UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TRABALHO DE LINCENCIATURA

Avaliação da Qualidade da Água na Rede de Abastecimento Público – Caso de Estudo: Estação de Tratamento de Águas (ETA) de Umbeluzi

Autor:

Márcia Cacilda Cossa

Supervisor:

Prof.Doutor.Engº. Clemêncio Nhantumbo

Co-Supervisor:

Michaque Lourenço Dosse

Maputo, Agosto de 2025

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TRABALHO DE LINCENCIATURA

Avaliação da Qualidade da Água em Rede de Abastecimento Público – Caso de Estudo: Estação de Tratamento de Águas (ETA) de Umbeluzi

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

Autor:

Márcia Cacilda Cossa

Supervisor:

Prof.Doutor.Engº. Clemêncio Nhantumbo

Co-Supervisor:

Michaque Lourenço Dosse

Maputo, Agosto de 2025

UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE TRABALHO DE LINCENCIATURA

Declaro que a estudante _____

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

_____

_____

Maputo, ____de _____de 20___

A Chefe de Secretaria

_____

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Márcia Cacilda Cossa, declaro por minha honra, que o trabalho apresentado em seguida foi realizado com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e nos documentos e referências citadas no mesmo.

Maputo, Agosto de 2025

_____

(Márcia Cacilda Cossa)

DEDICATÓRIA

Sem a direção dada por Deus, a conclusão deste trabalho não seria possível. Por causa disso, dedico esta monografia a Ele. Com muita gratidão no coração.

Dedico também a minha mãe Helena Guambe que infelizmente não viveu para presenciar este momento que de certa forma é o fruto dos seus conselhos e motivações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia.

Ao meu orientador Prof.Doutor.Engº. Clemêncio Nhantumbo, pelo suporte no pouco tempo que lhes coube, pelas suas correções e incentivos.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu co-supervisor, Michaque Lourenço Dosse, cuja orientação atenta e apoio constante foram fundamentais para superar os desafios deste trabalho.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo da minha formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando, em especial a minhas amigas, irmãs, colega Zaida André Banze e Fausia Juma.

Ao meu amigo querido Elton de Jesus Lipanga, que sempre estiveve ao meu lado nesta caminhada, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

O meu muito OBRIGADA!

RESUMO

A preservação da qualidade da água é fundamental para assegurar a proteção à saúde pública, e a sua avaliação é feita pela determinação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e posterior comparação com os padrões definidos para a aplicação. Muitas vezes, a água deve ser tratada antes do uso porque não se encontra dentro dos padrões. A qualidade da água a saída da estação de tratamento de Umbelizi pode apresentar variações sazonais devidas a qualidade da água bruta a entrada da estação. No entanto, não se sabe se os parâmetros de qualidade da água a saída da estação se mantém dentro dos padrões mesmo com as variações sazonais da qualidade da água bruta. As amostras de água foram colhidas e analisadas para as épocas seca e chuvosa .Para os parâmetros analisados obtiveram-se os seguintes resultados: pH = 7.49±0.32, temperatura = 25.90 ± 1.54, alcalinidade = 117.06 ± 10.40, condutividade elétrica = 499.00 ± 83.48, cloretos = 75.30 ± 19.17, cloro residual = 1.21 ± 0.54, cálcio = 20.86 ± 1.74, TDS = 343.25 ± 59.15, dureza = 120.13 ± 17.68, matéria orgânica = 2.33 ± 0.47, turvação = 5.19 ± 1.67, coliformes fecais = 0.00 ± 0.00, coliformes focais = 0.0 ± 0.0 para época chuvosa; e pH = 7.32±0.65, temperatura = 23.10 ± 1.43, alcalinidade = 105.44 ± 8.27, condutividade elétrica = 461.00 ± 38.35, cloretos = 74.30 ± 9.00, cloro residual = 1.84 ± 1.02, cálcio = 20.13 ± 1.55, TDS = 327.40 ± 17.87, dureza = 115.25 ± 8.73, matéria orgânica = 1.68 ± 0.31, turvação = 1.68 ± 0.73, coliformes fecais = 0.00 ± 0.00, coliformes focais = 0.0 ± 0.0 para época seca. Foi efectuada uma comparação dos resultados obtidos com os padrões estabelecidos pelo Decreto n.º 180/2004 do MISAU e pelas directrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a qualidade da água potável. Verificou-se que apenas os parâmetros de turvação e de matéria orgânica excedem os limites recomendados para o consumo humano. Durante a época chuvosa, regista-se um aumento significativo da turvação, da temperatura e da concentração de matéria orgânica, o que evidencia o impacto da qualidade da água bruta na eficácia do tratamento.

Palavras-chave: Avaliação da Qualidade da água, Água potável, Abastecimento Público, parâmetros físicos-químicos e biológicos.

Índice

DEDICATÓRIA I

AGRADECIMENTOS III

RESUMO IV

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS V

LISTA DE FIGURAS VI

LISTA DE GRÁFICOS VII

LISTA DE TABELAS VIII

CAPÍTULO I – Generalidades 1

1.1. Introdução 1

1.2. Formulação do Problema 2

1.3. Enquadramento Legal 3

1.3.1. Legislação Nacional 3

1.3.2. Legislação Internacional 3

1.3.3. Regulamentação especifica da AdRMM 3

1.4. Objectivos 4

1.5. Metodologia 5

1.5.1. Revisão Bibliográfica 5

1.5.2. Trabalho de Campo 5

1.5.3. Trabalho Laboratorial 5

1.5.4. Discussão de resultados e compilação do relatório final 6

1.6. Estrutura do Trabalho 6

CAPÍTULO II – Referencial Teórico 7
2.1. Qualidade da água 7
2.1.1. Qualidade da água para consumo humano 8
2.2. Sistemas de Abastecimento público de Água 9
2.2.1. Tratamento da Água Para Abastecimento Público 10
2.2.2. Contaminação da Água Tratada e Possíveis Causas 11
2.3. Doenças provenientes da ingestão de água de má qualidade 11
2.4. Critérios para Qualidade da Água potável 12
2.4.1. Parâmetros Físicos - Químicos 12
2.4.2. Parâmetros Microbiológicos 17
CAPÍTULO III – Descrição da Área de Estudo 19
3.1. Descrição da ETA de Umbeluzi 19
3.2. Fases de tratamento 20
CAPÍTULO IV – MATERIAIS E MÉTODOS 23
CAPÍTULO V – Apresentação e discussão de resultados 27
CAPÍTULO VI – Considerações Finais 40
5.1. Conclusão 40
5.2. Recomendações 42
6. Referências Bibliográficas 43
ANEXOS ..... A
ANEXO I – Materiais ..... B
ANEXO II - Fotografias C
ANEXO III – Resultados Laboratoriais ..... E

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AdRMM: Águas da Região Metropolitana de Maputo

CF: Coliformes Fecais

CT: Coliformes Totais

CE: Condutividade Elétrica

ETA: Estação de Tratamento de Águas

EPI: Equipamento de Proteção Individual

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

NMP: Número Mais Provável

NTU: Unidade Nefelométrica de Turbidez

OMS: Organização Mundial da Saúde

pH: Potencial Hidrogeniônico

TDS: Total de Sólidos Dissolvidos

Ca^{2+}: Íão Cálcio

Mg^{2+}: Íão Magnésio

mg/L: Miligrama por Litro

ºC: Graus Celsius

µS/cm: Microsiemens por Centímetro (Unidade de condutividade eléctrica)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa ilustrativo da localização da ETA de Umbeluzi..... 20
Figura 2. Fases de tratamento da água 20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variação da temperatura durante as épocas seca e chuvosa 27
Gráfico 2. Variação do pH durante as épocas seca e chuvosa 29
Gráfico 3.Variação da CE durante as épocas seca e chuvosa 30
Gráfico 4.Variação dos cloretos durante as épocas seca e chuvosa 31
Gráfico 5. Variação do cloro residual durante as épocas seca e chuvosa 32
Gráfico 6. Variação do TDS durante as épocas seca e chuvosa 33
Gráfico 7. Variação dos coliformes totais e fecais durante as épocas seca e chuvosa 34
Gráfico 8. Variação da dureza durante as épocas seca e chuvosa 35
Gráfico 9. Variação da Matéria orgânica durante as épocas seca e chuvosa 36
Gráfico 10. Variação da Matéria turvação durante as épocas seca e chuvosa 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrão de qualidade da água para abastecimento público 18
Tabela 2. Técnicas usadas na determinação dos parâmeros de qualidade da água 25
Tabela 3. Desvio Padrão 38
Tabela 4. Comparação de Médias – Água Bruta vs Água Tratada (Época Seca e Chuvosa) 39

CAPÍTULO I – Generalidades

1.1. Introdução

A água é um recurso indispensável para a sobrevivência humana e está presente em todos os aspectos da vida. Porém, apesar da sua importância vital, a água pode representar um risco à saúde se estiver contaminada, servindo como meio de transporte para diversos agentes biológicos e químicos (Casali, 2008).

A qualidade da água tornou-se uma questão de saúde pública no final do século XIX e início do século XX, devido à compreensão entre a relação água contaminada e as doenças (Miranda, 2017). As doenças transmitidas pela água são caracterizadas principalmente pela ingestão de microrganismos patogénicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral (Oliveira, 2011).

A Região Metropolitana de Maputo, como muitas outras áreas urbanas de países em desenvolvimento, enfrenta desafios significativos no que diz respeito ao fornecimento de água potável segura para sua população. A empresa AdRMM desempenha um papel fundamental na operação e manutenção da rede de abastecimento de água, buscando fornecer água de qualidade aos seus consumidores.

A avaliação da qualidade da água em redes de abastecimento público é de extrema importância para garantir a saúde e o bem-estar da população. No contexto global, a garantia de água potável e segura é um dos principais desafios enfrentados pelas autoridades responsáveis pelo abastecimento de água. No entanto, garantir a qualidade da água ao longo de toda a rede de distribuição é uma tarefa complexa, influenciada por uma variedade de factores, desde a captação até o ponto de consumo.

O presente trabalho tem como objectivo avaliar a qualidade da água para consumo Humano distribuída pela AdRMM.

1.2. Formulação do Problema

A qualidade da água distribuída pela AdRMM (Águas da Região Metropolitana de Maputo) pode sofrer variações significativas entre as estações seca e chuvosa, influenciada por fatores ambientais como o aumento da turbidez, presença de contaminantes trazidos pelas chuvas, e mudanças nas fontes de abastecimento. Além disso, fatores operacionais e de infraestrutura, como a capacidade de tratamento e a manutenção da rede de distribuição, podem exacerbar as diferenças sazonais, resultando em uma variação na qualidade da água consumida pela população.

Esse cenário torna-se ainda mais crítico quando se considera o impacto direto na saúde pública, uma vez que o aumento de contaminantes microbiológicos e físico-químicos pode expor a população a riscos maiores de doenças de veiculação hídrica, como diarreias, cólera, entre outras. A percepção da população sobre a qualidade da água, bem como o aumento de custos relacionados à operação e manutenção do sistema, são fatores que reforçam a necessidade de estudos mais detalhados sobre essas variações. Portanto, a problemática central deste trabalho é avaliar como as variações sazonais afetam a qualidade da água na rede de distribuição da AdRMM, com foco nas diferenças entre a época seca e a época chuvosa. Assim sendo constitui um problema saber:

Quais são os principais parâmetros de qualidade da água que variam entre a época seca e a chuvosa?

Como as mudanças sazonais influenciam a concentração de contaminantes microbiológicos e físico-químicos na água distribuída?

De que maneira a infraestrutura da rede de distribuição da ADRMM responde às diferentes condições sazonais?

Quais medidas podem ser adotadas para mitigar os impactos das variações sazonais na qualidade da água fornecida?

1.3. Enquadramento Legal

À avaliação de qualidade da água na rede de distribuição da Águas da Região Metropolitana de Maputo (AdRMM) durante as épocas Chuvosa e seca, foi realizada de acordo com um conjunto de normas, regulamentos e directrizes que visam assegurar a potabilidade da água e a proteção da saúde pública. O enquadramento legal para este estudo inclui:

1.3.1. Legislação Nacional

Lei de Águas de Moçambique (Lei nº 16/91):

- Estabelece os princípios para a gestão e uso sustentável dos recursos hídricos em Moçambique.

Decreto nº 180/2004, de 20 de Setembro:

- Regulamenta a qualidade da água potável fornecida aos consumidores, definindo parâmetros de qualidade e limites máximos de contaminantes.

1.3.2. Legislação Internacional

Directrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a Qualidade da Água Potável:

- Fornecem um marco de referência global para a avaliação da qualidade da água, estabelecendo limites para contaminantes microbiológicos e químicos.

1.3.3. Regulamentação especifica da AdRMM

Políticas Internas de Qualidade da Água da AdRMM:

- Normas e procedimentos internos da AdRMM para a monitorização e manutenção da qualidade da água distribuída.

1.4. Objectivos

O presente trabalho tem como objectivo avaliar a qualidade da água a saida da Estação de Tratamento de Água de Umbeluzi, durante as épocas chuvosa e seca e para alcançar esse objectivo tem como objectivos específicos:

- Determinar os parâmetros físicos, químicos e microbiologicos da água bruta e a saída da ETA nas nas épocas seca e chuvosa ;
- Avaliar como as condições sazonais afetam a qualidade da água comparando os resultados obtidos;
- Avaliar a eficácia do processo de tratamento da ETA; e
- Desenvolver recomendações para que a AdRMM possa melhorar a qualidade da água abastecida.

1.5. Metodologia

Para a execução do presente trabalho de conclusão de curso, foram seguidas algumas fases para colectar informação e por fim fazer o relatório, a saber:

1.5.1. Revisão Bibliográfica

Esta fase teve como objectivo principal proporcionar informações teóricas detalhadas sobre o caso em estudo. Para este propósito serão feitas diferentes consultas em diferentes fontes dos mais variados autores, sendo esta pesquisa foi baseada em artigos disponíveis na internet, manuais e revistas científicas, assim como trabalhos feitos que abordam esta área de conhecimento.

1.5.2. Trabalho de Campo

Trabalho de Campo – O trabalho de campo consistiu em visitas ao local de estudo (ETA de Umbeluzi), com o objectivo de recolher amostras (aspecto que será necessários para alcançar os objectivos específicos), esta recolha de amostra foram efetuadas à entrada (água bruta) e à saída (água tratada) da ETA de Umbeluzi. As amostragens ocorreram durante a época seca (Maio a Agosto) e a época chuvosa (Novembro a Fevereiro), permitindo avaliar variações sazonais na qualidade da água, ainda no âmbito do trabalho de campo foram feitas entrevistas aos trabalhadores com recurso a questionários por forma a melhor compreender o processo em causa.

1.5.3. Trabalho Laboratorial

Trabalho Laboratorial – Esta fase compreendeu a análise das amostras recolhidas na fase de trabalho de campo. Onde determinou-se os parâmetros de qualidade de água para o consumo segundo a metodologia contida no livro de Normas e procedimentos internos da AdRMM para a monitorização e manutenção da qualidade da água distribuída

1.5.4. Discussão de resultados e compilação do relatório final

Esta fase compreendeu a análise dos resultados obtidos na fase anterior e tirar as respectivas conclusões. Esta fase também é a fase responsável pela compilação de todas as fases descritas na metodologia em forma documentada, sendo esta, a fase responsável pela obtenção do relatório final relativo ao trabalho.

1.6. Estrutura do Trabalho

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, com diversos subcapítulos, estando estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 – Esta seção apresenta uma visão geral do tema em questão, juntamente com os objetivos do trabalho e a metodologia aplicada;

Capítulo 2 – Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica detalhada sobre os aspectos mais relevantes para a compreensão e realização do tema;

Capítulo 3 – Este capítulo visa discutir contextos geográficos relacionados ao local de estudo;

Capítulo 4 – Este capítulo descreve as metodologias empregadas nas análises laboratoriais realizadas;

Capítulo 5 – Este capítulo apresenta os resultados obtidos na pesquisa de campo e, bem como suas interpretações;

Capítulo 6 – Este capítulo apresenta as conclusões finais derivadas do trabalho realizado, juntamente com quaisquer limitações encontradas durante o processo de desenvolvimento.

CAPÍTULO II – Referencial Teórico

2.1. Qualidade da água

A água é um recurso essencial para a vida na terra, sendo fundamental para a sobrevivência de seres humanos, animais e plantas. A qualidade da água é um aspecto crucial a ser considerado, uma vez que a sua contaminação pode representar sérios riscos para a saúde (Oliveira, 2011).

A qualidade da água é uma medida de pureza e adequação desse recurso para uso humano, industrial, agrícola ou ambiental. Ela se baseia em vários parâmetros físicos, químicos e biológicos, tais como pH, turbidez, presença de contaminantes, organismos patogênicos e substâncias químicas nocivas (Casali, 2008).

Em relação à saúde, a qualidade da água está directamente ligada à prevenção de doenças transmitidas pela água, como é o caso da cólera, hepatite A e várias outras infecções. Para além disso, as substâncias químicas presentes na água podem causar problemas de saúde a longo prazo, como o câncer e problemas no desenvolvimento infantil (Almeida, 2019).

Em relação ao desenvolvimento sustentável, a qualidade da água desempenha um papel fundamental na garantia de recursos hídricos seguros e sustentáveis para as atuais e futuras gerações. Águas poluídas impactam negativamente os ecossistemas aquáticos e comprometem a disponibilidade de hídricos para as atividades humanas fundamentais.

2.1.1. Qualidade da água para consumo humano

A qualidade da água para consumo humano é essencial para à saúde pública e o bem-estar das comunidades. A água de má qualidade pode ser uma fonte de doenças, impactando negativamente a saúde, especialmente em populações vulneráveis como crianças, idosos e pessoas com sistemas imunológicos comprometidos.

Nesta senda, há alguns aspectos-chave que devem ser considerados quando se trata de qualidade de água para o consumo humano, estes aspectos compreendem:

Potabilidade – A água deve atender aos padrões estabelecidos pela legislação para garantir que seja segura para o consumo humano, isso inclui a ausência de microrganismos patogênicos, substâncias químicas tóxicas e metais pesados em níveis prejudiciais à saúde (Casali, 2008).

Controle de qualidade – É fundamental que a qualidade da água seja monitorada regularmente por órgãos competentes para garantir que esteja dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos. Isso envolve a realização de análises físico-químicas e microbiológicas de maneira contínua.

Tratamento da água – O tratamento da água é uma etapa fundamental para garantir directamente a sua qualidade.

Proteção das fontes de água – É importante proteger as fontes de água, como rios, lagos e aquíferos, para garantir que não sejam contaminadas por atividades humanas ou poluentes ambientais. A preservação do meio ambiente é fundamental para garantir a qualidade da água para consumo humano.

Educação e conscientização – A população deve ser educada sobre a importância da qualidade da água para a saúde e sobre práticas de consumo responsável. A conscientização sobre o uso adequado da água e a importância da preservação dos recursos hídricos é fundamental para garantir a disponibilidade de água potável no futuro (Almeida, 2019).

2.2. Sistemas de Abastecimento público de Água

Um sistema de abastecimento público de água caracteriza-se pela captação de água da natureza e posterior tratamento da mesma, para que seja possível fornecer à população com qualidade e em quantidade necessária para as suas necessidades.

Um sistema de abastecimento pode ser composto por diferentes peças construtivas, estando dependentes da dimensão do aglomerado populacional que se pretende abastecer.

Alguns dos principais componentes de um sistema de abastecimento público de água incluem (Santos, 2018):

Captação – Esta é a etapa inicial do processo, onde a água é coletada de fontes naturais, como rios, lagos ou aquíferos. É importante garantir que a água captada seja de qualidade satisfatória e esteja livre de contaminantes.

Tratamento – A água captada passa por um processo de tratamento para remover impurezas, microrganismos patogênicos, substâncias químicas e metais pesados. Os principais processos de tratamento incluem a filtração, a desinfecção e a adição de produtos químicos para melhorar a qualidade da água.

Distribuição – Após o tratamento, a água é armazenada em reservatórios e distribuída para os consumidores por meio de uma rede de distribuição composta por tubulações, bombas e estações de bombeamento. É importante garantir que a pressão e a qualidade da água sejam adequadas em toda a rede de distribuição.

Controle de qualidade – A qualidade da água fornecida deve ser monitorada regularmente por meio de análises físico-químicas e microbiológicas para garantir que esteja dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos. Os órgãos responsáveis pela gestão do sistema devem garantir a segurança e a qualidade da água fornecida à população.

Manutenção e operação – Os sistemas de abastecimento público de água requerem manutenção regular para garantir o bom funcionamento de todas as suas partes. As equipes operacionais devem estar preparadas para lidar com situações de emergência e garantir a continuidade do abastecimento de água.

2.2.1. Tratamento da Água Para Abastecimento Público

O tratamento de água para abastecimento público teve origem na Escócia, com a construção do primeiro filtro lento (filtros lentos são as baixas taxas de filtração). A filtração rápida (filtração rápida permite o aproveitamento de águas superficiais menos resguardadas e mais próximas do centro de consumo).

O órgão responsável por estabelecer os padrões mínimos de potabilidade da água é a Organização Mundial de Saúde (OMS). Com dados baseados nesses padrões, cada país determina a sua norma de tratamento. Normalmente, essas normas são mais rígidas que os padrões internacionais da OMS e buscam adequar as formas de tratamento à qualidade da água dos mananciais de cada localidade (Santos, 2018).

O tratamento da água para abastecimento público envolve uma série de processos e etapas que são fundamentais para garantir a qualidade da água fornecida à população. Alguns métodos relevantes sobre o tratamento da água são: coagulação, floculação, filtração, desinfecção, decantação, fluoretação, correção do pH, fervura, sedimentação simples, filtração lenta, aeração, correção da dureza, remoção de ferro, remoção de odor e sabor desagradável (Daronco, 2021).

Segundo (Santos, 2018) todas as etapas do processo devem estar em conformidade as normas regulatórias estabelecidas pelos órgãos competentes responsáveis pela saúde pública.

Segundo (Souza, 2013) para garantir um abastecimento público eficiente e seguro, são necessários investimentos contínuos nas infraestruturas das estações de tratamento e redes distribuição.

2.2.2. Contaminação da Água Tratada e Possíveis Causas

Os problemas mais comuns após o tratamento da água geralmente estão relacionados à corrosão e à formação de depósitos nas canalizações e equipamentos, o que pode reduzir a vida útil desses equipamentos, aumentar os custos de manutenção e comprometer a qualidade da água. Vazamentos nas tubulações podem levar a contaminações, especialmente se ocorrerem próximos a fontes de poluição, como fossas sépticas (Souza, 2013).

A água da chuva, ao entrar em contato com a atmosfera e o solo, pode se contaminar com diversos poluentes e partículas em suspensão, como gases, sais minerais e agentes patogênicos. Por isso, é essencial adotar medidas de proteção e tratamento adequado da água para garantir sua qualidade.

2.3. Doenças provenientes da ingestão de água de má qualidade

A ingestão de água é essencial para a saúde e bem-estar. No entanto, quando a água consumida não atende aos padrões de qualidade estabelecidos, pode acarretar diversas doenças e problemas para a saúde humana (Roque, 2011).

Dentre as principais doenças provenientes da ingestão de água contaminada destacam-se (Roque, 2011):

Doenças gastrointestinais – A ingestão de bactérias patogênicas presentes na água contaminada pode resultar em infecções intestinais, como cólera, febre, giardíase e hepatite A. Essas doenças causam sintomas como diarreia intensa, vômitos, desidratação grave e podem levar à morte se não forem tratadas adequadamente.

Infecções bacterianas – Diversas bactérias podem estar presentes em fontes contaminadas que ingeridas através da água, estas bactérias podem causar desde infecções urinárias até infecções generalizadas.

Parasitoses – Protozoários parasitas são frequentemente encontrados em fontes hídricas contaminadas por esgoto doméstico ou animal. A ingestão desses protozoários pode causar diarreia crônica persistente e pode ser acompanhada por dores abdominais intensas.

Intoxicações químicas – Além dos micro-organismos patogênicos mencionados acima, substâncias químicas tóxicas também podem estar presentes na água imprópria para consumo humano. Exemplos incluem metais pesados (como o chumbo), pesticidas e produtos farmacêuticos descartados incorretamente no meio ambiente.

2.4. Critérios para Qualidade da Água potável

Os critérios para a qualidade da água potável são estabelecidos para garantir que a água consumida pelas pessoas seja segura e saudável. Esses critérios são definidos por várias organizações de saúde e governos ao redor do mundo, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e agências reguladoras nacionais. Eles abrangem uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos que devem ser monitorados e controlados. Abaixo estão descritos os principais parâmetros (Daronco, 2021).

2.4.1. Parâmetros Físicos - Químicos

A. Cor

A cor é responsável pela coloração da água, é constituída por material sólido dissolvido. Ela pode ser de origem natural (decomposição da matéria orgânica gerando ácido húmido ou pela presença de Fe ou Mn) ou de origem antropogénica (resíduos industriais como corantes ou esgotos domésticos). Quando de origem natural, não representa risco directo á saúde, todavia a cloração da água contendo matéria orgânica (responsável pela cor) pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (Armazeno, 2019).

A Cor é resultante da existência, na água, de substâncias metálicas (como o ferro, magnésio e cobre), por algas, por plantas aquáticas ou por substâncias orgânicas ou inorgânicas (Oliveira, 2011).

B. Condutividade elétrica

A Condutividade indica sua capacidade de transmitir a corrente eléctrica em função da presença de substância dissolvidas que se dissociam em aniões e catiões. Quanto maior a concentração iônica de solução, maior é a oportunidade para a acção eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente eléctrica (Casali, 2008).

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de conduzir a corrente eléctrica. Depende das concentrações iónicas e da temperatura. Níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados (Miranda, 2017).

C. Potencial Hidrogénionico - pH

O pH da água é determinado pela quantidade de hidretos (H^+) ou hidroxilas (OH^-). O pH (potencial hidrogeniónico) é “uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade da acidez (pH <7.0), neutralidade (pH=7,0) ou alcalinidade (pH> 7,0) de uma solução aquosa”. O pH é um dos parâmetros importantes utilizados na classificação da qualidade da água, todas fases do tratamento de água e de efluentes, processos de neutralização, precipitação, coagulação, desinfecção e controle de corrosão dependem do valor do pH, que é utilizado na determinação de alcalinidade e do CO2 e também no equilíbrio ácido-base (Simone, 2018).

O pH duma água constitui uma das suas propriedades mais importantes conjuntamente com a alcalinidade e a dureza, determina a respectiva corrosividade, é talvez o factor mais importante no que diz respeito ao comportamento da água em relação aos coagulantes e tem grande influência na eficácia dos processos de desinfecção, em particular da desinfecção pelo cloro. Se bem que não tenha significado directo quanto à saúde, o seu efeito acentuado em todas as fases do abastecimento e tratamento faz com que constitua uma parte essencial da análise sanitária da água (Souza, 2013).

D. Cloretos

O cloro na água potável tem origem em fontes naturais, esgotos e indústrias efluentes, escoamento urbano contendo sal de degelo e intrusão salina. A principal fonte de exposição humana ao cloreto é a adição de sal aos alimentos, e a ingestão desta fonte é geralmente muito superior à da água potável. As concentrações excessivas de cloreto aumentam as taxas de corrosão dos metais no sistema de distribuição, dependendo da alcalinidade da água. Isso pode levar a um aumento de concentrações de metais (Armazeno, 2019).

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.

E. Dureza

Dureza resulta da concentração, principalmente, de catiões multivalentes (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade. Tem várias características negativas entre as quais: causar sabor desagradável na água, deixar abundantes depósitos de calcário nas canalizações e de tornar-se turfa quando aquecida e não formar espuma com sabão (Marin, 2019).

- Menor que 50 mg/l CaC03 diz-se água mole;
- Entre 50 e 150 mg/l CaC03 diz-se água com dureza moderada;
- Entre 150 e 300 mg/l CaC03 diz-se água dura; e
- Maior que 300 mg/l CaC03 diz-se água muito dura.

F. Turvação

A turvação duma água deve-se à presença de partículas coloidais e/ou em suspensão, finamente divididas, tais como argilas, limo, areias, matérias orgânicas e inorgânicas e outros organismos microscópicos, que obstruem a transmissão da luz através da água, mas a turvação não é uma medida directa da matéria em suspensão. (Simone, 2018)

Como os microrganismos (bactérias, vírus e protozoários) se encontram, geralmente, aderidos a estas partículas, a remoção da turvação pode reduzir significativamente a contaminação microbiológica da água. Por ser visível, a turvação pode ter um impacto negativo na aceitabilidade da água pelos consumidores e quando em excesso, pode causar cheiro e sabores indesejáveis (Casali, 2008).

G. Cálcio

A concentração do cálcio em águas, depende do tipo de rocha pela qual a água passa, sendo encontrado na maioria das águas na forma de carbonato de cálcio ou bicarbonato de cálcio, podendo ser oriundo de formas minerais como a calcita e aragonita. As aplicações do cálcio são inúmeras, como na forma de cal (óxido de cálcio), obtida a partir da calcinação de carbonato de cálcio, que é usado em processos industriais como na curtição de couros, na produção do vidro, na preparação de cerâmicas, indústria farmacêutica, entre outros (Guardezi, 2018).

As reações formadas por Ca^{2+} e Mg^{2+} e também por uma variedade de iões metálicos dissolvidos, sendo estes dois os principais, mas incluindo-se o alumínio, bário e ferro entre outros, atribui a água a característica de dureza (Guardezi, 2018).

H. Temperatura

Temperatura da água é um parâmetro físico que é indispensável conhecer, uma vez que a sua variação interfere com os outros parâmetros e pode afectar os processos de tratamento dessa água (Casali, 2008). A sua determinação foi realizada *in situ* e

imediatamente após a colheita, utilizando-se para o efeito um termómetro com graduação de 0ºC – 100 ºC.

I. Alcalinidade

A alcalinidade é uma medida da capacidade que as águas têm de neutralizar ácidos. Esta capacidade é devida à presença de sais de ácidos fracos e álcalis cáusticos livres. Os principais responsáveis pela alcalinidade em águas são os íons bicarbonato, carbonato e hidroxila. Já os boratos, silicatos e fosfatos contribuem de forma pouco significativa para ela. A alcalinidade elevada altera o sabor da água (Matias, 2019).

J. Sólidos Totais Dissolvidos - TDS

Os sólidos dissolvidos, menores que 2 mícrones, referem-se a quaisquer minerais, sais, metais sob a forma de moléculas, átomos, catiões ou aniões dissolvidos na água. Os TDS incluem sais inorgânicos (principalmente cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos) e algumas pequenas quantidades de matéria orgânica que se dissolvem na água (Oliveira, 2011). A concentração de TDS é a soma de todas as substâncias filtráveis na água que podem ser determinadas gravimetricamente. No entanto, na maioria dos casos, os TSD são compostos principalmente por iões.

K. Cloro Residual

O Cloro residual total é nada mais que a somatória do Cloro combinado e (Cloraminas) Cloro residual livre. A análise de Cloro total é importante para conseguir determinar o teor de Cloraminas por diferença (entre livre e total). É comum realizar a dosagem de Cloro em um processo e ao realizar a análise obter resultado igual a zero. Muitas vezes o problema não está com os equipamentos utilizados na análise, mas sim com Cloraminas presentes no processo que consomem o cloro e não deixam residual. Uma forma de perceber esse fenômeno é medir Cloro livre e total e verificar a diferença entre eles (Miranda, 2017).

2.4.2. Parâmetros Microbiológicos

O grupo coliforme é dividido em coliformes totais e coliformes termotolerantes ou fecais. Os coliformes totais (CT) e Fecais (CF) são os indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade sanitária da água. As análises microbiológicas irão apontar a presença ou não de coliformes totais e coliformes fecais, que podem ser ou não patogênicos.

A. Coliformes Totais

Define-se coliformes totais como bastonetes Gram-negativos não esporogénicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas à temperatura de 36ºC (±2,0) (e podem apresentar atividades da enzima β-galactosidase).

O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrintestinal de humanos e outros animais homeotérmicos, como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas (Daronco, 2021).

A detecção de coliformes totais em amostras de águas não é necessariamente um indicativo de contaminação fecal ou ocorrência de enteropatógenos (Daronco, 2021).

A presença de coliformes totais em recursos hídricos deve ser interpretada de acordo com o tipo de água. Naquela que sofreu desinfecção, os coliformes totais devem estar ausentes.

A. Coliformes Fecais

Coliformes fecais são capazes de fermentar a lactose a 44°C (±0,5) em 24 horas. Atualmente sabe-se, entretanto, que o grupo dos coliformes fecais inclui pelo menos três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacte*r e *Klebsiella,* dos quais dois gêneros (*Enterobacter e Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal (Armazeno, 2019).

Por esse motivo, a presença de coliformes termotolerantes em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de

E. coli, porém, muito mais significativa do que a presença de coliformes totais, dada a alta incidência de *E. coli* dentro do grupo fecal.

A *Escherichia coli* é o microrganismo mais estudado em todo o mundo, considerado o principal representante do grupo. A ocorrência de *E. coli* é considerada um indicador específico de contaminação fecal e a possível presença de patógenos entéricos (Armazeno, 2019). A presença de coliformes fecais em água potável é o melhor indicador de que existe risco a saúde do consumidor (Daronco, 2021).

A tabela 1 apresenta a lista de diversos parâmetros de qualidade da água potável (analisados durante o trabalho) juntamente com seus limites máximos admissíveis e unidades de medida. Esses parâmetros foram considerados essenciais para garantir que a água fornecida seja segura para o consumo humano.

Tabela 1. Padrão de qualidade da água para abastecimento público

Parâmetros	Limite máximo admissível	Unidades
Temperatura	-	°C
pH	6,5 – 8,5	-
Alcalinidade	-	mg/l
CE	50 – 2000	µs/cm
Cloretos	250	mg/l
CR	0,2 – 1,0	mg/l
TDS	1000	mg/l
CF	Ausente	NMP/ 100 ml ou N° de colónias/ 100
CT	Ausente	NMP/ 100 ml ou N° de colónias/ 100
Dureza	500	mg/l mg/l CaC03
MO	2,50	mg/l
Turvação	5	NTU

Fonte: Decreto nº 180/2004

CAPÍTULO III – Descrição da Área de Estudo

3.1. Descrição da ETA de Umbeluzi

A Estação de Tratamento de Água de Umbeluzi está situada na província de Maputo, Moçambique. Ela é uma das principais fontes de abastecimento de água para a região metropolitana de Maputo, incluindo a cidade de Maputo Matola e vila de Boane, além de outras áreas adjacentes. A ETA está estrategicamente localizada próxima ao Rio Umbeluzi, de onde capta a água bruta necessária para o tratamento e posterior distribuição à população.

A linha tracejada destaca na figura o contorno do distrito de Boane e o ponto indicado no mapa que está marcado com um círculo azul apresenta a Estação de Tratamento de Água de Umbeluzi.

As coordenadas do local de amostragem, que integraram a rede de estudo são de 26º3’54” S (latitude) e 32º22’12” E (longitude).

Figura 1. Mapa ilustrativo da localização da ETA de Umbeluzi

3.2. Fases de tratamento

A figura abaixo apresenta um esquema das fases de tratamento de água realizado pela AdRMM na ETA de Umbeluzi. Cada etapa do processo é crucial para garantir que a água tratada seja segura para consumo humano. Após a figura está uma descrição detalhada de cada etapa do tratamento:

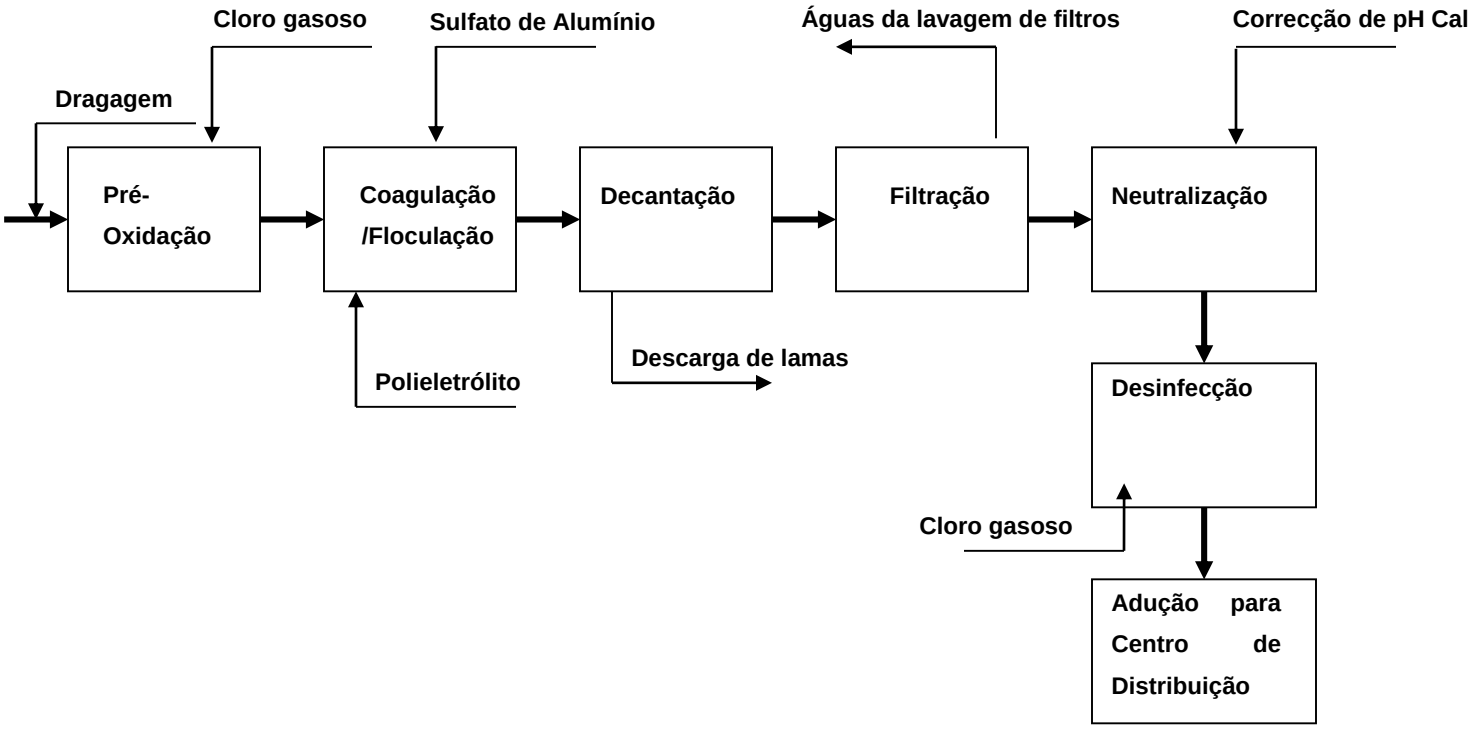

Figura 2. Fases de tratamento da água

Fonte: AdRMM

1. Pré-Oxidação:

Descrição – Nesta etapa, o cloro gasoso é adicionado à água bruta para oxidar matéria orgânica e inorgânica, além de eliminar microrganismos patogênicos. O objetivo é reduzir a carga de contaminantes e melhorar a eficiência das etapas subsequentes.

2. Coagulação/Floculação:

Descrição – O sulfato de alumínio é adicionado à água para promover a coagulação. Durante a coagulação, partículas finas e coloidais se aglomeram em flocos maiores. A floculação é o processo subsequente onde esses flocos são agitados lentamente para aumentar de tamanho. O objectivo desta etapa é Facilitar a remoção de partículas suspensas e matéria orgânica.

3. Decantação:

Descrição – A água floculada é encaminhada para tanques de decantação onde os flocos, agora maiores e mais pesados, sedimentam no fundo do tanque, formando lodo. O objectivo desta etapa é separar os flocos sedimentados da água clarificada.

Subproduto – O lodo formado é descarregado e tratado separadamente.

4. Filtração:

Descrição – A água clarificada passa por filtros, geralmente compostos por camadas de areia e carvão ativado, para remover partículas remanescentes. Esta etapa tem como objectivo garantir a remoção de partículas finas e melhorar a qualidade da água.

5. Neutralização:

Descrição – A água filtrada é tratada com cal para ajustar o pH, tornando-a menos corrosiva e adequada para consumo. O objectivo desta etapa é ajustar o pH da água para níveis seguros e confortáveis para consumo humano.

6. Desinfecção:

Descrição – O cloro gasoso é novamente adicionado à água para eliminar quaisquer microrganismos patogênicos remanescentes. Esta etapa tem como objectivo garantir que a água esteja livre de patógenos e segura para consumo.

7. Adução para Centro de Distribuição:

Descrição – A água tratada é então encaminhada para o centro de distribuição, de onde será distribuída para os consumidores. Esta etapa tem como objectivo distribuir a água tratada de forma eficiente e segura para a população.

CAPÍTULO IV – Materiais e Métodos

Checklist Completo de Materiais para Trabalho de Campo

1. Materiais de Registo e Organização

- Canetas
- Lápis
- Bloco de notas impermeável
- Prancheta com capa
- Formulários de amostragem (pré-impressos)
- Etiquetas adesivas para identificação das amostras (resistentes à água)
- Pasta plástica ou bolsa organizadora

2. Frascos de Amostragem

- Para análises físico-químicas

Frascos de vidro esteriolisado de 1.5 L

- Para análises microbiológicas

Frascos de vidro esteriolisado de 500 ml

3. Equipamento de Proteção Individual (EPI)

- Óculos de proteção
- Luvas descartáveis
- Máscara
- Chapéu
- Touca
- Bata branca

4. Higiene e Limpeza

- Álcool a 70% (líquido)
- papel absorvente
- Sabão líquido
- Sacos de lixo

5. Transporte e Conservação das Amostras

- Caixa térmica (isolada)
- Sacos plásticos para organização dentro da caixa
- Filme plástico para vedação

6. Outros Itens Úteis

- Manual ou guia rápido de procedimentos de amostragem

Para o trabalho laboratorial foram usados os métodos de amostragem recomendados pelo Laboratório da AdRMM (regulamento interno da AdRMM), podendo consultar a lista destes materiais nos anexo (Vide anexo I).

Para a realização dos ensaios laboratoriais foram usados os métodos descritos abaixo (tabela 2).

Tabela 2. Técnicas usadas na determinação dos parâmeros de qualidade da água

Parâmetros	Técnicas	Material e equipamento	Descrição
Temperatura	Método do eléctrodo	• Aparelho Multiparâmetro • Copos de precipitação de 200 ml	**1.** Lavar a sonda com água desionizada. Secar a sonda com um pano sem fiapos; **2.** Colocar a sonda num copo de precipitação que contém a amostra; **3.** Não deixar a sonda tocar a barra de agitação, fundo ou laterais do recipiente; **4.** Retire as bolhas de ar debaixo da ponta da sonda; **5.** Agitar a amostra numa velocidade lenta a moderada; **6.** Pressionar o botão de Leitura. Uma barra de progresso será mostrada. Quando a medição estabilizar, um ícone na forma de cadeado será mostrado; **7.** Ler o valor indicado pelo aparelho; **8.** Lavar a sonda com água desionizada; **9.** Secar a sonda com um pano sem fiapos e guardá-la. Lavar a sonda com água desionizada. Secar a sonda com um pano sem fiapos e guardá-la.
Ph	Método do eléctrodo		
Sólidos Totais Dissolvidos	Método do eléctrodo		
Alcalinidade	Método titrimétrico	• Ermenmeyers de 250ml • Buretas graduadas em décimas de mililitro • Pipetas de 1ml,10ml • Acido sulfúrico 0,02N • Indicador fenolftaleína • Indicar misto verde de bromocresol/vermelho de metilo	**1.** Medir 50 ml da amostra de água em estudo para um frasco de Erlenmeyer de 250 ml e adicionar 3-4 gotas de indicador fenolftaleína. **2.** Titula-se com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N até o desaparecimento da cor encarnada. **3.** Adicionar 3-4 gotas do indicador misto e continua-se com a titulação ate a viragem da cor verde-azul em azul-cinzento.
Condutividade Elétrica	Método de medição directa	• Aparelho para determinação da conductividade • Copos de precipitação de 200 ml • Barra de agitação magnética • Agitador magnético	**1.** Lavar a sonda com água desionizada. Secar a sonda com um pano sem fiapos; **2.** Colocar a sonda num copo de precipitação que contém a amostra; **3.** Não deixar a sonda tocar a barra de agitação, fundo ou laterais do recipiente; **4.** Retire as bolhas de ar debaixo da ponta da sonda; **5.** Agitar a amostra numa velocidade lenta a moderada; **6.** Pressionar o botão de Leitura. Uma barra de progresso será mostrada. Quando a medição estabilizar, um ícone na forma de cadeado será mostrado; **7.** Ler o valor indicado pelo aparelho; **8.** Lavar a sonda com água desionizada; **9.** Secar a sonda com um pano sem fiapos e guardá-la.
Cloretos	Método de Mohr	• Material e Equipamento • Ermenmeyers de 250ml • Buretas graduadas em décimas de mililitro • Pipetas de 1ml,10ml ○ Acido sulfúrico 1N ○ Solução Standard de nitrato de prata 0,1M	**1.** Medir 100ml da amostra de água em estudo para um frasco de Erlenmeyer de 250ml. 2. Juntar 1 ml de indicador cromato de potássio e depois titula-se com a solução de $AgNO_3$ ate a viragem da cor
Cloro Residual	Determinação de cloro com DPD4	• Clorimetro • Cubeta ○ DPD4	**1.** Colocar o conteúdo de uma saqueta ou comprimido de D.P,D n4, na célula de medição. **2.** Já contendo amostra a analisar. **3.** Fechar bem a célula de medição com a tampa roscada. **4.** Inverter a célula repetidamente durante aproximadamente 20s para dissolução do reagente. **5.** Pressionar a célula ate que esta esteja bem colocada. **6.** Colocar a célula de medição no equipamento, alinhando o triângulo da célula e do equipamento. **7.** Pressionar READ/ENTER, ele mostrara a leitura apos 3segundos.
Coliformes Fecais	Multi - poços	• Incubadoras, controlada a 36±2°C • Selador Quanti-tray • Frasco estéril com tampa de rosca de pelo menos 110ml • Comparador quanti-tray • Lâmpada de UV, no comprimento de onda de 365nm • Quanti-tray ou quanti-tray 20000 ○ Colilert-18 – Meio de cultura ○ Agua destilada estéril	**1.** Em primeiro lufar pelo menos 20 minutos antes de iniciar-se a preparação da amostra, deve-se ligar o selador quanti-tray. **2.** De seguida homogeneiza-se a amostra e coloca-se 100ml (ou volume menor completando-se com agua destilada estéril ate perfazer o volume de 100ml) e adicionar o conteúdo do pacote (2,8g) do meio colilert-18, agitar suavemente ate dissolver: **3.** Colocar a mistura do frasco dentro do quanti-tray ou quanti-tray/2000,fechando-o com a ajuda do selador quanti-tray, de seguida coloca-se os quat-tray ou quanti-tray 2000 com os poços virados para cima na estufa de incubação a 36 para os coliformes totais e a 44 para os coliformes fecais durante 18 horas, no mínimo, e não mais de 22 horas. **4.** Apos esse período de tempo faz-se a contagem de poços amarelos e fazer a interpretação dos resultados segundo a norma.
Coliformes Toais	Multi - poços		

Dureza	Método titrimétrico com EDTA	• Balões graduados de 100ml, 200ml,250ml • Ermenmeyers de 250ml • Buretas graduadas em décimas de mililitro • Pipetas de 1ml,10ml ○ Agua destilada ○ Indicador negro de eriocromot ○ Solução tampão ○ Solução de titulante de EDTA	**1.** Medir 50ml da amostra de água em estudo para um frasco de Erlenmeyer de 250ml e adicionar 1ml da solução tampão. **2.** Juntar 2 gotas da solução indicadora (negro de eriocromot) dentro de 5minutos apos a junção da solução tampão. **3.** Titilar com a solução de EDTA ate a viragem da cor vermelha-vinosa a azul.
Matéria Orgânica	Método de kubel	• Ermenmeyers de 500ml • Buretas graduadas em décimas de mililitro • Pipetas 100 ml ○ Acido sulfúrico 1:3 ○ Solução de permanganato de potássio 0,1N ○ Solução de ácido oxálico de 0,1N ○ Indicar misto verde de bromocresol/vermelho de metilo	**1.** Medir 100ml da amostra de água em estudo para um frasco de Erlenmeyer de 500ml. **2.** Adicionar 10 ml de ácido sulfúrico e adicionar 10 ml de permanganato de potássio. **3.** Ferver durante 10 minutos. **4.** Adicionar a quente, através da bureta 10 ml de ácido oxálico e titular a quente o excesso de ácido oxálico com permanganato de potássio até ao aparecimento da coloração rósea persistente
Turvação	Determinação da turvação por nefelometria	• Aparelho para determinação da turvação; • Padrões StabCal® de 10 NTU, 20 NTU, 100 NTU e 800 NTU. • Cubeta para leitura das amostras.	**1.** Liga-se o Turbidimetro. **2.** Medir a amostra e introduzi-la na cubeta, fechando de seguida a sua tampa. **3.** Inserir a cubeta no parelho depois de bem limpa e seca. **4**. Fazer a leitura carregando na tecla read ou enter (espere ate que o valor se estabilize). **5.** Tirar a leitura e registar
Descrição • Materiais e equipamentos ○ Reagentes			

CAPÍTULO V – Apresentação e discussão de resultados

As recolhas de amostras foram realizadas em dois períodos (período seco e período chuvoso) o 1° período consistiu em uma recolha e posterior análises laboratoriais durante 4 meses (Maio, Junho, Julho e Agosto) e o 2º consistiu no mesmo exercício durante a época chuvosa também se considerando 4 meses (Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro).

1. Parâmetros Físicos-Químicos

I. Temperatura

O gráfico abaixo apresenta a variação da temperatura da água durante as épocas seca e chuvosa, com valores médios dos meses analisados para cada período e as respectivas médias são representadas pela cor vermelha.

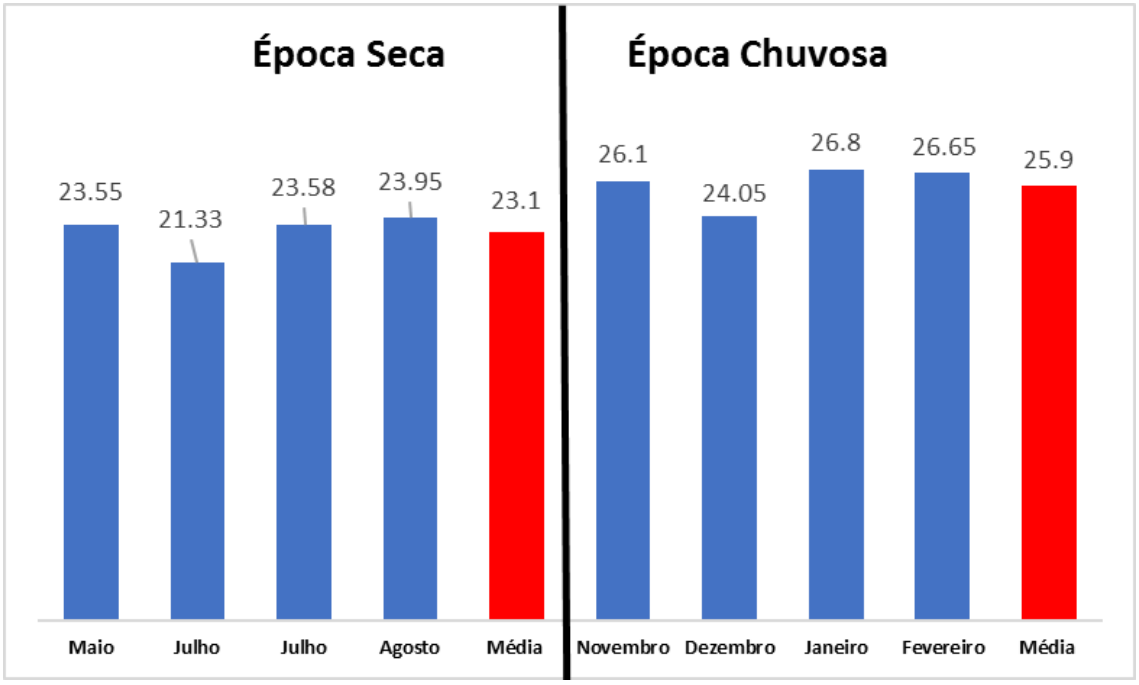

Gráfico 1. Variação da temperatura durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

Observações gerais

As temperaturas na época seca variam entre 21,33°C e 23,95°C, tendo uma média de 23,1°C. As temperaturas na época chuvosa variam entre 24,05°C e 26,08°C, tendo uma média de 26,8°C.

Há uma diferença significativa nas médias de temperatura entre as duas épocas: a média na época chuvosa (26,8°C) é substancialmente maior que na época seca (23,1°C).

Esta diferença de 3,7°C indica um aumento notável na temperatura da água durante a época chuvosa.

Implicações destas variações sobre a qualidade de água

- Temperaturas mais altas podem acelerar a decomposição de matéria orgânica e aumentar a demanda bioquímica de oxigênio (DBO);
- Pode haver necessidade de ajustar a dosagem de desinfetantes como cloro, pois temperaturas mais altas podem reduzir sua eficácia; e
- A solubilidade do oxigênio e de outros gases na água diminui com o aumento da temperatura, o que pode afetar a oxigenação da água.

II. Potencial Hidrogénionico

O gráfico apresenta os valores de pH da água em meses durante duas épocas distintas: a época seca e a época chuvosa. As médias relativas as épocas são representadas pela cor vermelha.

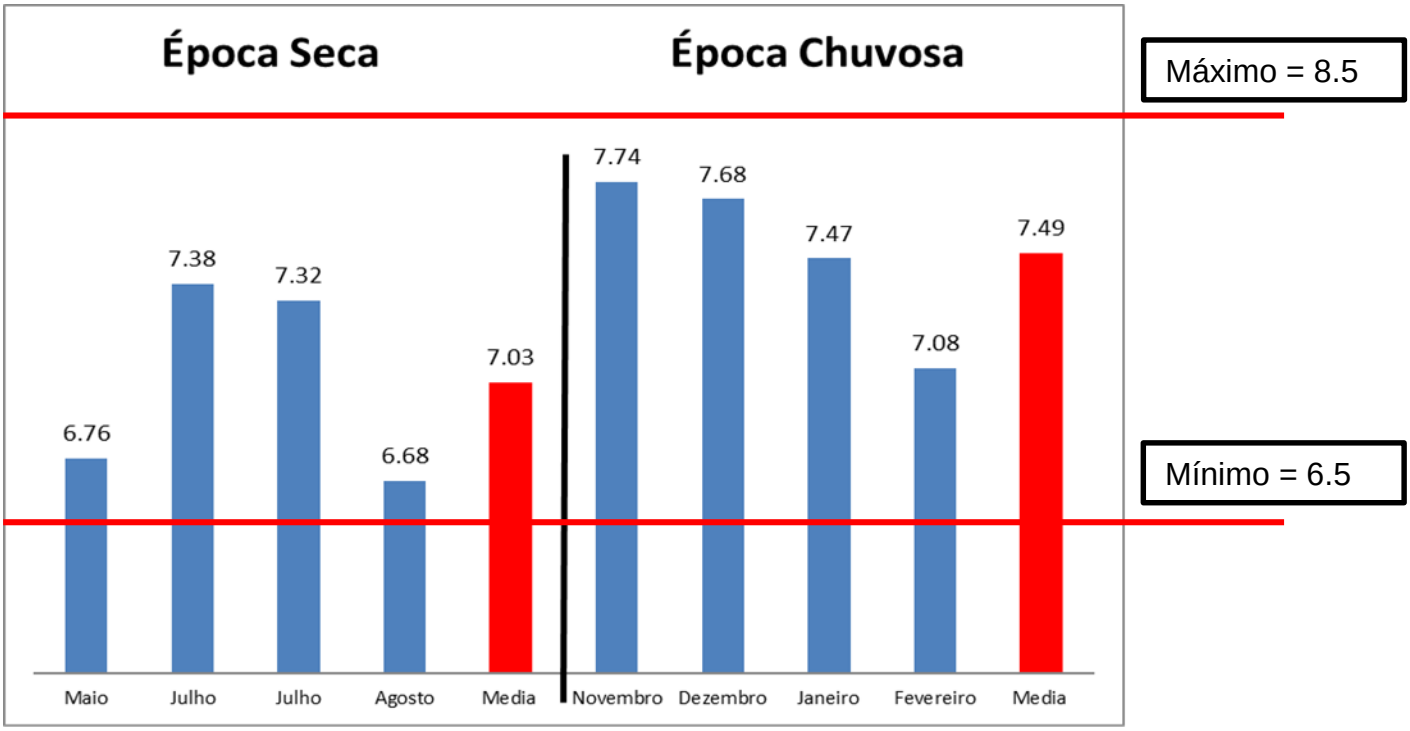

Gráfico 2. Variação do pH durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

Tanto na época seca quanto na época chuvosa, apresentam valores de pH dentro do intervalo aceitável de 6.5 a 8.5.

A média do pH na época chuvosa (7.4) é ligeiramente superior à média do pH na época seca (6.9). Isso pode ser devido a fatores como a diluição de ácidos e bases na água durante a época chuvosa. Os valores de pH são relativamente estáveis e não apresentam variações extremas, o que indica uma boa qualidade da água em termos de acidez e alcalinidade.

III. Condutividade elétrica

O gráfico abaixo apresenta os valores de condutividade elétrica da água durante duas épocas distintas: a época seca e a época chuvosa. As médias relativas as épocas são representadas pela cor vermelha.

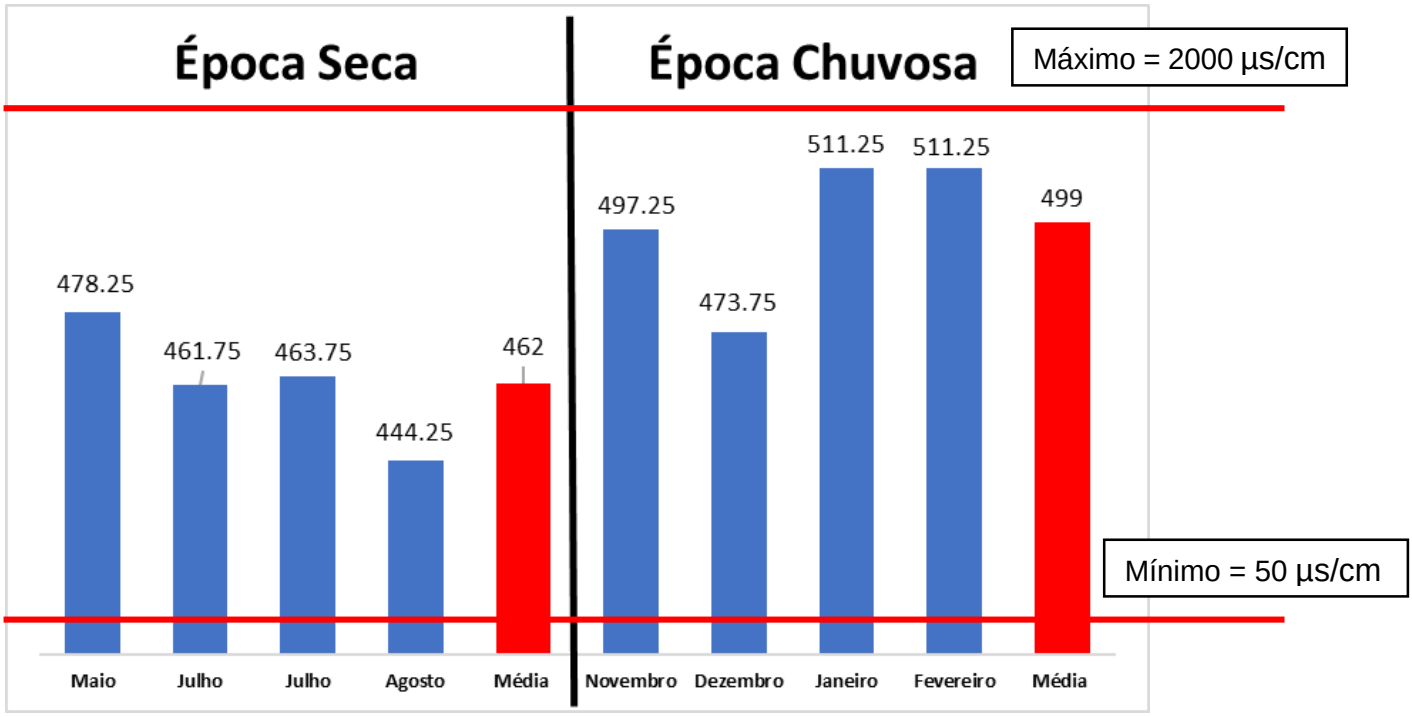

Gráfico 3.Variação da CE durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

Tanto na época seca quanto na época chuvosa, apresentam valores de condutividade elétrica dentro do intervalo aceitável de 50 µs/cm a 2000 µs/cm.

A média da condutividade elétrica na época chuvosa (499 µs/cm) é ligeiramente superior à média da condutividade elétrica na época seca (462 µs/cm).

Isso pode ser devido a fatores como a dissolução de sais e minerais na água durante a época chuvosa.

Os valores de condutividade elétrica são relativamente estáveis e não apresentam variações extremas, o que indica uma boa qualidade da água em termos de presença de iões dissolvidos.

IV. Cloretos

O gráfico abaixo apresenta os valores de cloretos da água durante duas épocas distintas: a época seca e a época chuvosa. As médias relativas as épocas são representadas pela cor vermelha.

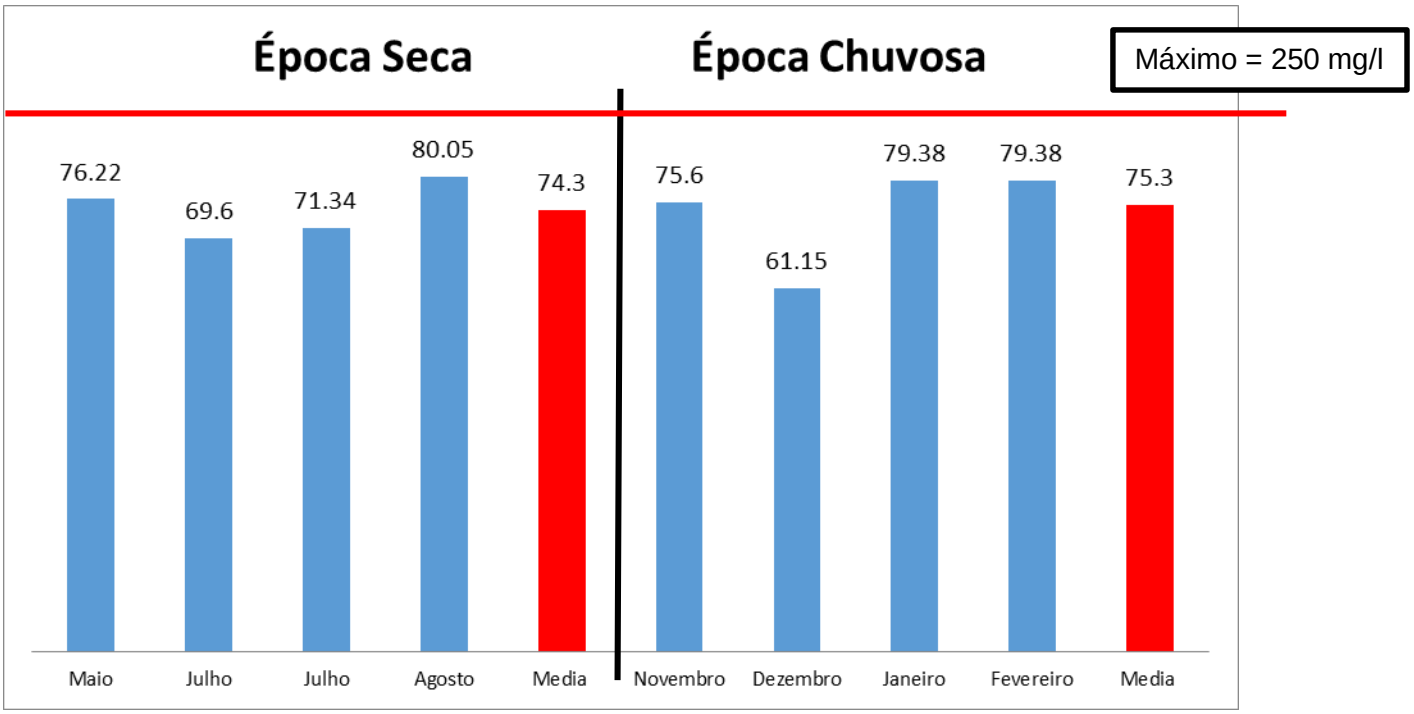

Gráfico 4.Variação dos cloretos durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

A média da concentração de cloretos é a mesma nas duas épocas, aproximadamente 75 mg/L, indicando que não há variação significativa entre a época seca e a época chuvosa, o que indica uma boa qualidade da água em termos de presença de cloretos.

Tanto na época seca quanto na época chuvosa, apresentam valores de concentração de cloretos bem abaixo do valor máximo admissível de 250 mg/L. Isso indica boa proteção das fontes de captação contra intrusão salina ou contaminação industrial.

V. Cloro residual

O gráfico abaixo apresenta os valores do cloro residual da água durante duas épocas distintas: a época seca e a época chuvosa. Na época seca, a concentração de cloro residual foi de 1,84 mg/L, superior ao limite máximo recomendado (1,0 mg/L), enquanto na época chuvosa foi de 1,21 mg/L. O excesso observado pode ser resultado de superdosagem como tentativa de compensar a presença de matéria orgânica e turbidez (Miranda, 2017). Isso, no entanto, deve ser evitado, pois pode gerar subprodutos potencialmente tóxicos.

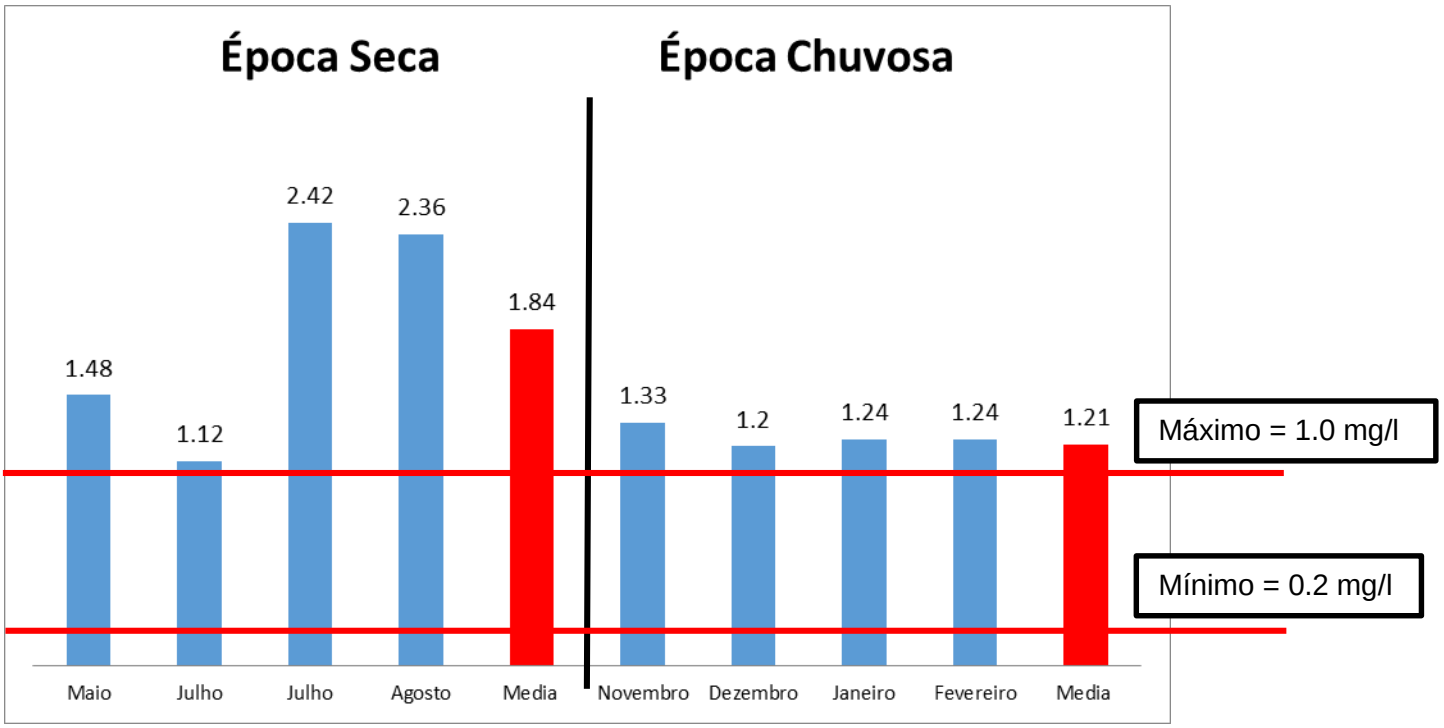

Gráfico 5. Variação do cloro residual durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

VI. Sólidos totais dissolvidos

O gráfico abaixo mostra os níveis de sólidos totais dissolvidos (TDS) na água durante a época seca e chuvosa. O eixo vertical representa a concentração de TDS em miligramas por litro (mg/L), enquanto o eixo horizontal representa os meses do ano.

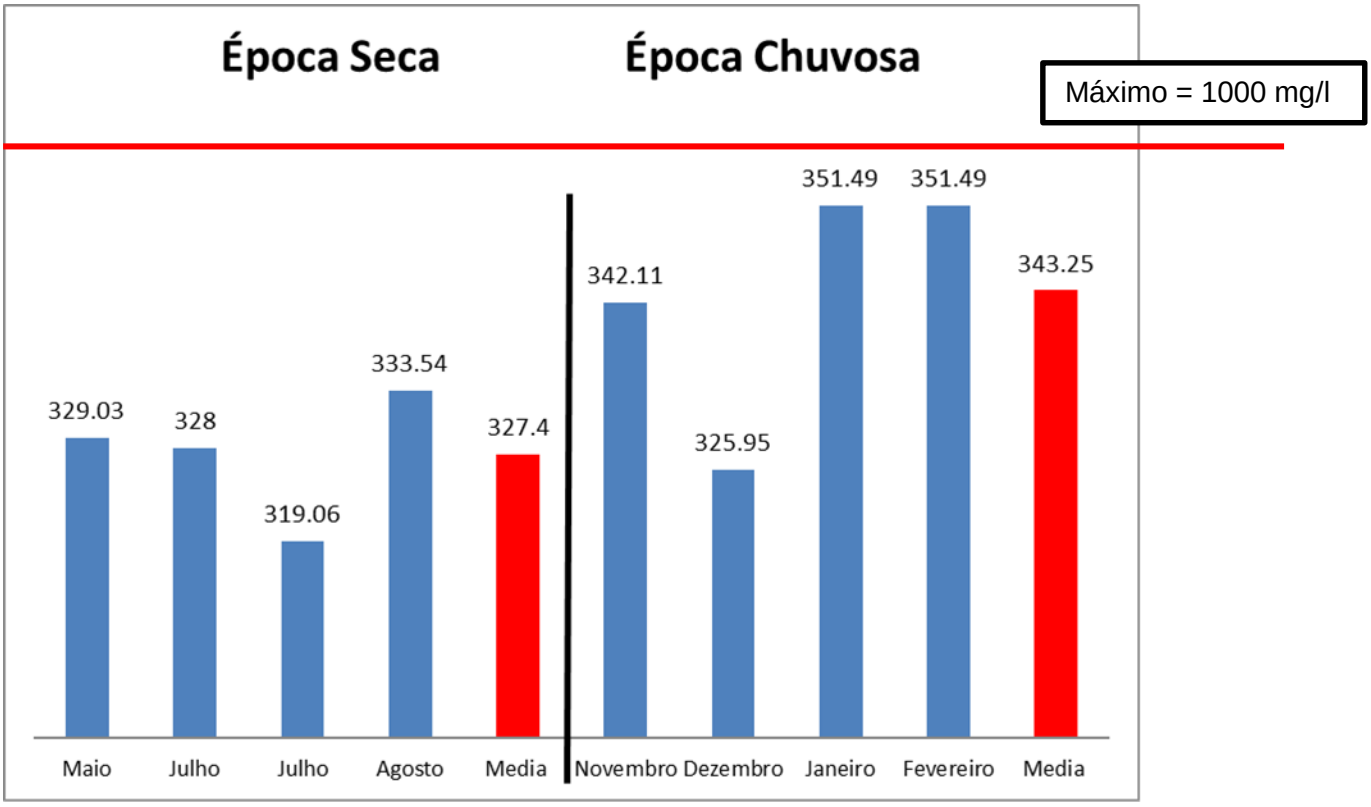

Gráfico 6. Variação do TDS durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

Analisando o gráfico em relação ao limite máximo admissível de 1000 mg/L, podemos observar que na época seca, os níveis de TDS variam entre 300mg/L e 330 mg/L, com uma média anual de aproximadamente 325 mg/L. Na Época chuvosa, os níveis de TDS são ligeiramente mais altos, variando entre 320 mg/L e 350 mg/L, com uma média anual de aproximadamente 350 mg/L.

No entanto, é importante notar que os níveis de STD são ligeiramente mais altos durante a época chuvosa, o que pode sugerir alguma influência das chuvas na concentração de STD na água. O aumento sazonal pode refletir a dissolução de materiais transportados pelas chuvas (Armazeno, 2019).

VII. Coliformes totais e fecais

O gráfico abaixo demonstra que durante ambas as épocas, seca e chuvosa, os valores de coliformes totais e fecais estão consistentemente dentro do limite máximo admissível de 0 NMP/100 ml. Isso indica que a qualidade da água em termos de coliformes totais é mantida em um nível seguro e estável ao longo do tempo.

Gráfico 7. Variação dos coliformes totais e fecais durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

VIII. Dureza

O gráfico abaixo mostra que os valores de dureza da água permanecem dentro dos limites seguros e admissíveis tanto na época seca quanto na chuvosa. A média de dureza na época chuvosa é ligeiramente superior à da época seca, mas ambas estão bem abaixo do valor máximo admissível de 500 mg/l $CaC0_3$, indicando que a água é segura para consumo e uso doméstico.

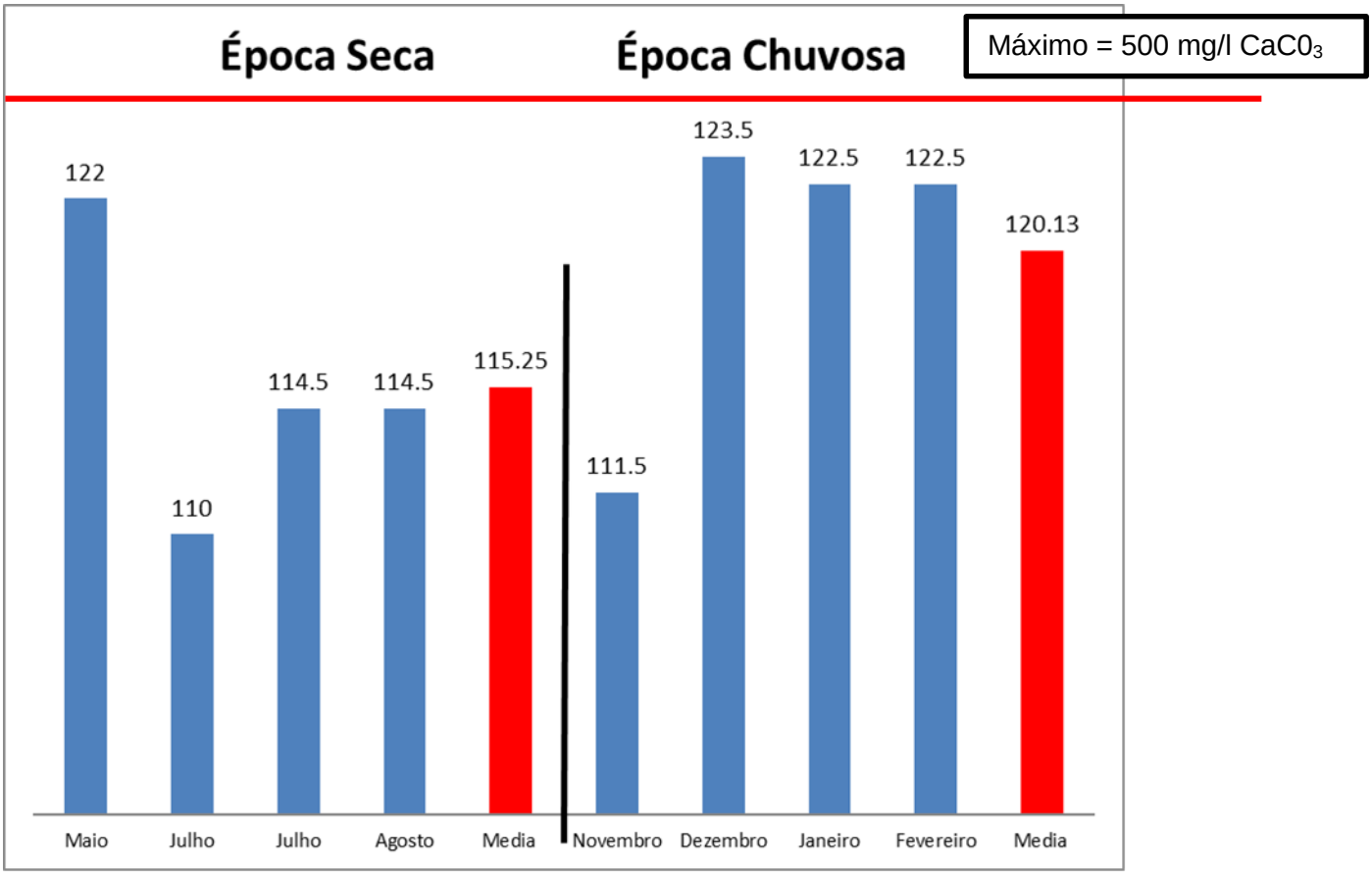

Gráfico 8. Variação da dureza durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

IX. Matéria orgânica

O gráfico abaixo mostra que os valores de matéria orgânica na água permanecem dentro dos limites seguros e admissíveis tanto na época seca quanto na chuvosa. O valor médio da MO foi de 2,33 mg/L na época chuvosa, ligeiramente acima do limite de 2,5 mg/L, com alguns picos ultrapassando o permitido. Isso pode estar relacionado à entrada de água superficial contendo material vegetal em decomposição e contaminantes orgânicos (Santos, 2018). Tal situação reforça a necessidade de reforço no tratamento primário.

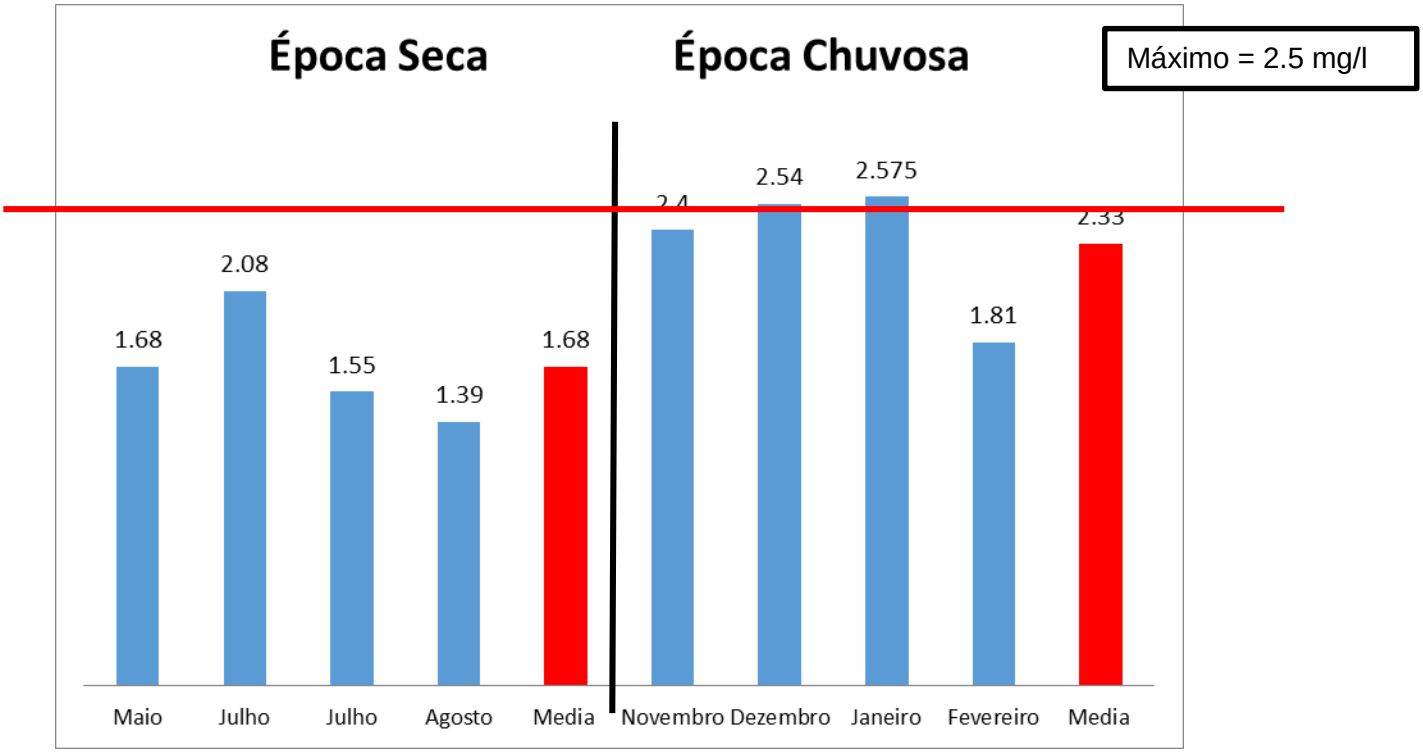

Gráfico 9. Variação da Matéria orgânica durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

X. Turvação

O gráfico 10 apresenta os valores de turvação em diferentes meses, divididos em duas épocas: seca e chuvosa. Todos os meses da época seca apresentam valores de turvação bem abaixo do limite máximo admissível de 5 NTU.

A média de turvação durante a época seca é de 1.68 NTU, indicando que, em geral, a água está em boas condições durante este período.

Em Novembro, Janeiro e Fevereiro, os valores de turvação são superiores ao limite admissível de 5 NTU, com picos de 5.77 NTU em janeiro e 5.52 NTU em Fevereiro.

A média de turvação na época Chuvosa é de 5.19 NTU, o que significa que, em média, a qualidade da água está inadequada durante este período.

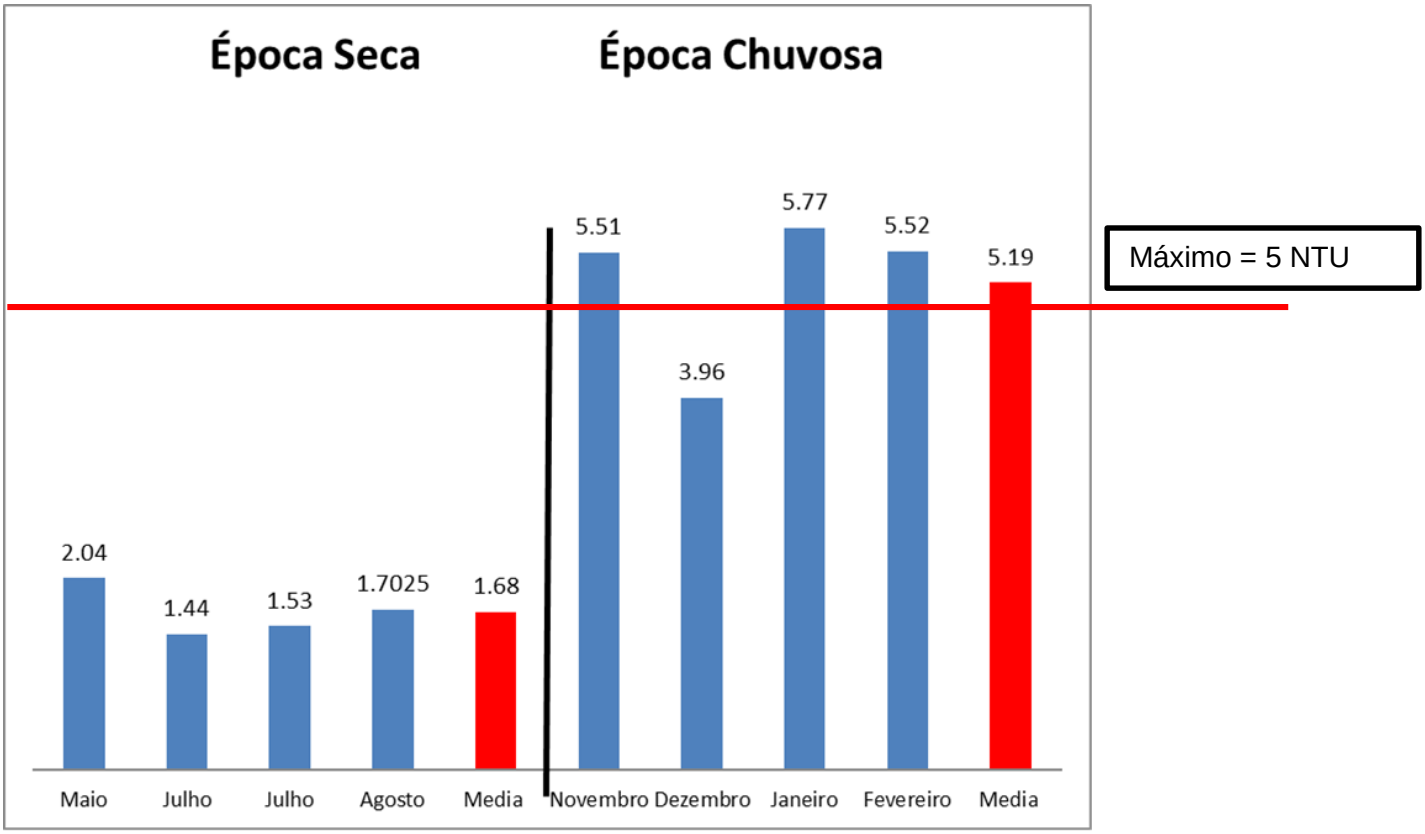

Gráfico 10. Variação da Matéria turvação durante as épocas seca e chuvosa

Fonte: Autora

A água apresenta maior estabilidade nos parâmetros químicos durante a época seca, enquanto a época chuvosa mostra maiores variações, especialmente em características relacionadas à concentração de sais e partículas em suspensão. Isso é típico em ambientes onde as chuvas intensificam a lixiviação e transporte de substâncias para os corpos hídricos.

Este comportamento deve ser considerado para estratégias de monitoramento e tratamento da água, para garantir qualidade e segurança em ambas as épocas. A tabela abaixo apresenta o desvio padrão para as duas épocas em estudo.

Tabela 3. Desvio Padrão

Parâmetro	Desvio Padrão (S) Época Seca	Desvio Padrão (S) Época Chuvosa
Temperatura (°C)	1.43	1.54
pH	0.65	0.32
Alcalinidade (mg/L)	8.27	10.40
Condutividade Elétrica (µs/cm)	38.35	83.48
Cloretos (mg/L)	9.00	19.17
Cloro Residual (mg/L)	1.02	0.54
Cálcio (mg/L)	1.55	1.74
TDS (mg/L)	17.87	59.15
Dureza (mg/l CaC03)	8.73	17.68
Matéria Orgânica (mg/L)	0.31	0.47
Turvação (NTU)	0.73	1.67

Fonte: Autora

Para os CF e CT o desvio padrão é igual a zero em ambas as épocas, isto confirma que não houve qualquer presença de coliformes fecais nas 20 medições semanais, refletindo estabilidade total e ausência de contaminação fecal.

A comparação entre a água bruta e tratada nas duas épocas (ver tabela 3) mostra que o processo de tratamento foi eficaz na remoção de coliformes, matéria orgânica e turvação, especialmente na época chuvosa, onde os níveis de contaminação são mais elevados. Verificou-se uma melhoria significativa da qualidade da água após o tratamento, mantendo-se os parâmetros dentro dos padrões recomendados. A época chuvosa apresentou maior carga poluente, mas o desempenho da ETA foi consistente em ambas as épocas.

Tabela 4. Comparação de Médias – Água Bruta vs Água Tratada (Época Seca e Chuvosa)

Parâmetro	Água Bruta (Seca)	Água Tratada (Seca)	Água Bruta (Chuvosa)	Água Tratada (Chuvosa)
pH	7.28	7.03	7.89	7.49
Matéria Orgânica (mg/L)	4.27	1.68	7.93	2.33
Turvação (NTU)	7.58	1.68	33.18	5.19
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	173.38	0.00	392.50	0.00
Coliformes Totais (NMP/100mL)	11,312.50	0.00	16,950.00	2.94

Fonte: Autora

Os resultados confirmam que a ETA de Umbeluzi é eficaz no tratamento da água bruta, especialmente na remoção de coliformes e matéria em suspensão. Contudo, o aumento sazonal de turbidez e MO aponta para vulnerabilidades no sistema frente a eventos de chuva intensa. Tais resultados estão alinhados com estudos semelhantes em contextos africanos urbanos (Miranda, 2017). É recomendável, portanto, reforçar o controle operacional durante a época chuvosa, com revisão de dosagens e manutenção periódica dos filtros.

CAPÍTULO VI – Considerações Finais

5.1. Conclusão

Determinou-se os parâmetros de qualidade de agua para as duas épocas, onde obtiveram-se os seguintes resultados para a época chuvosa: pH = 7.49±0.32, temperatura = 25.90 ± 1.54 ºC, alcalinidade = 117.06 ± 10.40 mg/L, condutividade eléctrica = 499.00 ± 83.48 µs/cm, cloretos = 75.30 ± 19.17 mg/L, cloro residual = 1.21 ± 0.54 mg/L, cálcio = 20.86 ± 1.74 mg/L, TDS = 343.25 ± 59.15 mg/L, dureza = 120.13 ± 17.68 mg/L CaC03 , matéria orgânica = 2.33 ± 0.47 mg/L, turvação = 5.19 ± 1.67 NTU, coliformes fecais = 0.00 ± 0.00 MPN/100 ml, coliformes focais = 0.0 ± 0.0 MP/100 ml;

Para época seca, obtiveram-se os seguintes resultados: pH = 7.32±0.65, temperatura = 23.10 ± 1.43 ºC, alcalinidade = 105.44 ± 8.27 mg/L, condutividade elétrica = 461.00 ± 38.35 µs/cm, cloretos = 74.30 ± 9.00 mg/L, cloro residual = 1.84 ± 1.02 mg/L, cálcio = 20.13 ± 1.55 mg/L, TDS = 327.40 ± 17.87 mg/L, dureza = 115.25 ± 8.73 mg/L CaC03, matéria orgânica = 1.68 ± 0.31 mg/L, turvação = 1.68 ± 0.73 NTU, coliformes totais = 0.00 ± 0.00NPN/100ml, coliformes focais = 0.0 ± 0.0 MPN/100 ml.

Os parâmetros da qualidade da água a saída da Estação de Tratamento de Água de Abastecimento de Umbeluzi, durante período de estudo estavam dentro dos padrões apresentados no decreto nº 180/2004 do MISAU e a norma da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a Qualidade da Água Potável, excepto a turvação e concentração da matéria orgânica na época chuvosa.

Observou-se também um aumento significativo da turvação, temperatura e concentração de matéria orgânica durante a época chuvosa, sinal evidente do impacto da qualidade da água bruta na eficácia do tratamento.

O aumento de 3,7°C na média de temperatura durante a época chuvosa, pode afectar a qualidade da água acelerando a a decomposição de matéria orgânica e aumentar a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) o que pode reduzir a eficácia dos desinfetantes.

A diferença na média do pH durante para as épocas seca e chuvosa pode ser atribuída à diluição de ácidos e bases durante a época chuvosa. Os valores de condutividade elétrica são ligeiramente maiores na época chuvosa devido à dissolução de sais e minerais.

A sazonalidade afecta os parâmetros de qualidade de agua pois parâmetros como a condutividade e matéria orgânica apresentam uma variação nas duas épocas.

5.2. Recomendações

Recomenda-se para ETA de Umbeluzi

Durante a época chuvosa, a turvação da água frequentemente excede o limite máximo admissível de 5 NTU. Para mitigar esse problema, recomenda-se a implementação de sistemas de monitoramento contínuo da turvação. Além disso, deve-se fazer o ajuste da dosagem óptima de coagulante, para facilitar a remoção de partículas e sedimentos que contribuem para a turvação elevada durante a época chuvosa. Também é crucial adotar estratégias de gestão de águas pluviais para minimizar a entrada de de água com turvação elevada para a ETA durante a época chuvosa .

Essas medidas garantirão que a qualidade da água se mantenha dentro dos padrões aceitáveis, mesmo durante o períodos de húmido, protegendo à saúde pública e assegurando a conformidade com os regulamentos para a água para o consumo humano.

Recomenda-se para trabalhos futuros

A determinação da eficiência de tratamento por fase de tratamento durante os períodos seco e húmido de modo a averiguar qual é a etapa que apresenta menor eficiência do que o esperado.

Determinar a eficiência global da ETA de modo a propor medidas de mitigação ao aumento de parâmetros como a turvação e a matéria orgânica durante o época chuvoso.

Determinar a qualidade da água durante o processo de distribuição para se averiguar se durante a distribuição existe a variação da qualidade de água ate chegar ao consumidor final ou não.

6. Referências Bibliográficas

Armazeno, T. (2019). Avaliação Físico-Químico e microbiológica da água para o consumo humano, Monografia apresentada ao Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública, pra obtenção do grau de Linciatura em Saneamento e Saúde Ambiental. Brasil.

Almeida, I. R. (2019). Avaliação da Qualidade da Água de Abastecimento do Campus Saúde da Cidade Universitária José da Silveira Netto. Dissetração subemetida para o grau de Mestrado em Águas e Saniameno Brasil.

Casall, C. A. (2008). Qualidade da água para consumo humano. Dissetração subemetida para o grau de Mestrado em Águas. Brasil.

Daronco, C. R. (2021). Qualidade da água para consumo humano, Dissetração subemetida para o grau de Mestrado em Águas e Saniameno. Estado do rio grande do sul.

Guardezi, J. S. (2018). Análise de cálcio, potássio e sódio em águas naturais. Dissetração subemetida para o grau de Mestrado em Águas e Saniameno.Bragança .

Marin, M. A. (2019). Importancia da água para a vida e garantia de manuntenção da sua qualidade. Relatorio da actividadae profissional para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Brasil.

Matias, W. G. (2019). Determinação da alcalinidade, Dissertação apresentada à Faculdadede Engenharia da Universodade de Santa Catarina para a obtenção do grau de Mestre em Saniamento. Santa catarina.

Miranda, C. A. (2017). Avaliação da qualidade de água para abastecimento público. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universodade de Santa Rita para a obtenção do grau de Mestre em Saniamento.Rio de janeiro.

Oliveira, K. A. (2011). Qualidade da água para consumo humano. Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Química da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, como requisito parcial á obtenção do grau de licenciatura em Química. Recife.

Santos, A. P. (2018). Controlo da qualidade da água em rede de abastecimento público. Trabalho de Conclusão apresenado ao curso de Engenharia Ambienal da Universidade do Porto para obtenção do tíulo de Engenheiro do Ambiene. Coimbra.

Simone, S. (2018). Avaliação da qualidade de água dos poços na Cidade de Quelimane-estudo de caso dos bairros Elalane, Icidua e Micajune, província da Zambézia. Quelimane.

Souza, C. D. (2013). Avaliação da qualidade da água do abastecimento público de município de Ariquemes. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária. Ariquemes – RO.

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

ANEXOS

ANEXO I – Materiais

Matérias usados

- Luvas;
- Frascos de vidro de 500 ml esterilizados;
- Mascaras;
- Botas:
- GPS;
- Garrafas Plásticas de 1500 ml;
- Marcadores;
- Etiquetas;
- Bata;
- Álcool à 70%;
- Compressas de gelo;
- Caneta;
- Malas térmicas;
- Ficha Técnica de Amostragem; e
- Caneta.

ANEXO II - Fotografias

Neste capítulo, serão apresentas uma série de fotografias ilustrando o processo de coleta de amostras e a determinação dos parâmetros de qualidade da água.

Figura 3. Coleta de amostras

Figura 4. Processo de quantificação de dureza total e cloretos

Figura 5. Processo de rotulagem

ANEXO III – Resultados Laboratoriais

Tabela 5. Resultado dos parâmeros analisados – Água bruta - Época Chuvosa

Época Chuvosa					
Parâmetros	**Médias Mensais**				**Média**
	Maio	Julho	Julho	Agosto	
Ph	7.79	8.18	7.87	7.70	**7.885**
CF	270.00	330.00	427.50	540.00	392.50
CT	14,000	9,800	21,000	23,000	16,950
MO	4.26	3.44	16.01	5.44	7.93
Turvação	7.35	13.00	87.35	27.40	33.18

Fonte: Autora

Tabela 6. Resultado dos parâmeros analisados – Água bruta - Época Seca

Época Seca					
Parâmetros	**Médias Mensais**				**Média**
	Maio	Julho	Julho	Agosto	
Ph	7.358	7.005	7.42	7.3425	7.281
CF	282.5	190.0	89.5	131.5	173.375
CT	17,750	13,825	6,275	7,400	11,312.5
MO	4.32	4.04	3.70	5.025	4.271
Turvação	12.51	7.36	5.21	5.25	7.58

Fonte: Autora

Tabela 7. Resultado dos parâmeros analisados – Época Seca

Época Seca					
Parâmetros	**Médias Mensais**				**Média**
	Maio	Julho	Julho	Agosto	
Temperatura	23.55	21.33	23.58	23.95	**23.10**
Ph	6.76	7.38	7.32	6.68	**7.03**
Alcalinidade	101.50	110.50	105.50	97.50	**103.75**
CE	478.25	461.75	463.75	444.25	**462.00**
Cloretos	76.22	69.60	71.34	80.05	**74.30**
CRT	1.48	1.12	2.42	2.36	**1.84**
TDS	329.03	328	319.06	333.54	**327.40**
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
CT	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
Dureza	122.00	110.00	114.50	114.50	**115.25**
MO	1.68	2.08	1.55	1.39	**1.68**
Turvação	2.04	1.44	1.53	1.7025	**1.68**

Fonte: Autora

Tabela 8. Resultado dos parâmeros analisados – Época Chuvosa

Época Chuvosa					
Parâmetros	**Médias Mensais**				**Média Mensal**
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	
Temperatura	26.10	24.05	26.80	26.65	**25.90**
Ph	7.74	7.68	7.47	7.08	**7.49**
Alcalinidade	118.25	118.00	109.00	123.00	**117.06**
CE	497.25	473.75	511.25	511.25	**499.00**
Cloretos	75.60	61.15	79.38	79.38	**75.30**
CRT	1.33	1.20	1.24	1.24	**1.21**
TDS	342.11	325.95	351.49	351.49	**343.25**
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
CT	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
Dureza	111.50	123.50	122.50	122.50	**120.13**
MO	2.40	2.54	2.575	1.81	**2.33**
Turvação	5.51	3.96	5.77	5.52	**5.19**

Fonte: Autora

Tabela 9. Resultados das análises semanais da água bruta durante a época Seca

Época Seca																					
Parâmetros	**Medições Semanais**																				**Média**
	Maio					Junho					Julho					Agosto					
	1	2	3	4	$\bar{X}$	5	6	7	8	$\bar{X}$	9	10	11	12	$\bar{X}$	13	14	15	16	$\bar{X}$	
Ph	7.23	7.39	7.33	7.48	7.358	7.41	6.92	6.44	7.25	7.005	7.56	7.31	7.34	7.47	7.42	7.56	7.24	7.34	7.23	7.3425	7.28125
CF	160	310	400	260	282.5	290	200	130	140	190	95	76	77	110	89.5	110	140	190	86	131.5	173.375
CT	15000	17000	19000	20000	17750	14000	17000	17000	7300	13825	5900	5900	6200	7100	6275	8500	7900	6900	6300	7400	11312.5
MO	5.04	4.08	4.00	4.16	4.32	4.00	4.24	3.84	4.08	4.04	3.60	3.44	4.00	3.76	3.7	3.92	5.60	5.38	5.20	5.025	4.27125
Turvação	14.06	11.69	12.60	11.70	12.51 25	7.89	7.39	7.06	7.11	7.363	6.41	4.91	4.82	4.69	5.208	5.06	5.44	5.72	4.78	5.25	7.583125

Fonte: Autora

Tabela 10. Resultados das análises semanais da água bruta durante a época Chuvosa

Época Chuvosa																					
Parâmetros	**Medições Semanais**																				**Média**
	Novembro					Dezembro					Janeiro					Fevereiro					
	1	2	3	4	$\bar{X}$	5	6	7	8	$\bar{X}$	9	10	11	12	$\bar{X}$	13	14	15	16	$\bar{X}$	
Ph	7.86	7.55	7.80	7.95	7.79	8.06	8.12	8.20	8.18	32.56	7.83	7.86	7.78	8.01	7.87	7.87	7.85	7.76	7.70	31.18	19.85
CF	130	220	450	280	270	350	780	630	330	2090	410	470	370	460	427.5	750	620	570	540	2480	1316.875
CT	14000	11000	18000	13000	14000	8800	11000	11000	9800	40600	27000	16000	21000	20000	21000	21000	21000	15000	23000	80000	38900
MO	4.40	4.32	4.24	4.08	4.26	3.68	3.70	3.60	3.44	14.42	6.24	14.40	22.40	21.00	16.01	6.00	5.36	4.80	5.44	21.6	14.0725
Turvação	6.83	7.31	7.03	8.23	7.35	13.10	13.20	14.80	10.90	52	99.20	88.40	88.30	73.50	87.35	40.20	33.70	27.40	24.00	125.3	68

Fonte: Autora

Tabela 11. Resultados das análises diárias durante a época Seca

Época Seca																					
Parâmetros	**Medições Semanas**																				**Média da Época Seca**
	Maio					Julho					Julho					Agosto					
					$\bar{X}$					$\bar{X}$					$\bar{X}$					$\bar{X}$	
Temperatura	23.5	22	24.6	24.10	23.55	22.6	19.6	21.20	21.9	21.325	25.30	22.40	24.10	22.5	23.58	22.50	24.60	24.10	24.60	23.95	23.10
Ph	6.8	6.81	6.87	6.57	6.7625	7.47	6.79	7.88	7.36	7.38	7.53	7.42	7.07	7.27	7.3225	7.11	6.70	6.57	6.32	6.675	7.03
Alcalinidade	104	100	110	92	101.5	106	112	124	100	110.50	102	106	100	114	105.50	110	98	92	90	97.50	103.75
CE	446	442	588	437	478.25	440	480	488	439	461.75	456	457	442	500	463.75	499	441	437	400	444.25	462.00
Cloretos	69.13	67.36	99.26	69.13	76.22	65.68	74.45	70.90	67.36	69.60	70.90	70.90	65.58	77.99	71.3425	74.45	70.90	79.13	95.72	80.05	74.30
CR	0.22	2.02	1.22	2.44	1.48	2.06	1.78	0.14	0.48	1.12	1.02	2.27	1.98	4.40	2.42	2.74	2.60	2.88	1.22	2.36	1.842
Cálcio	18.44	22.24	23.25	17.64	20.39	18.44	20.84	18.44	20.04	19.44	20.84	20.04	23.25	18.44	20.6425	20.04	19.24	20.04	20.84	20.04	20.13
TDS	306.9	304.1	404.5	300.6	329.025	304.1	330.2	375.7	302.0	328	313.7	314.42	304.1	344	319.055	343.41	303.41	300.66	386.66	333.535	327.40
CF	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00
CT	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00
Dureza	112	118	148	110	122.00	106	108	126	100	110.00	102	112	110	134	114.50	124	106	110	118	114.50	115.25
MO	1.56	1.80	1.72	1.64	1.68	2.20	2.08	2.32	1.72	2.08	1.84	1.40	1.56	1.40	1.55	1.49	1.40	1.64	1.04	1.39	1.68
Turvação	3.55	1.32	2.17	1.11	2.04	1.50	2.91	0.43	0.92	1.44	1.68	1.69	1.34	1.39	1.53	1.10	2.20	1.11	2.40	1.7025	1.68

Fonte: Autora

Tabela 12. Resultados das análises diárias durante a Época Chuvosa

Época Chuvosa																				
Parâmetros	**Medições Semanais**																			**Média da Época Chuvosa**
	Novembro					Dezembro					Janeiro					Fevereiro				
	1	2	3	4	$\bar{X}$	5	6	7	8	$\bar{X}$	9	10	11	12	$\bar{X}$	13	14	15	16	$\bar{X}$	
Temperatura	27.20	27.00	23.20	27.00	**26.10**	25	23.70	24.70	22.80	**24.05**	28.10	25.7	26.40	27.00	**26.80**	27.00	25.80	28.10	25.70	**26.65**	**25.90**
Ph	7.79	7.81	7.55	7.81	**7.74**	7.88	7.62	7.70	7.51	**7.68**	7.44	7.25	7.36	7.83	**7.47**	7.24	7.14	6.61	7.35	**7.085**	**7.49**
Alcalinidade	120	114	125	114	**118.25**	122	114	114	122	**118.00**	100	102	114	120	**109.00**	128	126	96	142	**123.00**	**117.06**
CE	487	459	584	459	**497.25**	476	456	458	505	**473.75**	415	417	446	767	**511.25**	646	468	413	528	**513.75**	**499.00**
Cloretos	77.99	67.36	89.69	67.36	**75.60**	35.45	67.36	62.04	79.76	**61.15**	62.04	65.68	70.90	118.90	**79.38**	120.53	70.90	62.04	86.85	**85.08**	**75.30**
CR	0.10	2.42	0.88	1.91	**1.33**	1.47	1.02	1.28	1.01	**1.20**	1.12	1.94	1.68	0.20	**1.24**	1.17	1.20	0.64	1.31	**1.08**	**1.209**
Cálcio	23.20	19.24	18.43	20.84	**20.43**	20.04	20.04	19.24	23.25	**20.64**	22.44	20.04	19.24	17.64	**19.84**	21.64	22.44	23.25	22.80	**22.53**	**20.86**
TDS	335.06	315.79	401.79	315.79	**342.10**	327.49	313.76	315.10	347.44	**325.94**	285.52	285.90	306.85	527.69	**351.49**	444.45	321.98	284.14	363.26	**353.46**	**343.25**
CF	0	0	0	0	**0.00**	0	0	0	0	**0.00**	0	0	0	0	**0.00**	0	0	0	0	**0.00**	**0.00**
CT	0	0	0	0	**0.00**	0	0	0	17	**0.00**	0	0	0	0	**0.00**	0	0	0	0	**0.00**	**0.00**
Dureza	108	104	130	104	**111.50**	126	126	104	138	**123.50**	98	100	126	166	**122.50**	136	124	108	124	**123.00**	**120.13**
MO	2.32	2.16	2.96	2.16	2.40	2.4	2.4	2.48	2.88	2.54	2.72	2.84	2.8	1.94	2.575	2.08	2.2	1.2	1.76	1.81	2.33
Turvação	6.96	4.68	5.71	4.68	5.51	5.75	6.58	0.87	2.65	3.96	6.16	7.52	5.09	4.3	5.77	6.75	7.96	3.92	4.45	5.52	5.19

Fonte: Autora