tabela 5.

Os parâmetros SD, NO_2^- e Fe, não apresentaram uma boa precisão nos valores de RSD no tempo seco para o fornecedor B. E na época chuvosa, tirando os SD e Fe, todos os parâmetros analisados para o fornecedor B apresentaram uma boa precisão nos resultados, com valores de %RSD entre 0 e 7.39%.

Apenas os SD, Ca e NH_4^+ não apresentaram uma boa precisão nos valores obtidos na época seca para as águas do fornecedor C, no entanto para a época chuvosa, apenas os SD e NH_4^+ não apresentaram uma boa precisão, como pode se verificar na Tabela 7.

É importante destacar que os valores com %RSD acima de 10 não foram considerados na avaliação da potabilidade da água. Isso se deve à alta variabilidade desses valores, que poderia afectar a precisão das conclusões, portanto, para garantir a consistência e confiabilidade dos resultados, esses valores foram excluídos da análise decisória.

A Tabela 8 ilustra os resultados relativos às análises microbiológicas realizadas para as diferentes amostras. Os resultados foram expressos em número de unidades de colónias formadas (UFC).

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Tabela 8. Resultados microbiológicos.

Análises Microbiológicas							
Amostra		Fornecedor A		Fornecedor B		Fornecedor C	
		C. Fecais	E. Coli	C. Fecais	E. Coli	C. Fecais	E. Coli
P1	T. Seco	5	Ausente	1	Ausente	>100	Presente
	T. Chuvoso	12	Presente	3	Ausente	>100	Presente
P2	T. Seco	3	Ausente	1	Ausente	>100	Presente
	T. Chuvoso	10	Presente	4	Ausente	>100	Presente
P3	T. Seco	5	Ausente	2	Ausente	>100	Presente
	T. Chuvoso	12	Presente	3	Ausente	>100	Presente
P4	T. Seco	2	Ausente	3	Ausente	>100	Presente
	T. Chuvoso	13	Presente	3	Ausente	>100	Presente
P5	T. Seco	3	Ausente	2	Ausente	>100	Presente
	T. Chuvoso	10	Presente	4	Ausente	>100	Presente

Com os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos no laboratório, elaborou-se gráficos que ilustram a variação desses parâmetros em relação aos valores limites da legislação nacional da qualidade das águas de consumo.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

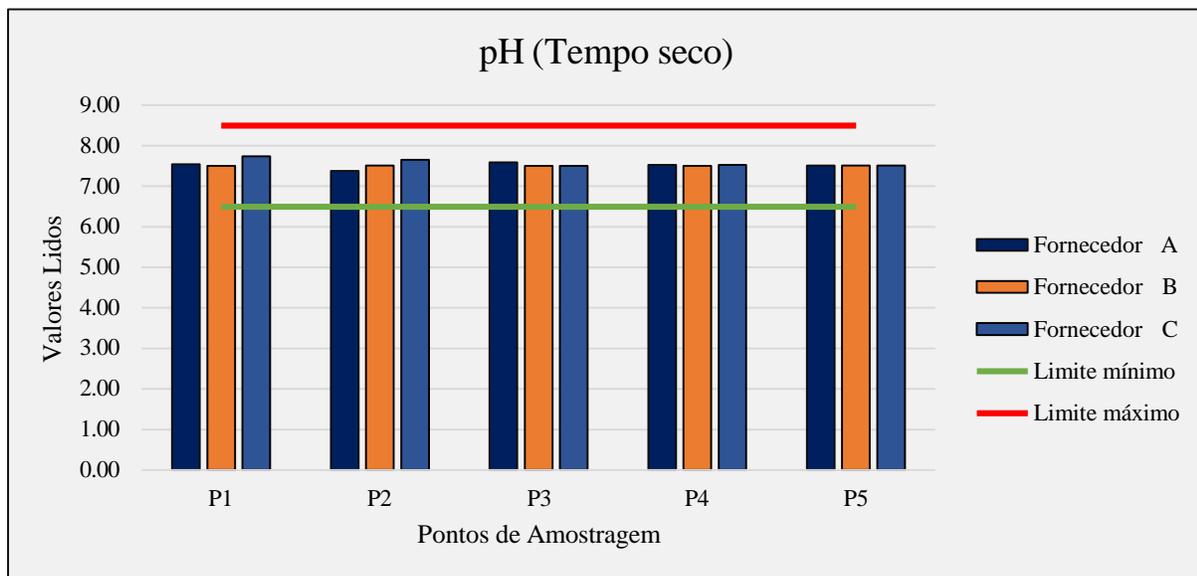


Gráfico 1. Comparação dos resultados do pH no tempo seco.

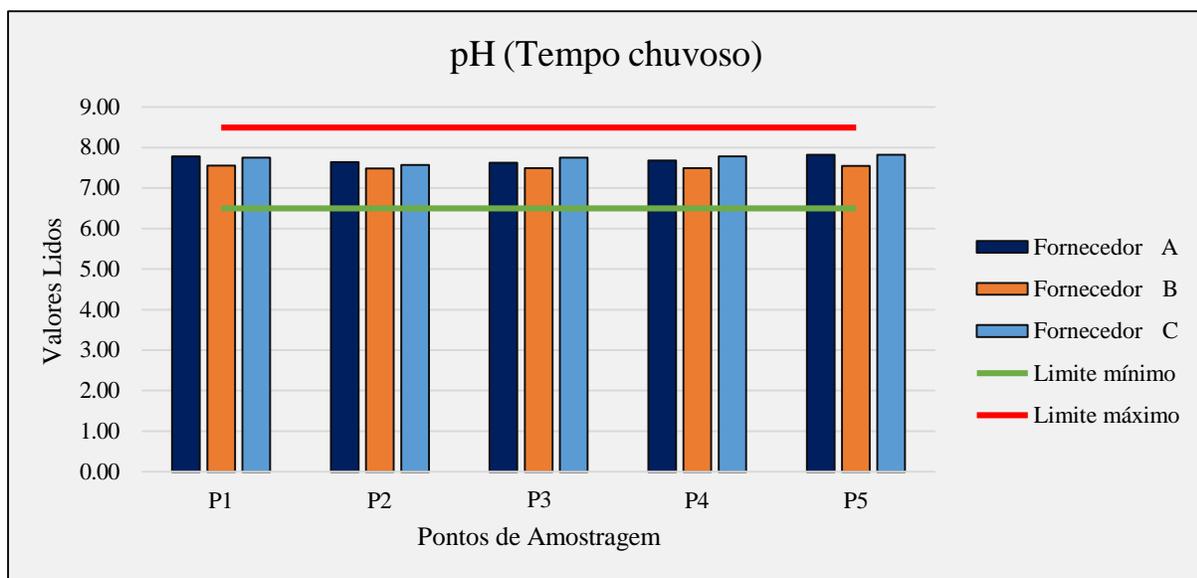


Gráfico 2. Comparação dos resultados do pH no tempo chuvoso.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

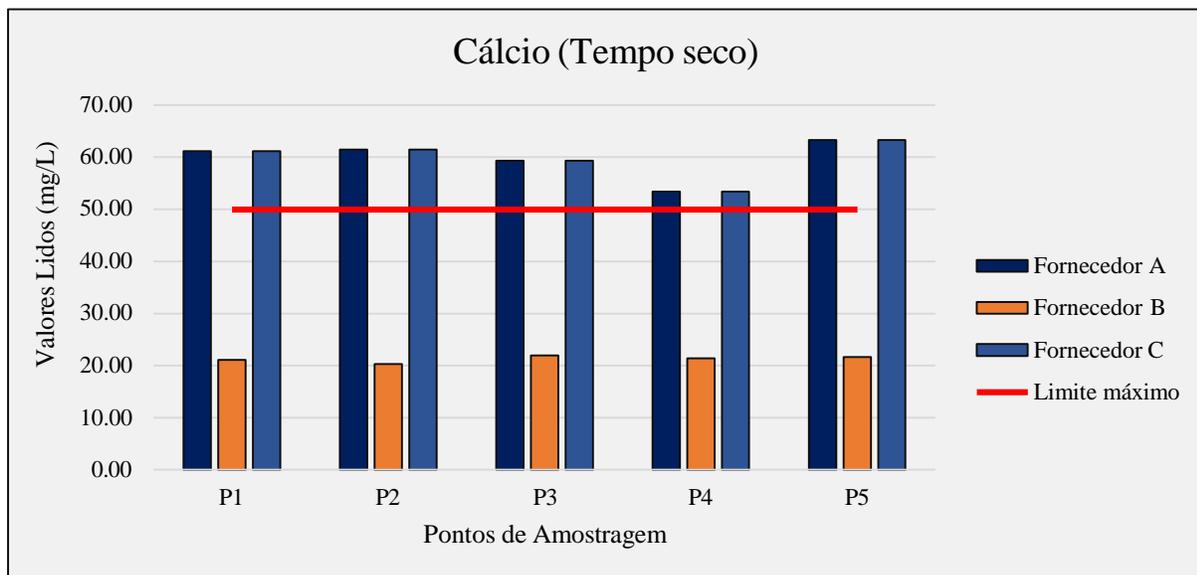


Gráfico 3. Comparação dos resultados do cálcio no tempo seco.

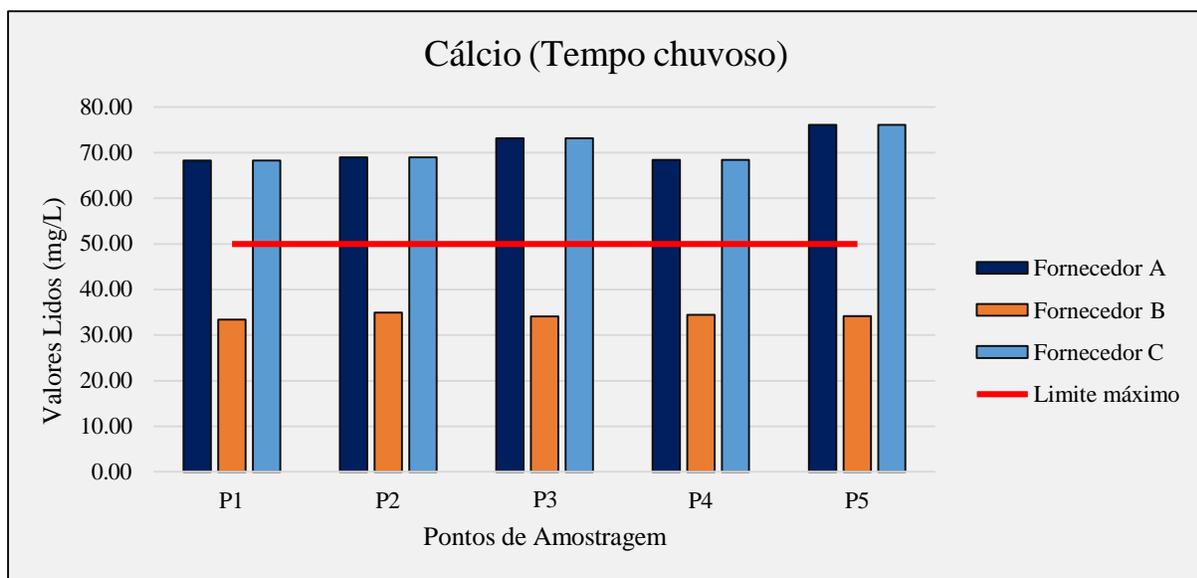


Gráfico 4. Comparação dos resultados do cálcio no tempo chuvoso.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

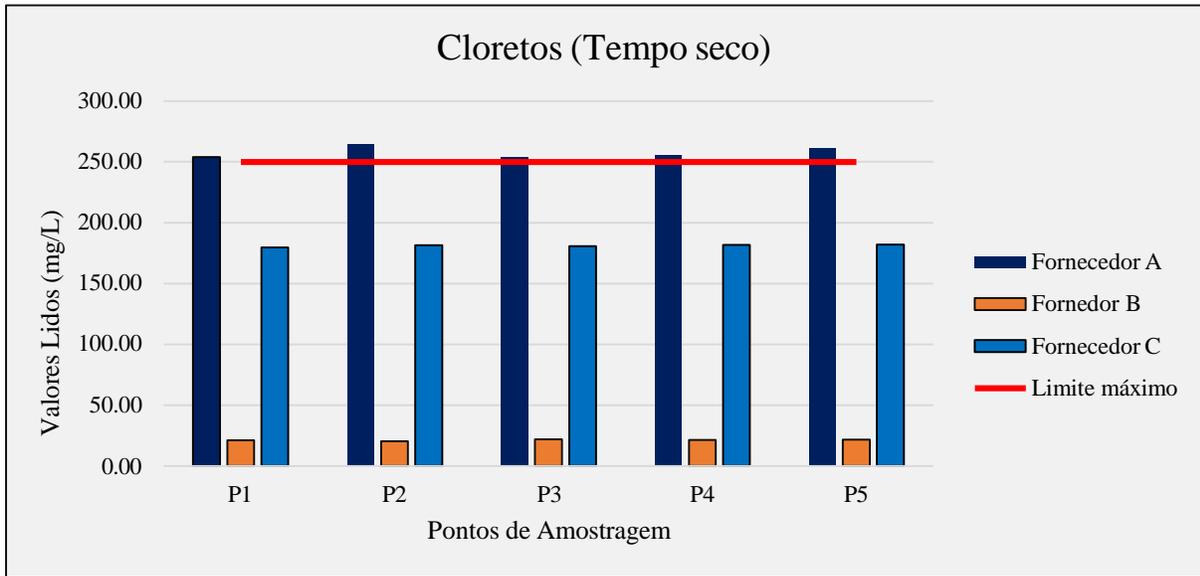


Gráfico 5. Comparação dos resultados dos cloretos no tempo seco.

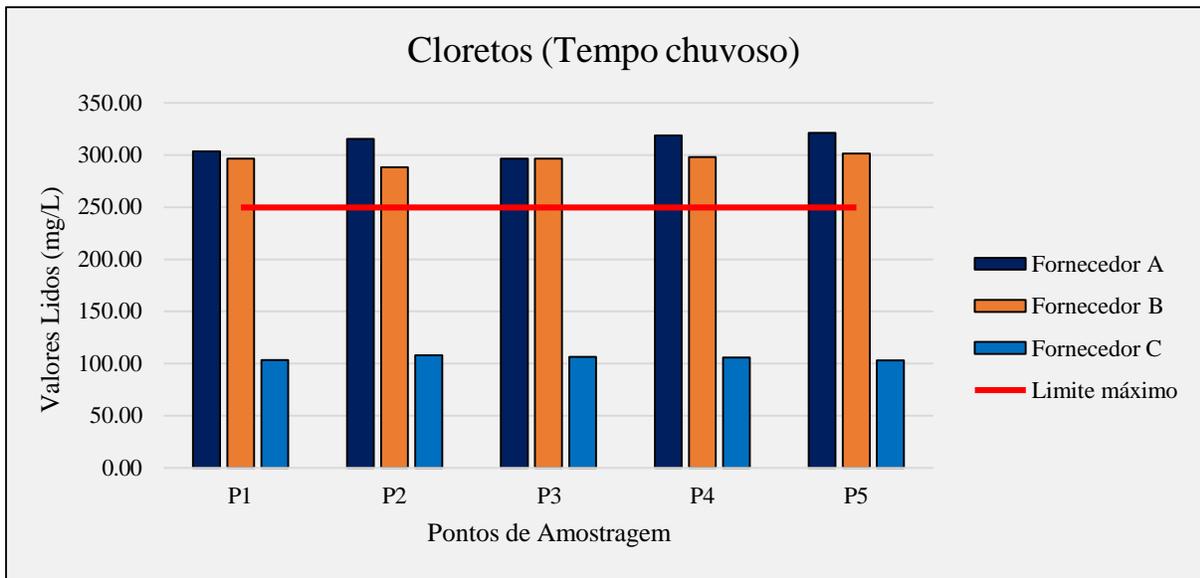


Gráfico 6. Comparação dos resultados dos cloretos no tempo chuvoso.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

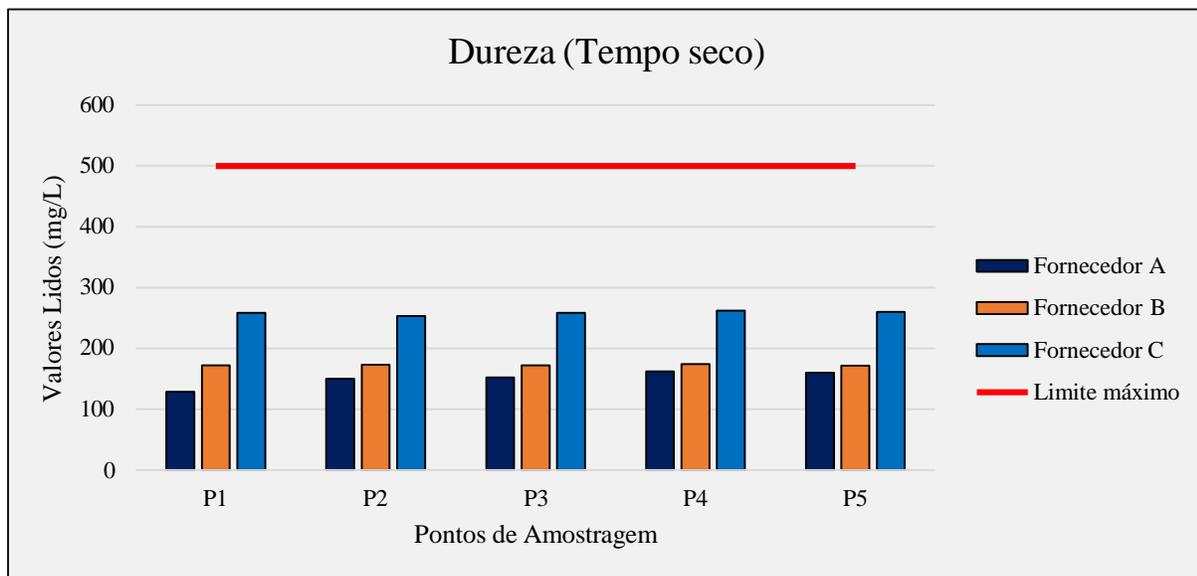


Gráfico 7. Comparação dos resultados da dureza no tempo seco.

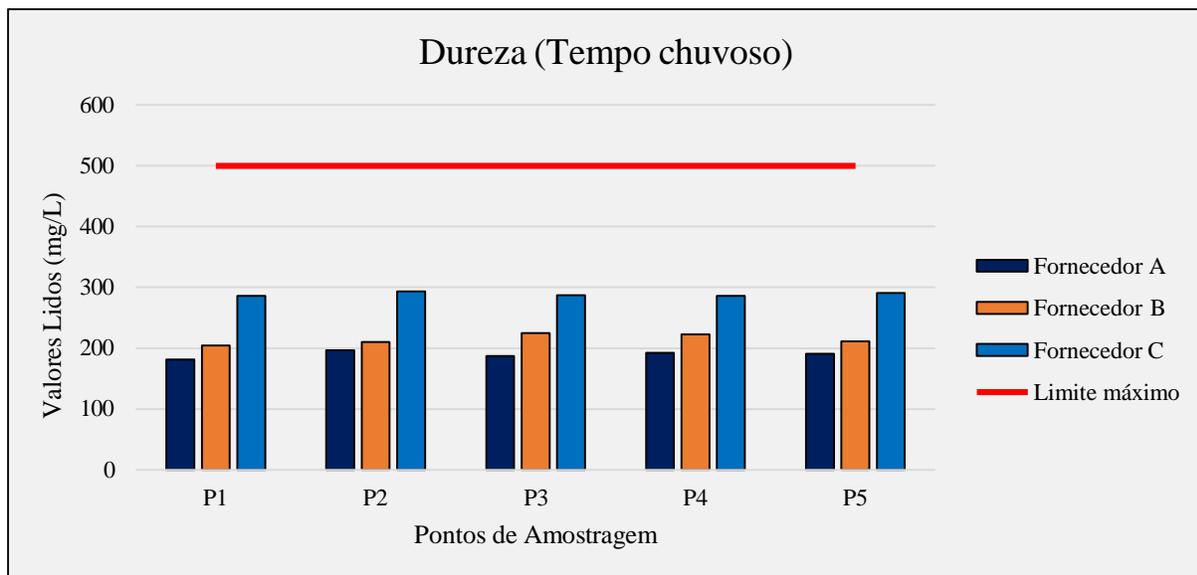


Gráfico 8. Comparação dos resultados da dureza no tempo chuvoso.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

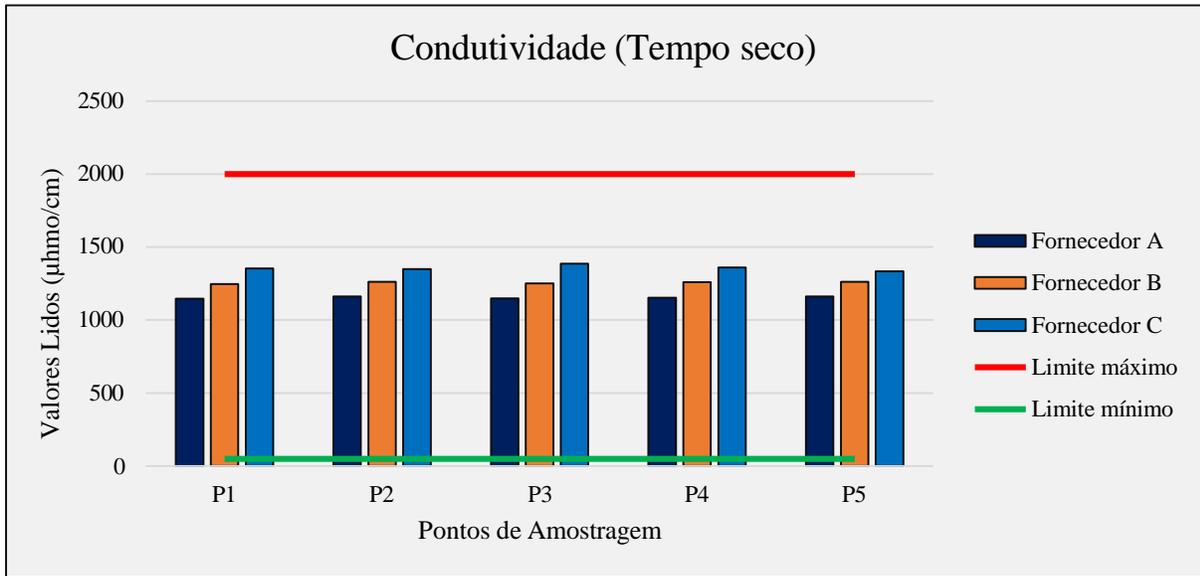


Gráfico 9. Comparação dos resultados da condutividade no tempo seco.

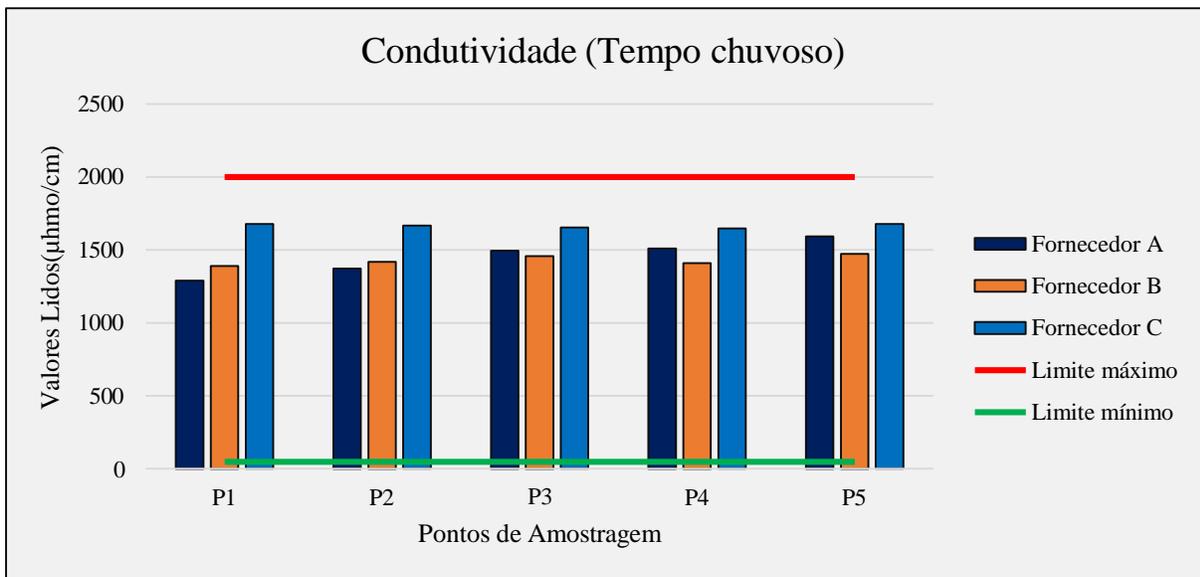


Gráfico 10. Comparação dos resultados da condutividade no tempo chuvoso.

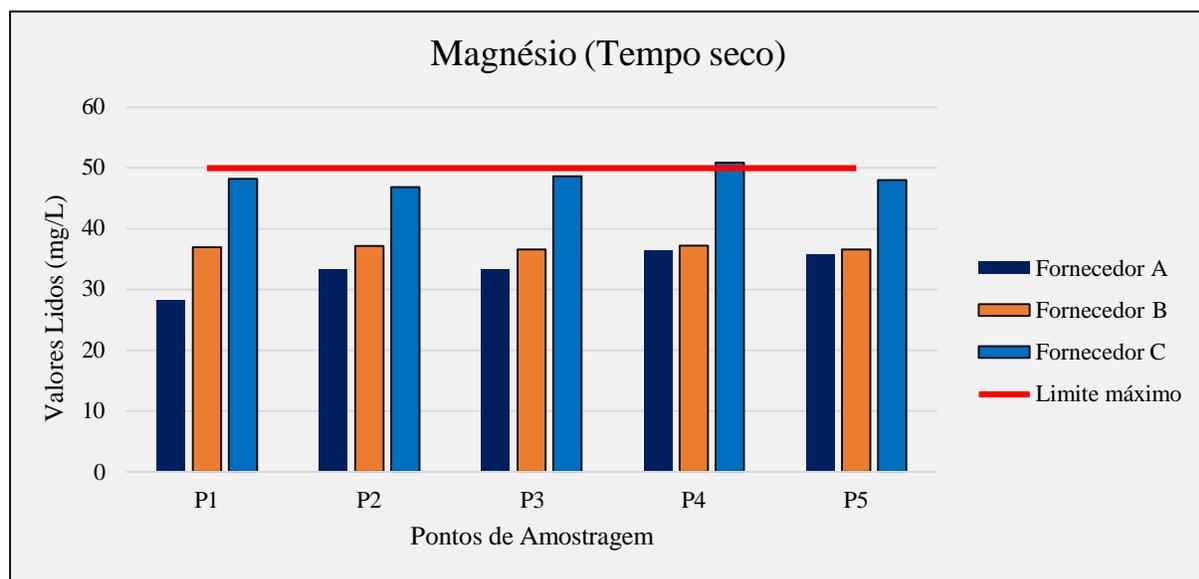


Gráfico 11. Comparação dos resultados do magnésio no tempo seco.

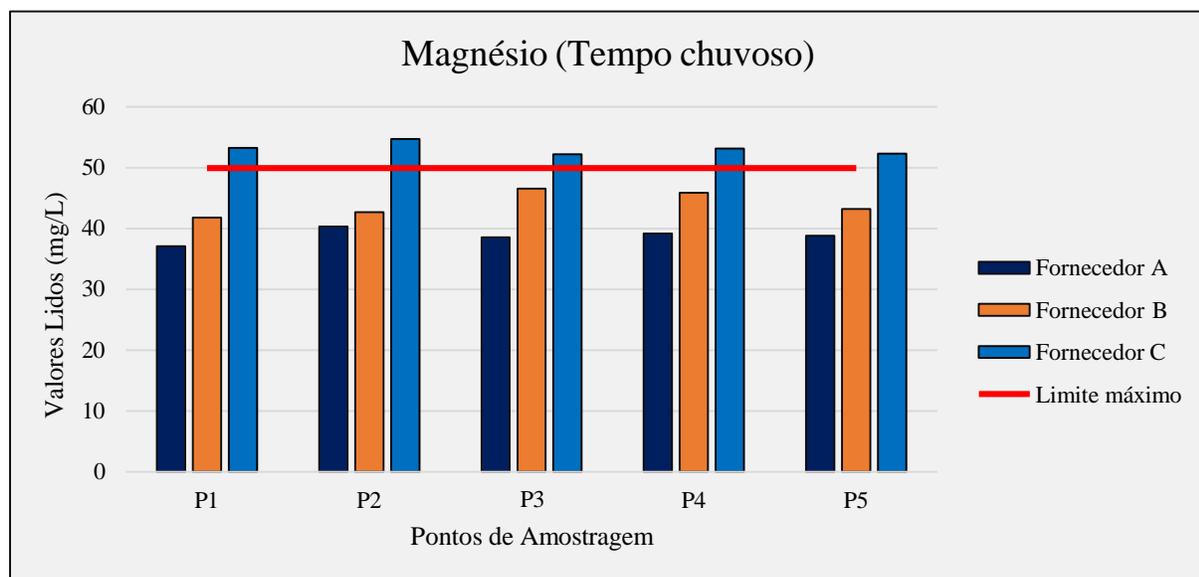


Gráfico 12. Comparação dos resultados do magnésio no tempo chuvoso.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

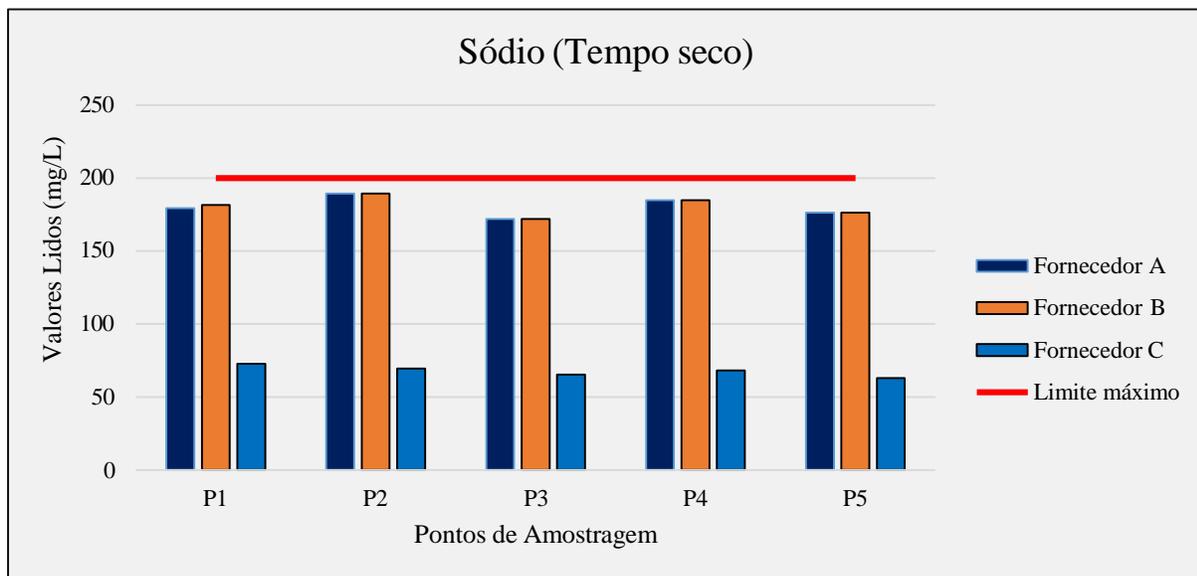


Gráfico 13. Comparação dos resultados do sódio no tempo seco.

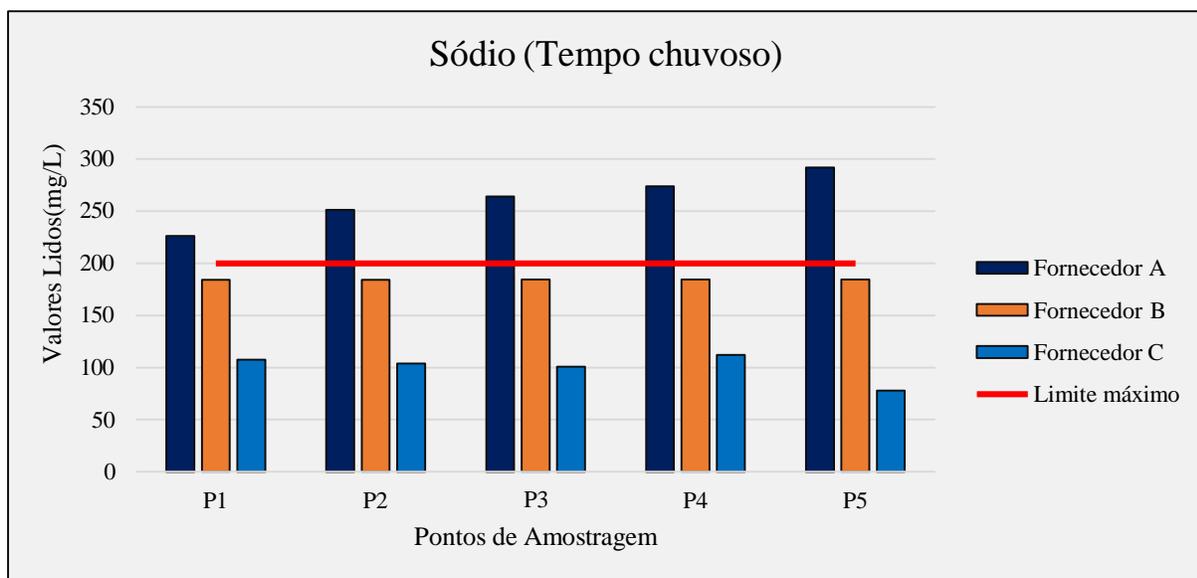


Gráfico 14. Comparação dos resultados do sódio no tempo chuvoso.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

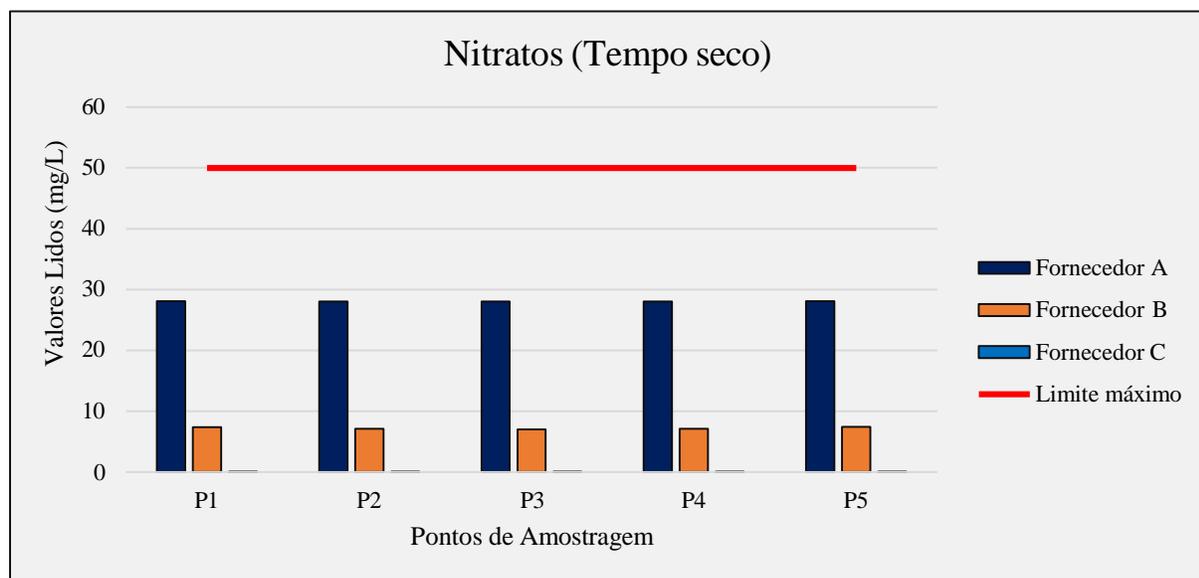


Gráfico 15. Comparação dos resultados dos nitratos no tempo seco.

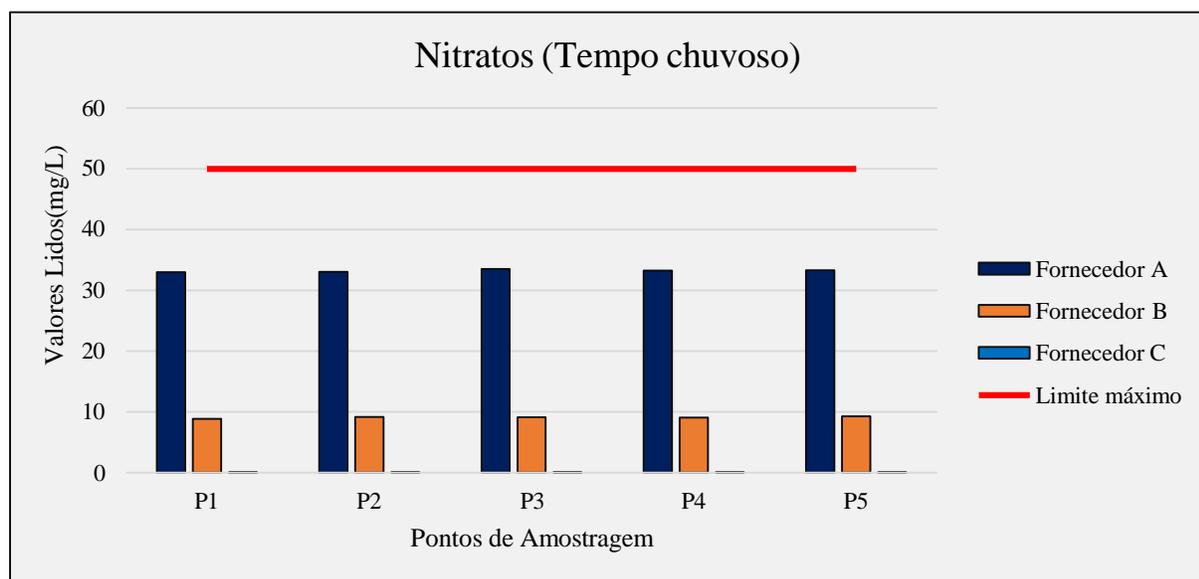


Gráfico 16. Comparação dos resultados dos nitratos no tempo chuvoso.

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

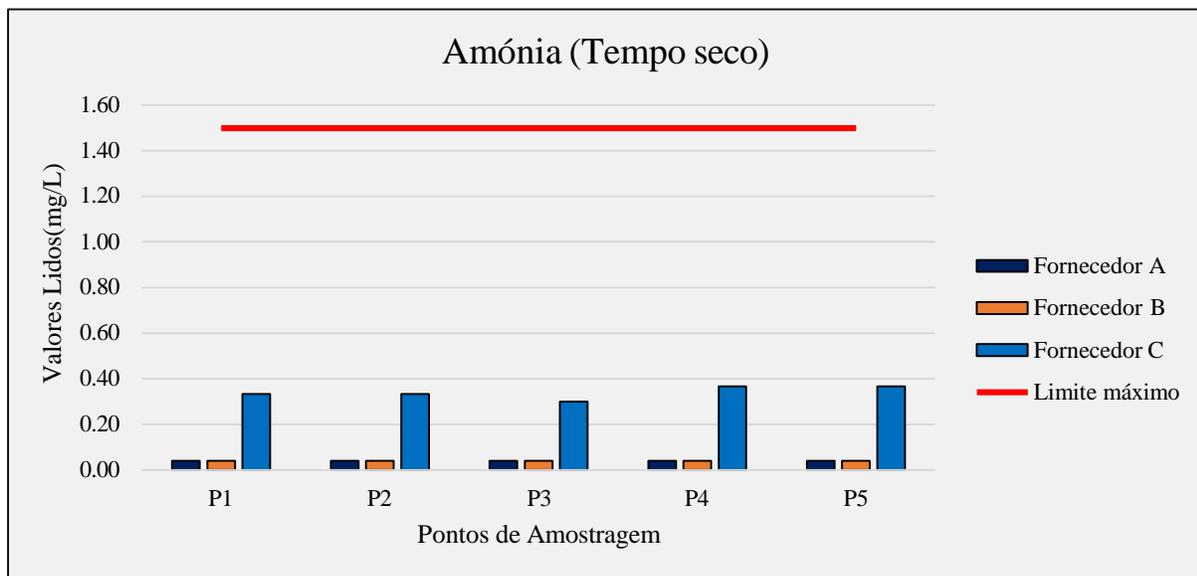


Gráfico 17. Comparação dos resultados do amónia no tempo seco.

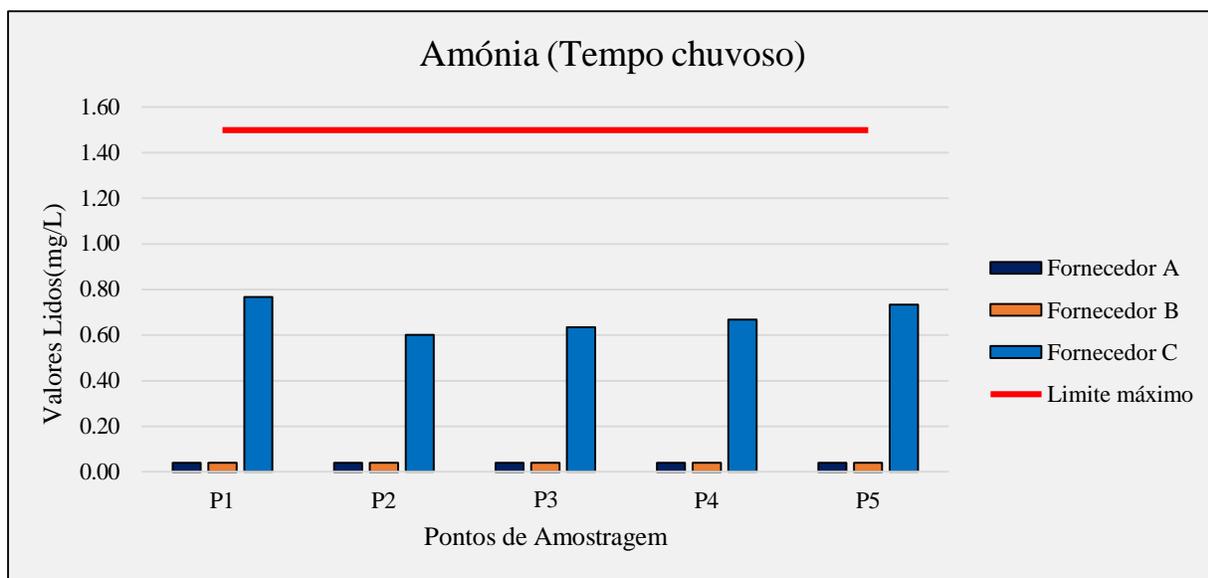


Gráfico 18. Comparação dos resultados do amónia no tempo chuvoso.

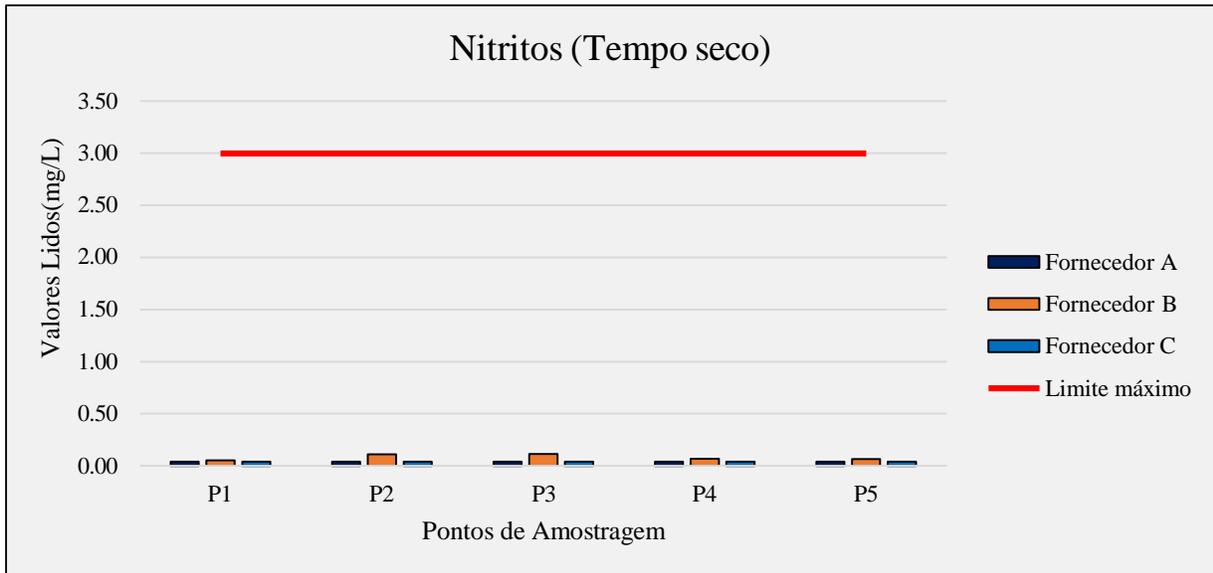


Gráfico 19. Comparação dos resultados dos nitritos no tempo seco.

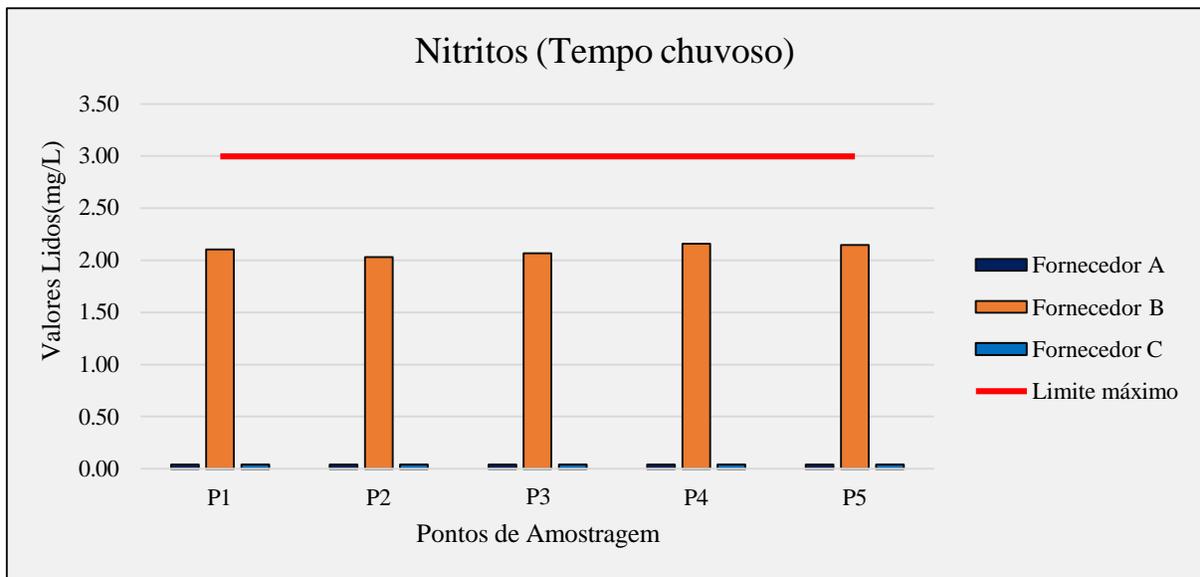


Gráfico 20. Comparação dos resultados dos nitritos no tempo chuvoso.

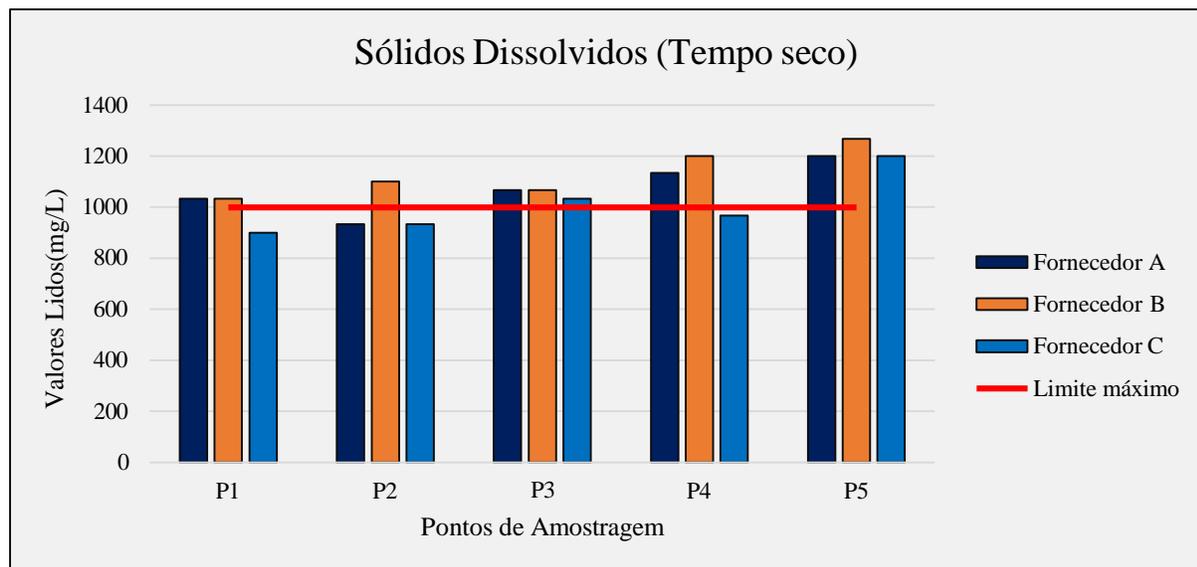


Gráfico 21. Comparação dos resultados dos solidos dissolvidos no tempo seco.

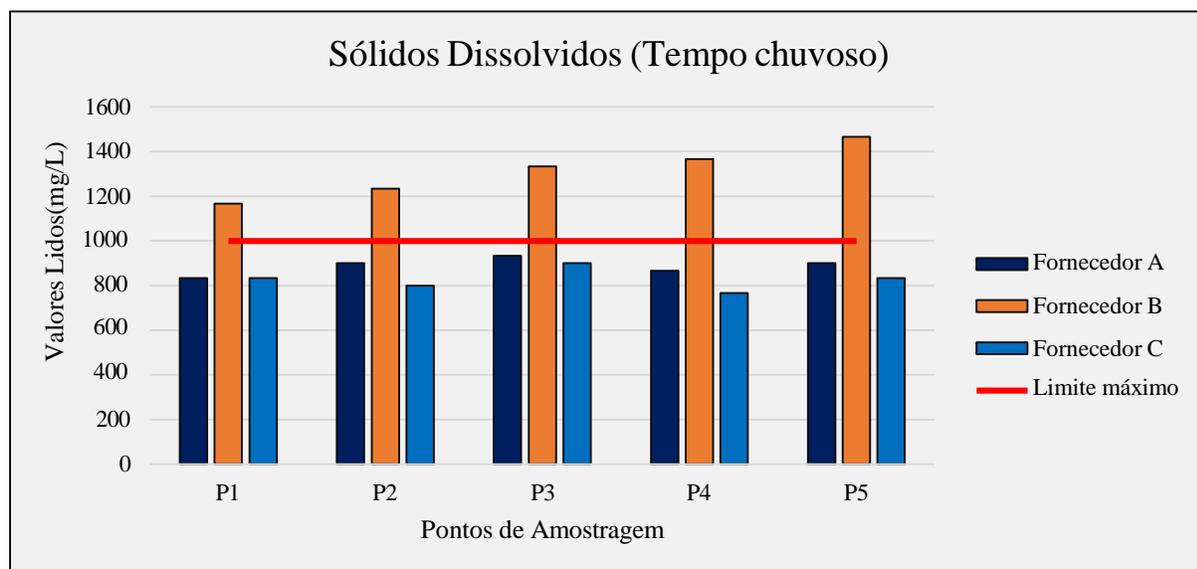


Gráfico 22. Comparação dos resultados dos solidos dissolvidos no tempo chuvoso.

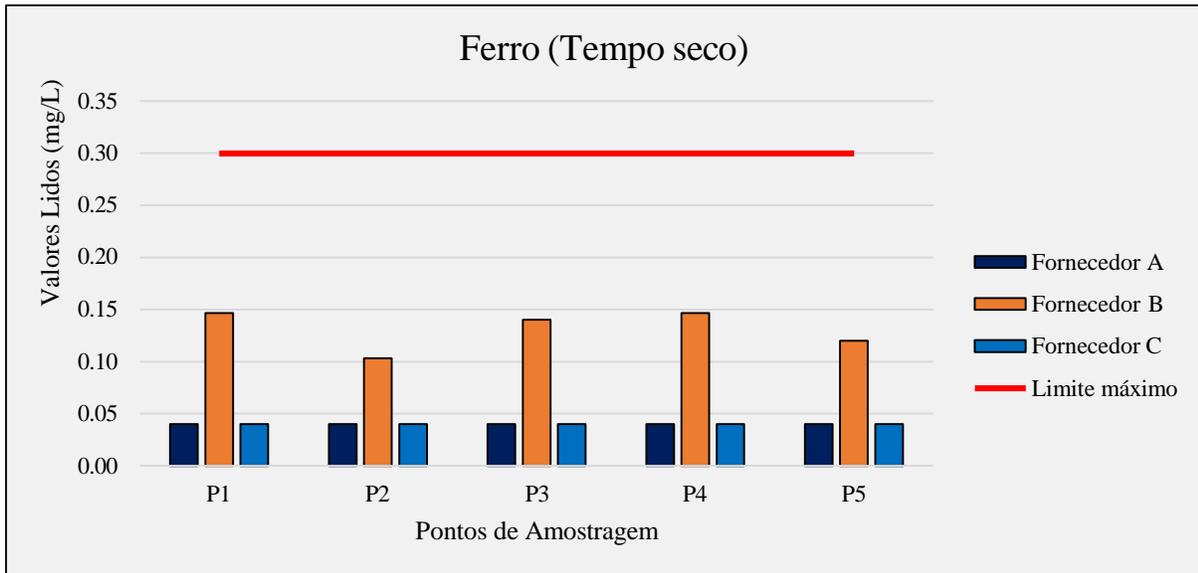


Gráfico 23. Comparação dos resultados do ferro no tempo seco.

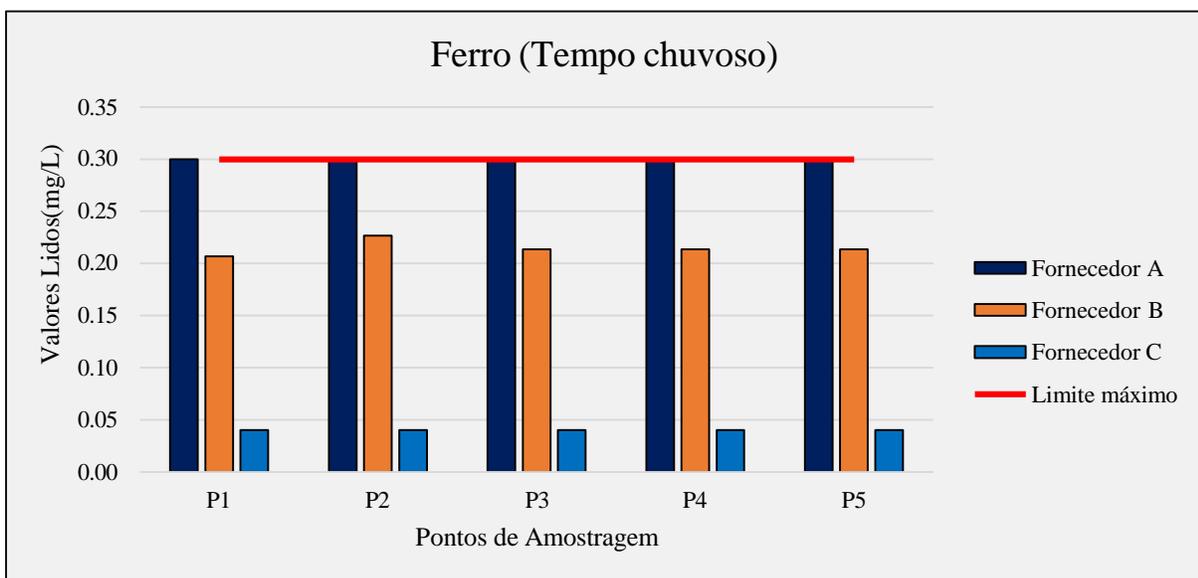


Gráfico 24. Comparação dos resultados do ferro no tempo chuvoso.

4.2. Discussão

4.2.1. pH

Tendo em consideração as referências da legislação moçambicana, o boletim da república (I série – Número 3 de 2004) que predispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, as águas avaliadas neste estudo, concretamente os fornecedores A, B e C, apresentaram valores de pH dentro dos valores estabelecidos (6.5 – 8.5), para ambas as épocas em que se colheu as amostras, como se pode observar nos gráficos 1 e 2. Desse modo, **pode-se** afirmar que estas águas, independentemente da época, enquadram-se nos requisitos de água para o consumo humano, em relação a **esse** parâmetro.

Entrando em concordância com o exposto na legislação nacional, Scorsafava *et al.* (2010) afirma que a perigosidade com a ingestão de uma água levemente ácida está relacionada com os problemas relacionados com a pele e o armazenamento de uma água em recipientes metálicos pode ocasionar a corrosão do mesmo.

4.2.2. Cálcio

A partir dos gráficos 3 e 4 é possível notar que as amostras dos fornecedores A e C encontravam-se fora do limite estabelecido pela norma moçambicana (50 mg/L) para ambas as épocas, sendo somente a água do fornecedor B a única que possuía valores **elegíveis** para os critérios de aceitação de qualidade.

De acordo com os resultados apresentados, acredita-se que a elevada concentração de cálcio para os fornecedores A e C devem-se à fonte de obtenção da mesma água. As águas subterrâneas, por estarem em maior **contacto** com as camadas internas da litosfera, são responsáveis pela lixiviação de minerais solúveis em água, tendendo a acrescentar a concentração de determinados elementos, **a observação converge com** o exposto por Lauthartte *et al.* (2016) ao afirmar que os altos valores de cálcio encontrados nas águas para o consumo humano podem ser justificados pela alta presença de minerais dentro da água, minerais estes como o calcário que são provenientes de águas subterrâneas. Para além deste facto, o uso de produtos químicos que contenham cálcio como o sulfato de cálcio **pode** também ser uma fonte que pode aumentar níveis de cálcio na água. Altos valores de cálcio **podem** provocar a existência de sabores e odores desagradáveis na água, o que **pode a tornar** menos agradável ao consumo. A presença de cálcio aumenta directamente na dureza

da água, culminando desse modo em problemas de pele e de cabelo aquando do consumo dessa mesma água.

4.2.3. Cloretos

Observando os gráficos 5 e 6 referentes aos valores dos cloretos nas águas analisadas, é possível notar nitidamente que as amostras dos fornecedores A (época seca) assim como A e B (época chuvosa) apresentaram valores acima daquilo que é o valor estipulado pela legislação nacional (250 mg/L).

Conforme descrito por Bastos (2016), o cloro é um agente bactericida, que é adicionado durante o tratamento da água com o objectivo de eliminar bactérias e outros micro-organismos patogénicos que podem estar presentes na água, e é considerado um factor contribuinte para a redução das doenças veiculadas pela água. Atendendo e considerando que estas águas não sofrem um tratamento químico (por forma a garantir a qualidade), pode-se julgar que estes altos valores encontrados estejam relacionados a actividades humanas, como o uso de fertilizantes contendo cloretos na agricultura e contaminação salina.

Assim como descrito pela legislação nacional, altos valores de cloretos presentes em uma água para o consumo humano pode causar um sabor diferente do normal, um cheiro desagradável e além destes, essa mesma água pode afectar as pessoas com restrições dietéticas de sódio.

4.2.4. Dureza

É a característica conferida à água pela presença de sais de metais alcalino-terrosos (cálcio, magnésio, etc.) e alguns metais em menor intensidade. A dureza de amostras de água é medida em mg/L de carbonato de cálcio (Soares & Ferreira, 2017).

Tendo em consideração o valor limite imposto pela legislação nacional para garantir a qualidade da água para o consumo humano, é possível perceber nos gráficos 7 e 8 que nenhuma das águas analisadas apresentava valores de carbonato de cálcio acima do limite estabelecido (500 mg/L).

4.2.5. Condutividade

Abrahão (2006) e Soares & Ferreira (2017) definem a condutividade eléctrica da água como sendo o parâmetro que define a habilidade da água de conduzir corrente eléctrica devido à presença de iões, e essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água.

Como estabelece a legislação nacional, a condutividade nas águas para consumo deve estar no intervalo de 50 – 2000 $\mu\text{hmo/cm}$, e como se pode observar nos gráficos 9 e 10, nenhuma das amostras apresentava valores de condutividade fora do valor limite da legislação (para qualquer que seja a época), mostrando desse modo que este parâmetro estava dentro dos limites de qualidade de uma água para consumo.

4.2.6. Magnésio

A partir dos gráficos 11 e 12 é possível notar que as amostras do fornecedor C **encontravam-se acima do limite estabelecido** pela norma moçambicana (50 mg/L) para ambas as épocas analisadas, sendo somente **as águas dos** fornecedores A e B as que possuíam valores **elegíveis** para os critérios de aceitação de qualidade.

Acredita-se que os elevados valores de magnésio encontrados na água do fornecedor C possa ter origens da contaminação subterrânea, como é salientado por Sitaram (2022) no seu estudo sobre a qualidade da água para o consumo humano, onde observou nos seus resultados valores de magnésio acima daquilo que era o esperado, **salientando** que estes altos valores encontrados podiam ser justificados pela concentração de minerais na geologia subterrânea da área de captação de água uma vez que **esta** pode ser naturalmente **rica** em magnésio. Atendendo e considerando o local da captação das águas por esses fornecedores privados, a justificação acima torna-se a mais provável. Altos valores de magnésio nas águas para o consumo humano podem **acarretar** a esta água um sabor desagradável para além de doenças que podem advir do consumo do mesmo, doenças como diarreias e distúrbios gastrointestinais em doses muito elevadas.

4.2.7. Sódio

Como se pode observar no gráfico 14, as águas do fornecedor A apresentaram valores de sódio **acima do valor** máximo permitido pela legislação moçambicana na época chuvosa.

Aggarwal *et al.* (2023) afirma que a elevação nos valores de sódio no tempo chuvoso pode ser provocada por diversas situações a mencionar: A precipitação – durante a época chuvosa, a quantidade de chuva aumenta, o que pode diluir a concentração de minerais na água, incluindo o sódio. Carregamento de sais – a água da chuva pode lavar o solo e transportar sais aumentando a concentração de sódio na água.

4.2.8. Nitratos

Observando os gráficos 15 e 16 é possível observar que nenhuma das águas dos fornecedores **apresentou** valores fora dos limites estabelecidos pela legislação nacional (50 mg/L).

De acordo com Lauthartte *et al.* (2016) nos meses de maior precipitação pluviométrica, pode-se esperar uma concentração mais baixa de nitrato, decorrente de uma maior diluição da água do aquífero freático. Em contrapartida, neste período, ocorre a subida do lençol freático, o qual pode entrar em contacto ou aproximar-se de fontes potenciais poluidoras, **o que** possibilita a contaminação pelos iões nitrato, **amónio**, nitrito e outros.

Com base nos escritos de Scorsafava *et al.* (2010), nitrato é tóxico aos seres humanos e se ingerido em excesso pode provocar a metahemoglobinemia infantil mais conhecida por “doença do sangue azul” dos **bebés**, onde é reduzido no organismo a nitrito que, por sua vez, compete com o ferro pelo **oxigénio** livre na corrente sanguínea. Quando o nitrito está presente na água e é ingerido, este processo é ainda mais rápido. O nitrato também pode ser transformado em nitrosaminas e nitrosamidas, ambas carcinogénicas.

4.2.9. Nitrito e Amônia

Nenhuma das amostras analisadas apresentou valores de nitrito ou amônia acima daquilo que é o valor limite recomendado pela norma moçambicana de regularização da qualidade da água para o consumo humano. De acordo com Scorsafava *et al.* (2010) altos valores de nitrito bem como a da amônia, sugerem condições higiênico-sanitárias insatisfatórias. Sabe-se que em muitas regiões isto pode significar que a quantidade de matéria orgânica na água aumentou, o que é um indício de poluição ou provável degradação ambiental.

4.2.10. Ferro

Tendo em consideração o valor limite imposto pela legislação nacional para garantir a qualidade da água para o consumo humano, é possível perceber nos gráficos 21 e 22 que nenhuma das águas analisadas apresentava valores de ferro acima do limite estabelecido (0.3 mg/L). Desse modo pode-se afirmar que as quantidades dos bicarbonatos, sulfatos e hidroxidos de ferro presentes nessas águas não representavam nenhuma preocupação.

4.2.11. Microbiologia

As análises microbiológicas revelaram significado positivo para as amostras do fornecedor A no tempo chuvoso e do fornecedor C nas duas épocas para aquilo que são as exigências de qualidade estipuladas pela legislação nacional para as águas para o consumo humano. Todas as águas revelaram a presença de coliformes fecais em todos os pontos colhidos sendo que apenas o fornecedor A no tempo chuvoso e C nas duas épocas e que tiveram valores acima do limite (10 N° de colônias/100mL), isso evidencia uma falta de cuidado higiênicos na rede de distribuição destes fornecedores. Para a presença da *E.Coli*, somente a água dos fornecedores B e A no tempo seco que não apresentaram a aparição desta bactéria (tabela 8), e o fornecedor A no tempo chuvoso e C tiveram um comportamento inverso ao dos fornecedores B nas duas épocas e A no tempo seco.

Como exposto por Bastos (2016), a qualidade da água depende das fases de tratamento, distribuição e armazenamento do produto. Assim, para que um programa de qualidade cumpra com as suas funções é necessário que não só a tecnologia disponível para o tratamento e

distribuição seja adequada, mas também o sistema de armazenamento seja eficiente, pois falhas durante a etapa de tratamento e distribuição expõem a população às doenças veiculadas pela água.

Durante a colheita das amostras nos fornecedores, foi possível observar o cenário no qual a água para a distribuição estava submetida. Os locais de colheita das águas para a distribuição (os furos) estão cercados por uma lixeira e por um local de prática de agricultura e pecuária não obstante a isso, a presença constante de poeira é característica do local. As condições higiénicas do local de colheita assim como o local de armazenamento deixam muito a desejar no que concerne à garantia da qualidade da água, o que de certo do modo vem justificar a presença dessas bactérias nessas águas.

CAPÍTULO V

1. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1.1. Conclusões

Conforme os objectivos traçados, e em concordância com os resultados obtidos laboratorialmente, pode-se concluir que:

- Os fornecedores em Mulotana adquirem a água para venda com base na abertura de furos privados e a distribuição é feita ao domicílio mediante o uso de camiões cisternas.
- No que concerne aos parâmetros físico-químicos, o pH, dureza, condutividade, nitratos, nitritos, amónia, apresentaram valores dentro dos limites permitidos pela legislação nacional, no entanto, o cálcio, magnésio, sódio, ferro e algumas análises microbiológicas apresentaram valores acima daquilo que são as exigências de qualidade de uma água para consumo humano;
- A prática da pecuária, a existência de uma grande quantidade de lixo e a existência de material particulado no local de captação das águas constituem os principais meios pelos quais os poluentes são introduzidos nas águas para a distribuição;
- Os resultados físico-químicos assim como os microbiológicos não satisfazem por completo as exigências de qualidade de uma água para o consumo humano, com isso nenhuma água analisada seria recomendada para ser consumida pela população de Mulotana.

1.2. Recomendações

- A introdução de um programa de monitoramento de qualidade de água para o consumo humano de acordo com os recursos disponíveis, de modo a acompanhar a evolução dos parâmetros de qualidade de água e mitigar a contaminação da fonte.
- Aplicação de um controle rigoroso do saneamento no local de captação das águas
- Controle na normalização de aberturas de furos por parte dos fornecedores.
- Aplicação de cloro na água para inactivar os microorganismos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abrahão, R. (2006). *Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho mussuré*. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB.
2. Adebayo, B. K., Ayejuyo, S. Okoro, H. K. e Ximba, B. J. (2011). Spectrophotometric determination of iron (III) in tap water using 8-hydroxyquinoline as a chromogenic reagent. *African Journal of Biotechnology*, 10(71), 16051–16057. DOI: 10.5897/AJB10.1840.
3. Adeolu, A. S. (2016). *Impact of industrial effluent on the environment*. Institute of Ecology and Environmental Studies Obafemi Awolowo University. Nigeria.
4. Aggarwal, A., Gupta, R., Singh, J., Emilin, R., Yadav, P., Gulia, U., Nautiyal, S., Sharma, S., Ghughthyal, R., Tanwar, D., Fatima, S., Tangri, D., Yadav, T. & Jakhar, J. (2023). Evaluation of Selected Physicochemical Parameters to Assess Quality Status of Drinking Water in Delhi , India. *Journal of Thematic Analysis*, 4(1), 18–32.
5. Albuquerque, N. C. de. (2020). *Avaliação dos parâmetros físicos e químicos e da presença de metais traços em águas do rio gramame*, PB. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
6. Alves, R. I. da S., Cardoso, O. de O., Munoz, S. I. S., Nikaido, M., Trevilato, T. M. B., & Tonani, K. A. de A. (2010). *Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes , Ribeirão Preto , SP*. 12. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
7. Andrade, M., Barros, L.S., Rodrigues, T., Santos, M.C., & Lima, D.D. (2016). Microbiological evaluation of drinking water available in schools in Cruz das Almas, Brazil. *African Journal of Microbiology Research*, 10, 1759-1766.
8. Anthonj, C., Githinji, S., & Kistemann, T. (2018). The impact of water on health and ill- health in a sub-Saharan African wetland: Exploring both sides of the coin. *The Science of the total environment*, 624, 1411-1420. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.232>
9. Balasubramanian, A., & Nagaraju, D. (1994). The Hydrologic Cycle. *International Geophysics*, 56(C), 115–135. [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(08\)60562-8](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(08)60562-8)

10. Bastos, L. da S. (2016). *Indicadores de qualidade da água para consumo humano em municípios da baixada maranhense*. Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.
11. Brasil. (2004). Portaria nr 518, de 25 de março de 2004: *Normas de qualidade da água para consumo humano*. Ministério da Saúde, Brasília.
12. Casedei, E., (2016). *Moçambique: Águas, Alimento e Ambiente*. 4 ed. Porto Editora; Maputo.
13. Campos, D. A. G., Franco, J. de M., Abreu Filho, B. A. de, Bergamasco, R., & Yamaguchi, N. U. (2017). Avaliação da Qualidade da Água destinada ao consumo humano em instituição de ensino. *Revista Da Universidade Vale Do Rio Verde*, 15(1), 289–298.
14. Caylak, E. & Tokar, M. (2012). “- *Investigating Chemical and Microbiological Contaminants in Drinking Water of Cankiri Province, Turkey*“. *Environmental Earth Sciences*. DOI: 10.1007/s12665-012-1641-z
15. COSTA, M. (1987). *Métodos de Análise de Água*. Editor Ministério da Saúde, LNHA. p A01, A02, B02, B03, B04, B12, C05, C06, C09, C10, C13, C16, C17 e C20.
16. Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *Princípios e Projeto de Tratamento de Água da MWH*. John Wiley & Sons. Canadá.
17. Dingane, A., (2022) *considerações técnicas do abastecimento de água por fornecedores privados em Moçambique e as suas implicações na cidade e província de Maputo*, (Trabalho de licenciatura). Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia. Moçambique.
18. Diploma Ministerial n.º 180/2004 de 15 de Setembro que aprova o Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano, Ministério da Saúde. Moçambique.
19. Figueiredo, T. C. F., Di Souza, L., de Oliveira, R. B., Alves, S. M. C., & dos Santos, A. P. (2015). Caracterização físico-química dos efluentes de uma indústria de laticínios. *Blucher Chemistry Proceedings*, 3(1). <https://doi.org/10.5151/chenpro-5erq-fq14>
20. GIACOMETTI, L. *Qualidade microbiológica, concentração de nitratos em águas de consumo alternativo (minerais e de poços) da cidade de Jaboticabal-SP*. 2001. 64 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências

Agrárias e Veterinária

21. Giordano, G. (2004). *Tratamento e controle de efluentes industriais. Depto de Engenharia Sanitária e Do Meio Ambiente*, <http://xa.yimg.com/kq/groups/24138517/1421219182/name/Apostila+Tratamento+de+efluentes+industriais.pdf>.
22. Gizachew, M., Admasie, A., Wegi, C., & Assefa, D. E. (2020). Bacteriological Contamination of Drinking Water Supply from Protected Water Sources to Point of Use and Water Handling Practices among Beneficiary Households of Boloso Sore Woreda, Wolaita Zone, Ethiopia. *International Journal of Microbiology*, 3, 11-22
23. Guimarães, R. C., Shahidian, S. e Rodrigues, C. M. (2017). *Hidrologia Agrícola*, 2ª edição. ECT e ICAAM. Évora. ISBN: 978-989-8550-40-8
24. Holcomb, D. A., Knee, J., Sumner, T., Adriano, Z., de Bruijn, E., Nalá, R., Cumming, O., Brown, J., & Stewart, J. R. (2020). Human fecal contamination of water, soil, and surfaces in households sharing poor-quality sanitation facilities in Maputo, Mozambique. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 226, 113496. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113496>
25. Islam, S. M., Brooks, A., Kabir, M. S., Jahid, I. K., Shafiqul Islam, M., Goswami, D., Nair, G. B., Larson, C., Yukiko, W., & Luby, S. (2007). Faecal contamination of drinking water sources of Dhaka city during the 2004 flood in Bangladesh and use of disinfectants for water treatment. *Journal of applied microbiology*, 103(1), 80–87. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03234.x>
26. Katner, A., Holz, J., & Mayer, P. (2018). "*Monitoramento da Qualidade da Água: Manual para Iniciantes*." Editora Universitária. Brasil
27. Kindlein, C. P. (2010). *Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de abastecimento do município de Santa Rita* (Trabalho de Conclusão de Curso, Química - Bacharelado). Universidade La Salle, Canoas, RS, Brasil.
28. Lamego, A. R., 2020. O desafio do saneamento em comunidades rurais e a importância do monitoramento da qualidade da água. (2020). *Boletim Do Observatório Ambiental*, 255-
273. <https://doi.org/10.19180/2177-4560.v14n22020p255-273>.

29. Lauthartte, L. C., Holanda, Í. B. B. de, Luz, C. C., Mussy, M. H., Pansini, S., Manzatto, Â.G., Yamashita, M., & Bastos, W. R. (2016). Avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano: estudo de caso no distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho – RO. *Águas Subterrâneas*, 30(2), 246–260.
30. Libano, M. (2005). *Fundamentos de qualidade e tratamento de água* (4a ed.). Campinas: Editora Atômica.
31. Luby, S. P., Halder, A. K., Huda, T. M., Unicomb, L., Islam, M. S., Arnold, B. F., & Johnston, R. B. (2015). Microbiological Contamination of Drinking Water Associated with Subsequent Child Diarrhea. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 93(5), 904–911. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.15-0274>
32. Nabeela, F., Azizullah, A., Bibi, R., Uzma, S., Murad, W., Shakir, S.K., Ullah, W. Hader, DP 2014, Microbial contamination of drinking water- A review, *Environmental Science Pollution Research*, vol. 21, 13929-13942. DOI 10.1007/s11356-014-3348-z
33. Okereke, J. N., Ogidi, O. I., & Obasi, K. O. (2016). International Journal of Advanced Research in Biological Sciences Environmental and Health Impact of Industrial Wastewater Effluents in Nigeria-A Review. 3(6), 55–67. <http://s-o-i.org/1.15/ijarbs-2016-3-6-8>
34. Porcy, C. et al., 2020. Microbiological evaluation of drinking water of houses located in a flooded area in the municipality of Amapá. *Electronic Journal Collection Health*, p. 912;
35. Relatório diagnóstico dos FPAs, ARD INC(Tetra Tech) WASH-FIN,2021;
36. Rodrigues, A. P., Ramírez-Sánchez, M. Y. & Silva, R. F. d., 2020. A qualidade da água para o consumo humano nas unidades sanitárias do distrito municipal da Katembe (Moçambique). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, Volume 65, pp. 289-321.
37. Salamandane, A., Vila-Boa, F., Malfeito-Ferreira, M. & Brito, L., 2021. High Fecal Contamination and High Levels of Antibiotic-Resistant Enterobacteriaceae in Water Consumed in the City of Maputo, Mozambique, Volume 2, pp. 6-13.
38. Sarker, B. C. (2013). *Assessment of industrial effluents quality : a case study of assessment of industrial effluents quality : a case study of bhaluka industrial area , mymensingh Bangladesh Agricultural University*]. <https://doi.org/10.13140/2.1.1914.6565>

39. Scorsafava, M. A., Souza, A. de, Stofer, M., Nunes, C. A., & Milanez, T. V. (2010). Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumhumano. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 69(2), 229–232.
40. Shaltami, O. R., & Bustany, I. (2021). *Water quality – A review 2 nd International Symposium on Geosciences Proceeding Book*. Vol. 2, São Paulo.
41. Sitaram, D. U. (2022). Study of the physio-chemical parameters for testing water : A review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(May), 570–575.
42. Soares, E. M., & Ferreira, R. L. (2017). Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil planeta. *Revista Meio Ambiente Sustentabilidade*, 13(6). 10.22292/mas.v13i6.762
43. Un-Water. (2011). Water Quality: Policy Brief. In *Un-Water*. http://www.unwater.org/downloads/waterquality_policybrief.pdf
44. Von Sperling, M. (2015). Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal. In *Water Intelligence Online* (Vol. 1, Issue 0, pp. 9781780402086–9781780402086). IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781780402086>
45. WHO; UNICEF, 2020. Progress on sanitation and drinking-water - 2020 update. 4 ed. France: WHO Library;
46. Wright, J., Gundry, S. & Conroy, R., 2004. Água potável domiciliar em países em desenvolvimento: uma revisão sistemática da contaminação microbiológica entre fonte e ponto de uso. *Medicina Tropical e Saúde Internacional*, Volume 7, pp. 3-16;
47. Żeber-Dzikowska, I., Bąk-Badowska, J., Gietka, M., Gworek, B., Wróblewska, I., & Łuszczki, J. J. (2022). Importance of Water, Its Quality and Proper Management As a Challenge in Environmental Education*. *Journal of Elementology*, 27(1), 47–57. <https://doi.org/10.5601/jelem.2022.27.1.2227>

ANEXOS

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Anexo 1. Resultados laboratoriais

Fornecedor A

Ph										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	7.52	7.60	7.58	7.61	7.50	7.89	7.66	7.60	7.66	7.89
	7.60	7.20	7.60	7.27	7.53	7.66	7.59	7.60	7.78	7.80
	7.50	7.33	7.58	7.70	7.51	7.78	7.66	7.66	7.59	7.78
Média	7.54	7.38	7.59	7.53	7.51	7.78	7.64	7.62	7.68	7.82
RSD (%)	0.70	2.77	0.15	3.01	0.20	1.48	0.53	0.45	1.25	0.75
IC	0.13	0.51	0.03	0.56	0.04	0.29	0.10	0.09	0.24	0.15

Condutividade ($\mu\text{hmo/cm}$)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	1145	1170	1145	1156	1160	1300	1424	1660	1430	1660
	1140	1156	1140	1166	1156	1290	1290	1420	1610	1518
	1156	1162	1160	1140	1169	1280	1402	1400	1490	1600
Média	1147	1162.67	1148.33	1154.00	1161.67	1290.00	1372.00	1493.33	1510.00	1592.67
RSD (%)	0.71	0.60	0.91	1.14	0.57	0.78	5.24	9.69	6.07	4.48
IC	20.32	17.44	25.84	32.56	16.53	24.83	178.40	359.19	227.53	176.97

Magnésio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	28.1	31.61	27.9	35.32	35.13	38.05	39.02	36.88	43.31	38.54
	28.39	34.15	36.29	35.91	36.91	36.48	43.32	41.08	36.09	40.68
	28.29	33.86	35.52	38.16	35.13	36.88	38.73	37.85	38.14	37.27
Média	28.26	33.21	33.24	36.46	35.72	37.14	40.36	38.60	39.18	38.83
RSD (%)	0.52	4.19	13.95	4.11	2.88	2.20	6.37	5.70	9.50	4.44
IC	353.86	82.44	82.51	90.52	88.69	92.20	100.19	95.84	97.27	96.40

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Nitrito (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Média	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RSD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ferro (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Média	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RSD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cálcio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	57.71	60.12	52.1	51.3	65.73	74.12	68.13	72.14	74.54	76.15
	65.73	64.12	60.12	51.3	64.12	68.13	64.12	72.14	68.13	75.1
	60.12	60.12	65.73	57.71	60.12	62.52	74.54	75.1	62.52	76.95
Média	61.19	61.45	59.32	53.44	63.32	68.26	68.93	73.13	68.40	76.07
RSD (%)	6.73	3.76	11.55	6.93	4.56	8.50	7.62	2.34	8.79	1.22
IC	10.22	5.73	17.01	9.19	7.17	14.40	13.05	4.24	14.93	2.30

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Sólidos Dissolvidos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	1100	900	1100	1200	1100	900	800	900	800	900
	1000	1000	1100	1000	1300	800	900	1000	1000	1000
	1000	900	1000	1200	1200	800	1000	900	800	800
Média	1033.33	933.33	1066.67	1133.33	1200.00	833.33	900.00	933.33	866.67	900.00
RSD (%)	5.59	6.19	5.41	10.19	8.33	6.93	11.11	6.19	13.32	11.11
IC	143.33	143.33	143.33	286.67	248.26	143.33	248.26	143.33	286.67	248.26

Cálcio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	12.89	11.66	12.96	13.43	12.89	28.05	32.06	28.85	30.46	32.06
	13.42	12.9	13.4	12.99	13.46	30.46	30.46	29.65	32.06	31.26
	13.39	12.97	13.63	13.52	12.98	28.85	31.26	28.85	33.66	31.26
Média	13.23	12.51	13.33	13.31	13.11	29.12	31.26	29.12	32.06	31.53
RSD (%)	2.25	5.89	2.55	2.13	2.34	4.22	2.56	1.59	4.99	1.47
IC	0.74	1.83	0.85	0.70	0.76	3.05	1.99	1.15	3.97	1.15

Amoníaco (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Média	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RSD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Cloretos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	251.69	287.15	255.24	258.78	255.24	304.87	287.15	297.78	358.05	301.33
	241.15	255.24	255.24	251.69	269.42	301.33	358.05	304.87	301.33	358.05
	269.42	251.69	251.69	255.24	258.78	304.87	301.33	287.15	297.78	304.87
Média	254.09	264.69	254.06	255.24	261.15	303.69	315.51	296.60	319.05	321.42
RSD (%)	5.62	7.38	0.81	1.39	2.83	0.67	11.89	3.01	10.60	9.89
IC	35.47	48.48	5.09	8.80	18.32	5.07	93.14	22.14	83.96	78.88

Dureza (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	128	144	132	156	160	184	192	180	208	190
	130	156	164	160	164	180	208	198	180	198
	128	150	160	170	156	180	190	184	190	184
Média	128.67	150.00	152.00	162.00	160.00	181.33	196.67	187.33	192.67	190.67
RSD (%)	0.90	4.00	11.47	4.45	2.50	1.27	5.02	5.05	7.36	3.68
IC	2.87	14.90	43.29	17.90	9.93	5.73	24.49	23.46	35.23	17.44

Nitratos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	28.05	28.03	28.07	28.03	28.05	33.07	32.96	33.45	33.52	33.5
	28.11	28.09	28.06	28.05	28.11	33	33.1	33.62	32.94	33.12
	28.09	28.05	28.07	28.03	28.06	32.86	33	33.5	33.24	33.25
Média	28.08	28.06	28.07	28.04	28.07	32.98	33.02	33.52	33.23	33.29
RSD (%)	0.11	0.11	0.02	0.04	0.11	0.32	0.22	0.26	0.87	0.58
IC	0.08	0.08	0.01	0.03	0.08	0.27	0.18	0.22	0.72	0.48

Sódio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	178.34	183.9	161.56	192.33	183.9	212.16	237.38	266.8	296.22	283.62
	176.26	192	178.34	183.94	161.56	237.38	258.4	258.4	266.8	296.22
	183.94	192.33	176.26	178.34	183.94	228.98	258.4	266.8	258.9	296.22
Média	179.51	189.41	172.05	184.87	176.47	226.17	251.39	264.00	273.97	292.02
RSD (%)	2.21	2.52	5.32	3.81	7.32	5.68	4.83	1.84	7.18	2.49
IC	9.86	11.85	22.71	17.48	32.05	31.88	30.13	12.04	48.83	18.06

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Fornecedor B

pH										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	7.50	7.51	7.50	7.51	7.50	7.55	7.41	7.45	7.40	7.50
	7.51	7.52	7.50	7.50	7.53	7.61	7.52	7.50	7.55	7.53
	7.50	7.51	7.52	7.51	7.51	7.50	7.51	7.52	7.51	7.61
Média	7.50	7.51	7.51	7.51	7.51	7.55	7.48	7.49	7.49	7.55
RSD (%)	0.08	0.08	0.15	0.08	0.20	0.73	0.81	0.48	1.04	0.75
IC	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.14	0.15	0.09	0.19	0.14

Condutividade ($\mu\text{hmo/cm}$)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	1242	1270	1245	1256	1260	1400	1424	1460	1430	1460
	1240	1257	1248	1266	1256	1390	1430	1462	1410	1458
	1256	1262	1260	1260	1269	1380	1402	1450	1390	1500
Média	1246	1263.00	1251.00	1260.67	1261.67	1390.00	1418.67	1457.33	1410.00	1472.67
RSD (%)	0.70	0.52	0.63	0.40	0.53	0.72	1.04	0.44	1.42	1.61
IC	21.64	16.28	19.71	12.50	16.53	24.83	36.60	15.96	49.65	58.82

Magnésio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	36.08	37.25	36.55	37.84	36.28	41.84	43.28	44.31	44.92	45.38
	36.38	37.94	36.96	37.74	37.84	40.74	42.23	45.33	47.7	41.5
	38.33	36.33	36.28	36.1	35.64	42.82	42.62	50.14	45.16	42.82
Média	36.93	37.17	36.60	37.23	36.59	41.80	42.71	46.59	45.93	43.23
RSD (%)	3.31	2.17	0.94	2.62	3.09	2.49	1.24	6.68	3.35	4.56
IC	3.03	2.01	0.85	2.43	2.81	2.58	1.32	7.73	3.82	4.90

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Nitritos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.09	0.10	0.07	0.09	2.04	2.00	2.06	2.07	2.08
	0.06	0.10	0.10	0.04	0.06	2.14	2.05	2.04	2.20	2.20
	0.06	0.14	0.14	0.09	0.04	2.13	2.04	2.10	2.21	2.16
Média	0.05	0.11	0.11	0.07	0.06	2.10	2.03	2.07	2.16	2.15
RSD (%)	21.65	24.05	20.38	37.75	39.74	2.62	1.30	1.48	3.62	2.85
IC	0.03	0.07	0.06	0.06	0.06	0.14	0.07	0.08	0.19	0.15

Ferro (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.14	0.1	0.14	0.14	0.13	0.22	0.24	0.23	0.24	0.21
	0.11	0.11	0.12	0.16	0.11	0.21	0.2	0.21	0.21	0.19
	0.19	0.1	0.16	0.14	0.12	0.19	0.24	0.2	0.19	0.24
Média	0.15	0.10	0.14	0.15	0.12	0.21	0.23	0.21	0.21	0.21
RSD (%)	27.56	5.59	14.29	7.87	8.33	7.39	10.19	7.16	11.80	11.80
IC	0.10	0.01	0.05	0.03	0.02	0.04	0.06	0.04	0.06	0.06

Cálcio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	20.1	20.3	22.2	20.9	21.3	32.5	34.6	33.4	33.9	34
	22.3	20.5	22.5	21.3	20.9	33.1	34.9	34.2	34.5	33.9
	20.9	20.1	21.3	22.09	22.9	34.5	35.2	34.5	34.9	34.5
Média	21.10	20.30	22.00	21.43	21.70	33.37	34.90	34.03	34.43	34.13
RSD (%)	5.28	0.99	2.84	2.83	4.88	3.08	0.86	1.67	1.46	0.94
IC	2.76	0.50	1.55	1.50	2.63	2.55	0.74	1.41	1.25	0.80

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Sólidos Dissolvidos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	1100	1200	1100	1300	1100	1200	1100	1400	1400	1400
	1000	1000	1100	1000	1400	1100	1400	1300	1300	1500
	1000	1100	1000	1300	1300	1200	1200	1300	1400	1500
Média	1033.33	1100.00	1066.67	1200.00	1266.67	1166.67	1233.33	1333.33	1366.67	1466.67
RSD (%)	5.59	9.09	5.41	14.43	12.06	4.95	12.39	4.33	4.22	3.94
IC	143.33	248.26	143.33	430.00	379.22	143.33	379.22	143.33	143.33	143.33

Cálcio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	12.89	11.66	12.96	13.43	12.89	28.05	32.06	28.85	30.46	32.06
	13.42	12.9	13.4	12.99	13.46	30.46	30.46	29.65	32.06	31.26
	13.39	12.97	13.63	13.52	12.98	28.85	31.26	28.85	33.66	31.26
Média	13.23	12.51	13.33	13.31	13.11	29.12	31.26	29.12	32.06	31.53
RSD (%)	2.25	5.89	2.55	2.13	2.34	4.22	2.56	1.59	4.99	1.47
IC	0.74	1.83	0.85	0.70	0.76	3.05	1.99	1.15	3.97	1.15

Amoníaco (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Média	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RSD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Cloretos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	180.69	187.15	185.24	188.78	185.24	294.87	287.15	297.78	295.05	301.33
	181.15	183.24	182.24	186.69	169.42	301.33	288.05	304.87	301.33	298.05
	179.42	185.69	185.69	189.24	188.78	293.88	290.33	287.15	297.78	304.87
Média	180.42	185.36	184.39	188.24	181.15	296.69	288.51	296.60	298.05	301.42
RSD (%)	0.50	1.07	1.02	0.72	5.69	1.36	0.57	3.01	1.06	1.13
IC	2.22	4.91	4.66	3.37	25.59	10.04	4.07	22.14	7.82	8.47

Dureza (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	168	174	172	176	170	204	212	215	218	220
	170	176	174	176	176	200	208	220	230	204
	178	169	170	170	169	210	210	240	220	210
Média	172.00	173.00	172.00	174.00	171.67	204.67	210.00	225.00	222.67	211.33
RSD (%)	3.08	2.08	1.16	1.99	2.21	2.46	0.95	5.88	2.89	3.82
IC	13.14	8.95	4.97	8.60	9.40	12.50	4.97	32.84	15.96	20.07

Nitratos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	7.56	7.02	6.89	6.98	7.10	9.02	9.20	9.10	9.02	9.30
	7.40	7.09	7.01	7.10	7.66	8.50	8.90	9.00	8.95	9.40
	7.10	7.30	7.10	7.30	7.50	9.00	9.40	9.30	9.20	9.10
Média	7.35	7.14	7.00	7.13	7.42	8.84	9.17	9.13	9.06	9.27
RSD (%)	3.18	2.04	1.51	2.27	3.89	3.33	2.75	1.67	1.42	1.65
IC	0.58	0.36	0.26	0.40	0.72	0.73	0.62	0.38	0.32	0.38

Sódio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	184.63	183.90	161.56	192.33	183.90	184.63	183.96	183.98	184.86	184.50
	176.26	192.00	178.34	183.94	161.56	183.63	184.50	184.60	183.90	183.96
	183.94	192.33	176.26	178.34	183.94	184.50	184.02	184.50	184.59	184.67
Média	181.61	189.41	172.05	184.87	176.47	184.25	184.16	184.36	184.45	184.38
RSD (%)	2.56	2.52	5.32	3.81	7.32	0.30	0.16	0.18	0.27	0.20
IC	11.53	11.85	22.71	17.48	32.05	1.35	0.73	0.83	1.23	0.92

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Fornecedor C

Ph										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	7.81	7.72	7.38	7.51	7.50	7.79	7.56	7.76	7.66	7.89
	7.76	7.62	7.56	7.37	7.53	7.66	7.59	7.69	7.78	7.80
	7.65	7.62	7.58	7.70	7.51	7.79	7.56	7.80	7.89	7.76
Média	7.74	7.65	7.51	7.53	7.51	7.75	7.57	7.75	7.78	7.82
RSD (%)	1.06	0.75	1.47	2.20	0.20	0.97	0.23	0.72	1.48	0.85
IC	0.20	0.14	0.27	0.41	0.04	0.19	0.04	0.14	0.29	0.17

Condutividade ($\mu\text{hmo/cm}$)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	1325	1340	1390	1350	1330	1660	1640	1660	1630	1670
	1350	1360	1390	1370	1325	1690	1690	1640	1640	1670
	1390	1350	1380	1360	1350	1680	1672	1660	1670	1690
Média	1355	1350.00	1386.67	1360.00	1335.00	1676.67	1667.33	1653.33	1646.67	1676.67
RSD (%)	2.42	0.74	0.42	0.74	0.99	0.91	1.52	0.70	1.26	0.69
IC	81.40	24.83	14.33	24.83	32.84	37.92	62.87	28.67	51.68	28.67

Magnésio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	48.87	47.3	48.77	49.94	47.4	54.13	54.62	50.71	52.32	52.17
	47.4	46.81	49.74	50.92	48.77	51.69	57.06	55.1	51.69	54.38
	48.28	46.33	47.4	51.79	47.79	54.04	52.57	50.97	55.5	50.52
Média	48.18	46.81	48.64	50.88	47.99	53.29	54.75	52.26	53.17	52.36
RSD (%)	1.54	1.04	2.42	1.82	1.47	2.60	4.11	4.71	3.84	3.70
IC	1.84	1.20	2.92	2.30	1.75	3.43	5.58	6.11	5.07	4.81

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Nitritos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Média	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RSD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ferro (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Média	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RSD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cálcio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	57.71	60.12	52.1	51.3	65.73	74.12	68.13	72.14	74.54	76.15
	65.73	64.12	60.12	51.3	64.12	68.13	64.12	72.14	68.13	75.1
	60.12	60.12	65.73	57.71	60.12	62.52	74.54	75.1	62.52	76.95
Média	61.19	61.45	59.32	53.44	63.32	68.26	68.93	73.13	68.40	76.07
RSD (%)	6.73	3.76	11.55	6.93	4.56	8.50	7.62	2.34	8.79	1.22
IC	10.22	5.73	17.01	9.19	7.17	14.40	13.05	4.24	14.93	2.30

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Sólidos Dissolvidos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	800	900	1000	900	1100	900	800	900	700	800
	900	1000	1100	1000	1300	800	900	900	900	900
	1000	900	1000	1000	1200	800	700	900	700	800
Média	900.00	933.33	1033.33	966.67	1200.00	833.33	800.00	900.00	766.67	833.33
RSD (%)	11.11	6.19	5.59	5.97	8.33	6.93	12.50	0.00	15.06	6.93
IC	248.26	143.33	143.33	143.33	248.26	143.33	248.26	0.00	286.67	143.33

Cálcio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	12.89	11.66	12.96	13.43	12.89	28.05	32.06	28.85	30.46	32.06
	13.42	12.9	13.4	12.99	13.46	30.46	30.46	29.65	32.06	31.26
	13.39	12.97	13.63	13.52	12.98	28.85	31.26	28.85	33.66	31.26
Média	13.23	12.51	13.33	13.31	13.11	29.12	31.26	29.12	32.06	31.53
RSD (%)	2.25	5.89	2.55	2.13	2.34	4.22	2.56	1.59	4.99	1.47
IC	0.74	1.83	0.85	0.70	0.76	3.05	1.99	1.15	3.97	1.15

Amoníaco (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.9	0.6	0.6	0.7	0.6
	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.8	0.5	0.7	0.7	0.8
	0.3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8
Média	0.33	0.33	0.30	0.37	0.37	0.77	0.60	0.63	0.67	0.73
RSD (%)	17.32	34.64	33.33	15.75	15.75	19.92	16.67	9.12	8.66	15.75
IC	0.14	0.29	0.25	0.14	0.14	0.38	0.25	0.14	0.14	0.29

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Cloretos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	180.3	178.98	179.09	179.6	180.2	104.27	107.15	107.78	108.05	101.33
	178.98	179.9	183.2	185.65	185.65	101.23	108.05	104.87	101.83	103.05
	179.6	185.65	180.12	179.9	180.55	104.57	108.33	107.15	107.78	104.87
Média	179.63	181.51	180.80	181.72	182.13	103.36	107.84	106.60	105.89	103.08
RSD (%)	0.37	1.99	1.18	1.88	1.67	1.79	0.57	1.44	3.32	1.72
IC	1.64	8.97	5.31	8.46	7.57	4.59	1.53	3.80	8.73	4.39

Dureza (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	258	254	252	256	260	294	292	280	289	290
	260	256	264	260	264	280	298	298	280	298
	258	250	260	270	256	284	290	284	290	284
Média	258.67	253.33	258.67	262.00	260.00	286.00	293.33	287.33	286.33	290.67
RSD (%)	0.45	1.21	2.36	2.75	1.54	2.52	1.42	3.29	1.92	2.42
IC	2.87	7.58	15.17	17.90	9.93	17.90	10.34	23.46	13.67	17.44

Nitratos (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Média	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RSD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Sódio (mg/L)										
Época Seca						Época Chuvosa				
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Réplicas	68.34	68.9	61.76	62.43	63.19	112.2	98.2	99.6	112.45	110.5
	76.26	69.92	68.34	73.94	61.66	100.2	103.45	100.45	110.5	112.2
	73.64	69.73	66.26	68.34	63.84	110.5	110.2	102.2	113.2	11.45
Média	72.75	69.52	65.45	68.24	62.90	107.63	103.95	100.75	112.05	78.05
RSD (%)	5.55	0.78	5.14	8.43	1.78	6.03	5.79	1.32	1.24	73.91
IC	10.02	1.35	8.35	14.29	2.78	16.12	14.93	3.29	3.46	143.21

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Anexo 2. Local da recolha das amostras



a)



b)



c)



d)

Legenda das imagens:

a) Tanque de distribuição de água

b) Parque de concentração dos distribuidores de água

c,d) Transportadores de água por meio de tração animal

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane



e)



f)



g)



h)

Legenda das imagens:

e) Gerador de energia

f) Processo de fornecimento de água ao consumidor final

g,h) Parque de concentração dos distribuidores de água

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

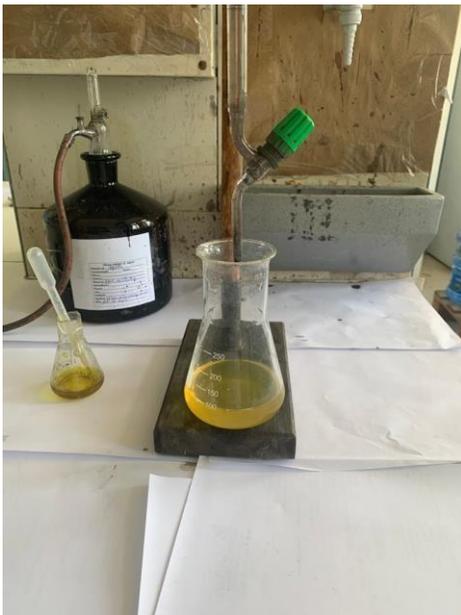
Anexo 3. Análises laboratoriais.



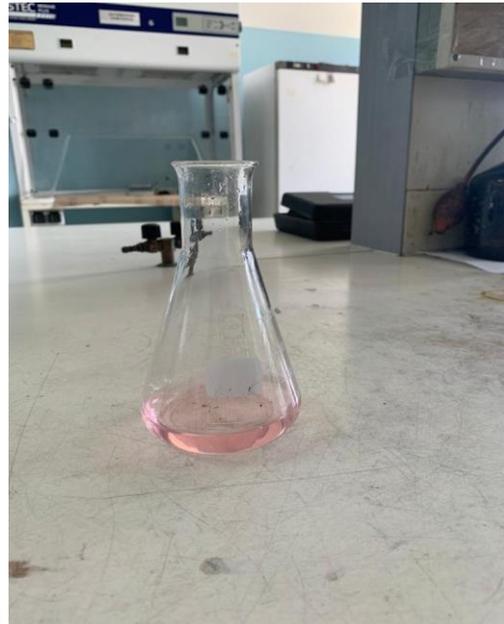
a)



b)



c)



d)

Legenda das imagens:

a,b,c,d) Pontos de viragem das titulações

Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na cadeia logística de abastecimento dos fornecedores de água da localidade de Mulotana distrito de Boane

Anexo 4. Equipamentos laboratoriais.



a)



b)



c)



d)

Legenda das imagens:

- a) Espectrofotômetro
- b) Fotômetro de chama
- c) Condutímetro
- d) pHmetro