



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QMC5515 – Estágio Supervisionado

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO DESENVOLVIDO NO
LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE JR HIDROQUÍMICA EM
FLORIANÓPOLIS - SC**

CLAUDINE SCHÄFER CANDIDO

**Orientador: Dr. Eduardo Sidinei Chaves
Supervisor: Joarez da Silva Vieira Junior**

Florianópolis
Setembro/2022

Claudine Schäfer Candido

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUA
DE DISTRIBUIÇÃO E ÁGUA MINERAL ENVASADA**

Relatório de Estágio Supervisionado (QMC 5515)
apresentado ao Departamento de Química da
Universidade Federal de Santa Catarina,
desenvolvido no Laboratório de Controle de Qualidade
JR Hidroquímica em Florianópolis.
Supervisor: Joarez da Silva Vieira Junior.

X

Claudine Schäfer Candido

X

Prof. Dr. Eduardo Sidinei Chaves

Florianópolis
Outubro/2022

Lista de abreviaturas e acrônimos

UFC – Unidade Formadora de Colônia.

CLT – Caldo Lauril Triptose.

CVB – Caldo Verde Brilhante.

E. coli – *Escherichia coli*.

Enterococcus spp. – *Enterococcus species*

P. aeruginosa – *Pseudomonas aeruginosa*.

IN – Instrução Normativa.

AUS – Ausente.

MF – Membrana Filtrante.

TTC – 2,3,5-Trifeniltetrazólio cloreto.

EDTA – Ácido etilenodiaminotetracético.

MUG – 4-Metilumbeliferil- β -D-Glicuronídeo.

MTS – Meio de Tolerância ao Sal.

EPI – Equipamento de Proteção Individual.

BPL – Boas Práticas de Laboratório.

VMP – Valor Máximo Permitido.

pH – Potencial hidrogeniônico.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Ilustração do método da membrana filtrante para análise de águas.
- Figura 2.** Fotografia do suporte de filtração utilizado nas análises microbiológicas.
- Figura 3.** Valores de pH das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.
- Figura 4.** Valores de condutividade elétrica das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.
- Figura 5.** Valores de alcalinidade total das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.
- Figura 6.** Estrutura de um complexo metal/EDTA.
- Figura 7.** Valores de dureza total das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.
- Figura 8.** Colônias características de coliformes totais em meio ágar m-Endo.
- Figura 9.** Caldo Lauril Triptose após incubação.
- Figura 10.** Redução do cloreto de trifênil tetrazólio para formazan.
- Figura 11.** Colônias características de *Enterococcus spp.* em ágar m-Enterococcus.
- Figura 12.** Caldo MTS (esquerda) e ágar bile-esculina (direita) após incubação.
- Figura 13.** Colônias características de *P. aeruginosa* em ágar m-PAC.
- Figura 14.** *Pseudomonas aeruginosas* em ágar cetrimide.
- Figura 15.** Ausência de *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens* em ágar m-CP.

Lista de tabelas

Tabela 1. Especificações de preservação e limite máximo de tempo para realização da análise.

Tabela 2. Especificações para cada micro-organismo analisado.

Tabela 3. Constantes formação para os complexos de EDTA, válidas para 20°C e força iônica de 0,1 mol L⁻¹.

Lista de esquemas

Esquema 1. Fluxograma dos métodos eletroanalíticos com destaque nos métodos interfaciais de potenciometria e titulações potenciométricas, e no método não-interfacial de condutometria.

Esquema 2. Análises físico-químicas e microbiológicas abordadas neste relatório de estágio.

Esquema 3. Fluxograma de análise e avaliação dos resultados de coliformes.

SUMÁRIO

1. JUSTIFICATIVA.....	10
2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO.....	11
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	12
3.1 Métodos de análise.....	12
3.2 Potenciometria.....	14
3.2.1 <i>Titulações potenciométricas</i>	15
3.3 Condutimetria.....	15
3.4 Controle e qualidade da água.....	16
3.5 Parâmetros microbiológicos.....	18
3.5.1 <i>Membrana Filtrante</i>	20
3.6 Parâmetros físico-químicos.....	21
3.6.1 <i>pH</i>	21
3.6.2 <i>Condutividade elétrica</i>	21
3.6.3 <i>Alcalinidade</i>	22
3.6.4 <i>Dureza</i>	23
4. OBJETIVOS.....	24
5. METODOLOGIA.....	24
5.1 Amostras.....	25
5.2 Análises físico-químicas.....	26
5.2.1 <i>pH</i>	26
5.2.2 <i>Condutividade elétrica</i>	26
5.2.3 <i>Alcalinidade total</i>	26
5.2.4 <i>Dureza total</i>	27
5.3 Análises microbiológicas.....	28
5.4 Tratamento de resíduos.....	30
6. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	30

6.1 Análises físico-químicas da água de distribuição.....	30
6.1.1 pH.....	30
6.1.2 Condutividade elétrica.....	31
6.1.3 Alcalinidade total.....	32
6.1.4 Dureza total.....	35
6.2 Análises microbiológicas da água mineral envasada.....	38
6.2.1 Coliformes totais e Escherichia coli.....	38
6.2.2 Enterococcus spp.....	41
6.2.3 Pseudomonas aeruginosa.....	44
6.2.4 Clostridium sulfito redutores e perfringens.....	46
7. CONCLUSÕES.....	48
8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL.....	49
9. REFERÊNCIAS.....	50
10. ANEXOS.....	55

RESUMO

O controle de qualidade da água é fundamental para garantir a saúde e bem-estar das pessoas. O impacto na população acontece tanto de maneira direta, ingerindo-a, quanto de maneira indireta, quando a água é utilizada em uma série de etapas do processo produtivo afetando a qualidade do produto a ser consumido. Assim sendo, o relatório de estágio supervisionado, desenvolvido no Laboratório de Controle de Qualidade da JR Hidroquímica em Florianópolis/SC, apresenta dados referentes às análises físico-químicas e microbiológicas de qualidade da água. Para as amostras da água de distribuição, os parâmetros físico-químicos de dureza total, alcalinidade total, condutividade elétrica e pH analisados de acordo com a metodologia específica foram discutidas no presente relatório. Amostras da empresa 1, coletadas entre maio a setembro deste ano (2022), foram analisadas, e os parâmetros estavam dentro dos limites máximos estabelecidos pela legislação. Nas amostras de água mineral envasada foram analisados os parâmetros microbiológicos exigidos por lei, os quais são: coliformes totais, *Escherichia coli*, *Enterococcus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens*. Utilizando a técnica de membrana filtrante, amostras da empresa 2 foram analisadas e o único parâmetro que não atendeu à legislação vigente foi o de *Pseudomonas aeruginosa*. Portanto, foi possível verificar se as amostras estavam de acordo com o padrão de qualidade exigido pela legislação brasileira. Ademais, o estágio supervisionado contribuiu para aplicar os conhecimentos obtidos na formação acadêmica às situações práticas de uma rotina de laboratório. Contando com um grande escopo de análises, a oportunidade de estágio na JR Hidroquímica proporcionou concluir o curso de Graduação de Química Tecnológica com uma experiência profissional diferenciada.

Palavras-chave: água, controle de qualidade, membrana filtrante, métodos analíticos.

1. JUSTIFICATIVA

A química sempre esteve presente no cotidiano das pessoas, mas a partir da industrialização, se tornou ainda mais importante entendê-la e usá-la como ferramenta para desenvolvimento social e tecnológico. Os químicos atuam em diversas áreas e estão presentes em várias indústrias como a de plástico, tintas, comidas, cosméticos, etc., participando de toda cadeia de produção, respondendo pela análise das matérias-primas, formulação e acompanhamento do processo produtivo, além do controle de qualidade do produto acabado.

Dentre as variadas análises que um químico pode realizar, a da água é a mais importante delas, pois sem a água a vida não pode existir e a maioria das indústrias não pode operar. A má qualidade da água pode afetar negativamente não só a saúde da população em geral, mas também a funcionalidade dos equipamentos de processos industriais, efeitos prejudiciais que podem ser repassados ao produto fabricado. Assim sendo, o papel dos laboratórios de controle de qualidade é de grande importância para sociedade, já que neles se realizam análises físico-químicas e microbiológicas que garantem a qualidade da água que consumimos. Os principais objetivos do monitoramento abrangente são manter os padrões de água potável segura, para que não traga riscos à saúde humana, e evitar problemas de água corrosiva ou incrustante.

Por conta da importância atribuída às análises de água, foi escolhido realizar o presente estágio na JR Hidroquímica, Laboratório de Controle de Qualidade, que conta com um amplo escopo de análises físico-químicas e microbiológicas para avaliação dos parâmetros de qualidade. Durante o período de estágio, foi possível acompanhar diversos procedimentos e atividades de rotina de laboratório, que visavam a análise de água, efluentes, refrigerantes, piscinas e fármacos manipulados, além de obter conhecimento sobre as normas vigentes.

2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

O Laboratório de Controle de Qualidade JR Hidroquímica é uma empresa catarinense localizada na cidade de Florianópolis e atua há 27 anos na prestação de serviços de análises físico-químicas e microbiológicas para o controle de qualidade de águas, efluentes, piscinas, bases galênicas, matrizes homeopáticas, doseamento e uniformidade de conteúdo de matérias-primas de medicamentos. Para garantir a qualidade dos ensaios, o laboratório participa de Programas Interlaboratoriais e Ensaio de Proficiência. O Laboratório possui registro da Vigilância Sanitária Municipal, licença ambiental operacional junto ao IMA (FATMA) e CRQ 13ª Região. Atualmente encontra-se em fase de implementação da NBR ISO/IEC 17025:2017 com assessoria do SENAI/SC.

A JR Hidroquímica conta com quatro laboratórios: físico-químico I, físico-químico II, microbiológico e medicamentos. O escopo de análises físico-químicas é abrangente. Dentre as análises mais comuns estão parâmetros físicos como cor, turbidez, temperatura, condutividade elétrica, sabor, odor, e parâmetros químicos como pH, alcalinidade, dureza, série de nitrogênio (orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito), presença de íons metálicos, entre outros parâmetros. As análises microbiológicas contam com controle de coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, fungos totais, dentre outros. Já a análise de medicamentos é realizada pelo peso médio que estabelece um indicador de qualidade do processo de encapsulação do medicamento.

As amostras analisadas são coletadas em campo por profissionais qualificados que seguem as exigências para uma amostragem correta. Ciente de sua responsabilidade ambiental e para com a população, a empresa oferece treinamentos e especializações sobre equipamentos de laboratório, técnicas utilizadas e normas estabelecidas para garantir maior qualificação de sua equipe.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Métodos de análise

A química analítica corresponde a área da química que atua na separação, identificação e determinação quantitativas ou qualitativas dos componentes de uma amostra.¹ A análise quantitativa abrange os métodos e técnicas usadas para determinar as quantidades dos componentes de interesse de uma amostra. Os principais métodos empregados na análise quantitativa baseiam-se em análise gravimétrica e análise volumétrica. Contudo, métodos instrumentais são comuns nos laboratórios de análise, onde utilizam-se das técnicas de potenciometria, condutimetria, espectrofotometria e fotometria de chama.

Os métodos de análise são classificados em clássicos e instrumentais. Os métodos clássicos são utilizados para análises diversas, com baixo custo e com equipamentos e vidrarias de fácil aquisição, apresentando ótima relação custo/benefício para um pequeno número de amostras. São amplamente utilizados devido à simplicidade e praticidade com que são realizados e pela obtenção de resultados confiáveis. Um exemplo é a análise volumétrica que apesar das desvantagens associadas à baixa sensibilidade e seletividade, ainda é muito utilizada nos laboratórios para aplicação na química analítica quantitativa.

Em geral, a titulação determina o volume de uma solução padrão, cuja concentração é precisamente conhecida, que deve reagir quantitativamente com um determinado volume de solução contendo o analito.² Na volumetria a solução padrão é chamada de titulante e a solução do analito é chamada de titulado. Esse processo é denominado de titulação. Para que uma reação de titulação ocorra com alto grau de confiança, é necessário que ela possua elevadas constantes de velocidade e equilíbrio, além de possuir uma estequiometria conhecida e reprodutível.³

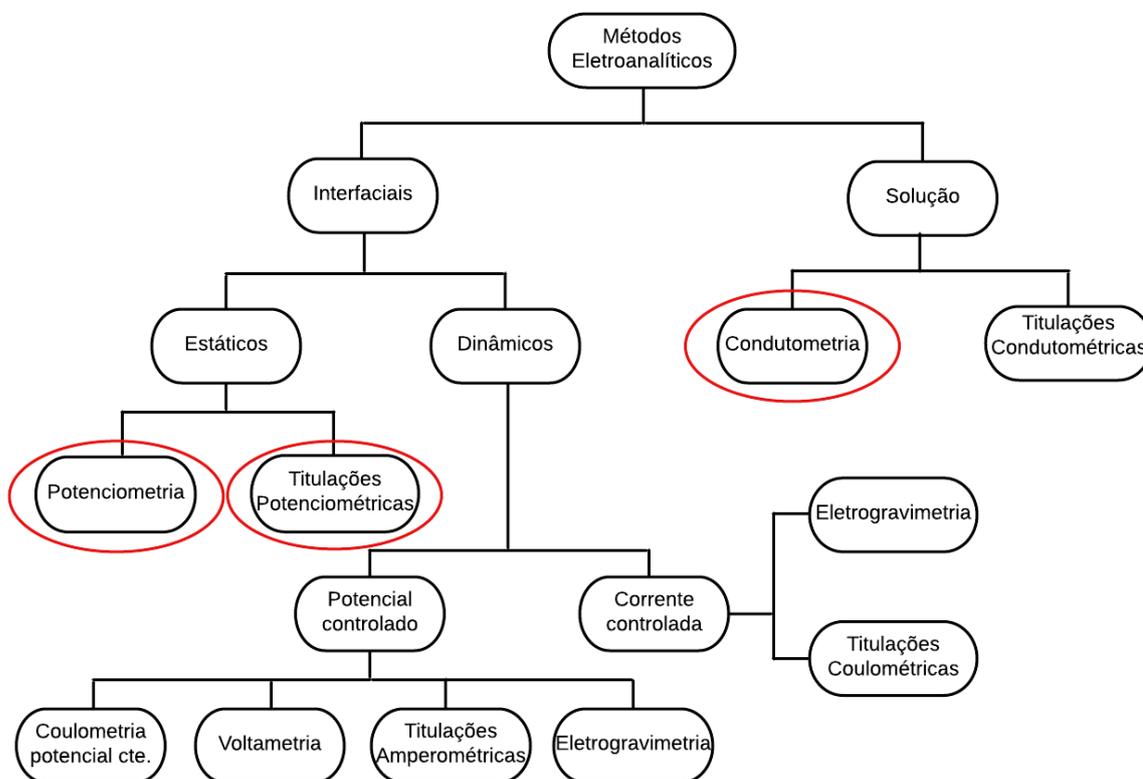
O consumo completo do analito ou o ponto de equivalência da titulação ocorre quando a reação estequiométrica entre o reagente padrão e o analito é atingida.² No entanto, o ponto de equivalência é teórico, calculado com base na estequiometria da reação envolvida na titulação. Na prática, o que é determinado é o ponto final da titulação que é indicado por uma mudança repentina nas propriedades físicas da solução (mudança de cor, formação de sedimentos, pH, diferença de potencial, etc.). Para isso, utiliza-se equipamentos específicos ou um indicador.³

A análise volumétrica envolve uma variedade de procedimentos analíticos quantitativos, dos quais se destacam a volumetria de precipitação, a volumetria de neutralização, a volumetria de complexação e a volumetria de oxidação-redução. Dentre os citados, a volumetria de complexação se fez mais presente nas atividades do estágio, pois é realizada na análise de dureza total da água. Nas titulações complexométricas, os íons metálicos reagem com um ligante para formar um complexo.³ O complexo metálico deve ser estável e reações rápidas são necessárias.

O agente de complexação orgânico mais usado na titulação complexométrica é o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), um composto que forma complexos 1:1 muito estáveis com a maioria dos íons metálicos. Titulações complexométricas com EDTA têm sido aplicadas à determinação de praticamente todos os cátions metálicos, com exceção dos íons de metais alcalinos. Como o EDTA complexa a maioria dos cátions, o reagente pode parecer desprovido de seletividade, no entanto, um controle considerável sobre as interferências pode ser realizado pela regulação do pH.⁴

Os métodos instrumentais possuem equipamentos de maior custo e necessitam profissionais capacitados para realizar as análises, os equipamentos requerem calibração e são amplamente aplicados na indústria e em laboratórios. Dentre as análises instrumentais, os métodos eletroanalíticos correspondem a um grupo de técnicas que estudam um analito medindo a tensão elétrica e/ou a corrente elétrica em uma célula eletroquímica.⁵ Esses métodos podem ser divididos em várias categorias, das quais as três principais são: potenciometria (medida da diferença de potencial do eletrodo), coulometria (medida da corrente da célula ao longo do tempo) e voltametria (medida da corrente da célula durante alteração ativa do seu potencial). No presente relatório será abordado com mais detalhes os métodos destacados no Esquema 1, que são utilizados nas análises de rotina do laboratório.

Esquema 1. Fluxograma dos métodos eletroanalíticos com destaque nos métodos interfaciais de potenciometria e titulações potenciométricas, e no método não-interfacial de condutometria.



Fonte: Adaptado de Fundamentos de Química Analítica. (2008)

3.2 Potenciometria

A potenciometria utiliza eletrodos para medir a diferença de potencial entre o eletrodo indicador e o de referência mergulhados em uma solução do analito na ausência de corrente elétrica significativa.⁶ As técnicas potenciométricas são utilizadas para localizar o ponto final em titulações e para medir as concentrações de espécies iônicas, de maneira direta, a partir do potencial de eletrodos seletivos. Esses eletrodos são relativamente livres de interferências e fornecem um meio rápido, conveniente e não destrutivo de determinar quantitativamente vários ânions e cátions importantes.⁴

O eletrodo de referência é o eletrodo usado para medir o potencial do eletrodo indicador, seu potencial é conhecido, constante e independente da concentração do analito. Esse eletrodo deve ser reversível e deve atingir rapidamente o potencial de

equilíbrio na solução. Já o eletrodo indicador corresponde ao eletrodo cujo potencial se mede, e a sua resposta depende da concentração do analito, pois é onde a reação de interesse ocorre. Portanto, seu potencial é proporcional ao logaritmo da concentração do analito. Ele deve ser bom condutor de eletricidade e apresentar larga faixa de potencial. Neste sistema há uma ponte salina que detém a função de prevenir que os componentes da solução do analito se misturem com os do eletrodo de referência.⁴

3.2.1 *Titulações potenciométricas*

Em uma titulação potenciométrica, mede-se o potencial de um eletrodo indicador adequado em função do volume do titulante. As informações fornecidas por uma titulação potenciométrica são diferentes dos dados obtidos em uma medição potenciométrica direta. As titulações potenciométricas fornecem dados mais confiáveis do que os dados de titulações que usam indicadores e são úteis com soluções coloridas ou turvas e para detectar a presença de espécies não suspeitas.⁴

As titulações potenciométricas oferecem vantagens adicionais sobre a potenciometria direta. Como a medição é baseada no volume do titulante que causa uma rápida mudança no potencial próximo ao ponto de equivalência, as titulações potenciométricas não dependem da medição de valores absolutos do potencial da célula. Essa característica torna a titulação relativamente livre de incertezas de potencial de junção, pois o mesmo permanece aproximadamente constante durante a titulação. Os resultados da titulação dependem mais fortemente de ter um titulante de concentração conhecida com precisão. O instrumento potenciométrico apenas sinaliza o ponto final e, portanto, se comporta de maneira idêntica a um indicador. Problemas com eletrodos sujos ou que não exibem resposta Nernstiana não são tão sérios quando o sistema de eletrodos é usado para monitorar uma titulação.⁴

3.3 Condutimetria

A condutimetria mede a condutividade de soluções iônicas, ou seja, a capacidade destas de conduzir corrente elétrica. A condução da eletricidade por meio das soluções iônicas se deve à migração de cátions e ânions que são acelerados em direção ao eletrodo polarizado como consequência da aplicação de um campo

elétrico. A condutividade da solução iônica depende do número de íons presentes, assim como das suas cargas e mobilidades.⁷

A velocidade de migração dos íons se relaciona linearmente com a força eletromotriz (f.e.m) aplicada, mas é limitada pela resistência imposta pelo fluido ao movimento das partículas. Se opondo a força elétrica existem três forças retardadoras: 1ª) uma força friccional, que depende do tamanho do íon solvatado; 2ª) um efeito assimétrico: devido ao movimento, existe a tendência de maior solvatação na frente do íon; 3ª) um efeito eletroforético: o íon em movimento causa movimento das moléculas do solvente associados com íons de sinal oposto. O resultado é um fluxo líquido das moléculas do solvente na direção contrária àquela do íon considerado. A combinação da atração do campo elétrico e dos efeitos retardadores levam a uma velocidade máxima para cada íon.⁸

A condutividade específica (κ), expressa em S/cm, é função da concentração dos eletrólitos da solução.⁹ Via de regra, para um eletrólito forte, κ aumenta muito com o aumento da concentração. Já para um eletrólito fraco, κ aumenta gradualmente com o aumento da concentração.

3.4 Controle e qualidade da água

A água é essencial à vida. Sem ela, a biosfera que existe na superfície da Terra não seria possível. A água cobre mais de 70% da superfície da Terra, dos quais 97% estão no oceano, o que é impróprio para consumo humano e outros usos devido ao seu alto teor de sal. Dos três por cento restantes, 2% está bloqueado nas calotas polares e geleiras e apenas 1% está disponível como água doce em rios, lagos, córregos, reservatórios e águas subterrâneas que podem ser adequadas ao consumo humano. A qualidade da água para uso e consumo é uma preocupação primordial para a humanidade, pois está diretamente ligada a saúde e bem-estar das pessoas.¹⁰

A água que é consumida ou usada em processos industriais deve atender a parâmetros específicos. O controle da qualidade da água ocorre mediante a realização de análises físico-químicas e microbiológicas, estrategicamente planejadas conforme definido na legislação. Estas são necessárias para garantir que a água potável permaneça livre de contaminantes que possam causar problemas de saúde. Quando se trata de instalações industriais, há situações em que a água deve ser tratada para garantir que a qualidade esteja em um nível aceitável para uma variedade

de processos de produção.¹¹ Uma qualidade inadequada pode gerar uma série de problemas na infraestrutura do sistema de abastecimento de água, como nas tubulações e adutoras, inclusive afetando os processos de limpeza da mesma.

A qualidade da água refere-se às características físicas, químicas e biológicas básicas da água que determinam sua adequação para a vida ou para uso humano. Os parâmetros físicos incluem cor, sabor, odor, temperatura, turbidez, sólidos e condutividade elétrica. Já os parâmetros químicos podem incluir pH, acidez, alcalinidade, cloro, dureza, oxigênio dissolvido, demanda biológica de oxigênio (DBO), entre outros. O terceiro tipo de parâmetro envolve parâmetros biológicos, que incluem bactérias e fungos, por exemplo.¹²

A avaliação da qualidade microbiológica da água tem um papel em destaque no processo, devido ao elevado número e da grande diversidade de micro-organismos patogênicos, em geral de origem fecal, que podem estar presentes na água. Em função da extrema dificuldade de avaliar a presença de todos os micro-organismos na água, a técnica adotada é a de se verificar a presença de organismos indicadores.¹¹

Quanto à qualidade física, a estratégia principal consiste na identificação de parâmetros que representem, de forma indireta, a concentração de sólidos — em suspensão ou dissolvidos — na água. Esses parâmetros têm um duplo significado sanitário. Por um lado, revelam a qualidade estética da água, que podem conduzir os consumidores a recorrerem a fontes alternativas menos seguras. Por outro lado, águas com elevado conteúdo de sólidos comprometem a eficiência da desinfecção, assim sendo, sólidos podem estar associados à presença de micro-organismos.¹¹

Já a qualidade química é aferida pela própria identificação do componente na água, por meio de métodos laboratoriais específicos. Tais componentes químicos não devem estar presentes na água acima de concentrações específicas determinadas com o auxílio de estudos epidemiológicos e toxicológicos.¹¹ Dois importantes grupos de substâncias químicas, cada qual com origens e efeitos sobre a saúde humana, são as substâncias químicas inorgânicas, como os metais pesados, e orgânicas, como os solventes.

Para a potabilidade de água os parâmetros seguem a Portaria GM/MS nº 888 do Ministério da Saúde, de 04 de maio de 2021.¹³ Os parâmetros de potabilidade de água são: condutividade, sólidos totais dissolvidos, pH, turbidez, cor aparente, gosto

e odor, cloro residual livre, alcalinidade, cloreto, nitrogênio nitrito, alumínio, amônia, ferro, manganês, fluoreto e dureza.

3.5 Parâmetros microbiológicos

A contaminação microbiológica é uma das principais preocupações da qualidade da água. Muitos tipos de microrganismos estão naturalmente presentes na água. Muitas doenças perigosas transmitidas pela água são causadas por bactérias, por exemplo, disenteria bacilar, cólera, febre tifoide e paratifoide.¹⁴

Quando a água mineral é engarrafada para consumo humano ela é considerada um alimento e, como tal, é fiscalizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso de suas atribuições, estabelece através da Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019, as listas de parâmetros microbiológicos para alimentos prontos para oferta ao consumidor.¹⁵ No Anexo I da IN nº 60/2019, os parâmetros microbiológicos de análise para águas envasadas exigidos são: coliformes totais, *Escherichia coli*, *Enterococcus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens*.

Bactérias coliformes totais, bactérias coliformes termotolerantes e *E. coli* são bactérias do gênero *Enterobacteriaceae* e são consideradas indicadores de água contaminados com matéria fecal. A água contaminada pode conter outros patógenos que são mais difíceis de testar, portanto, essas bactérias indicadoras são úteis para medir os níveis de contaminação.¹⁰

Os coliformes totais são bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativos que fermentam lactose com produção de gás a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas. Estes coliformes fazem parte da microbiota residente do trato gastrointestinal do homem e de alguns animais. A presença de coliformes totais não é uma indicação útil de contaminação fecal, pois este grupo inclui diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas como *Serratia* e *Aeromonas*. No entanto, sua presença e número são indicativos da qualidade higiênico-sanitária de um produto e sua proliferação pode causar diarreias e infecções urinárias.¹⁶

Os coliformes termotolerantes diferenciam-se dos coliformes totais por fermentarem lactose com produção de gás a uma temperatura de $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas. O principal representante do grupo termotolerante e o indicador mais específico

de contaminação fecal e de eventual presença de organismos patogênicos é a *Escherichia coli*. Esgoto não tratado, sistemas sépticos mal conservados, resíduos de animais de estimação não recolhidos, e animais de fazenda com acesso a corpos d'água podem causar o aparecimento de altos níveis de bactérias coliformes termotolerantes e tornar a água insalubre.¹⁰

Bactérias do gênero *Enterococcus spp.* são Gram-positivas, anaeróbios facultativos, que apresentam temperatura ótima de crescimento de 35,0°C, embora a maioria delas seja capaz de tolerar altas variações de temperatura que variam de 10°C a 45°C. Ademais, crescem em uma ampla variedade de pH (4,6 a 9,9), sendo seu crescimento ótimo em 7,5.¹⁷ Apresentam morfologia celular em formato de cocos, em pares ou em cadeias curtas. Estas bactérias são ácido-láticas e estão presentes na microbiota de mamíferos. São também isolados de várias fontes, como alimentos, solo e água.¹⁸ Uma das características deste gênero é a capacidade de adquirir diferentes determinantes genéticos que conferem resistência a variados antimicrobianos.

Pseudomonas aeruginosa é uma bactéria de origem do solo, heterotrófica, Gram-negativa em forma de bastonete. É um anaeróbio facultativo que cresce via respiração aeróbica ou respiração anaeróbica com nitrato como acceptor terminal de elétrons. Cresce bem a 37°C, mas pode sobreviver em amplas temperaturas que variam de 4 a 42°C.¹⁹ É um patógeno oportunista, ou seja, que raramente causa doenças em um sistema imunológico saudável, mas explora eventuais fraquezas do organismo para estabelecer um quadro de infecção. Essa característica, associada à sua resistência natural a muitos antibióticos e antissépticos faz desta bactéria uma importante causadora de infecções hospitalares.¹⁹

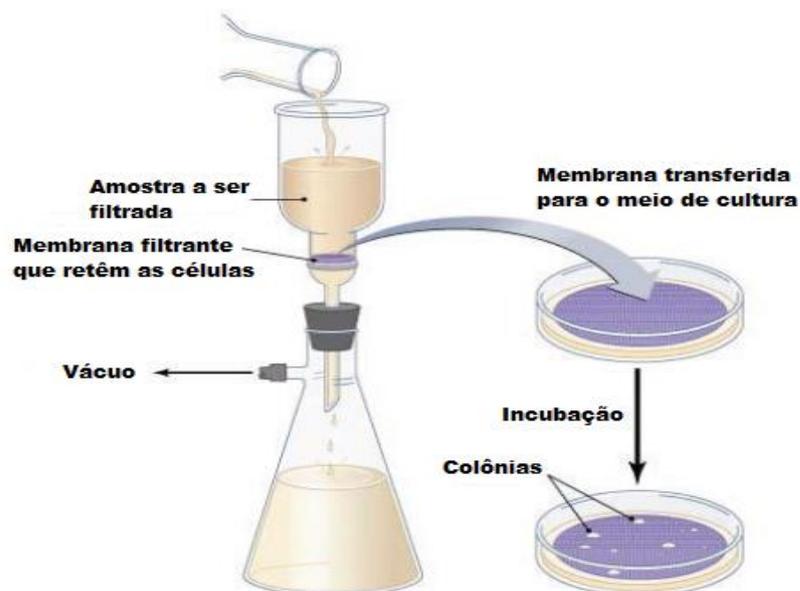
O gênero *Clostridium* compreende em um grupo de micro-organismos que são ubíquos, anaeróbios restritos, Gram-positivos e formadores de esporos. Algumas espécies são patogênicas, causando doenças chamadas de clostridioses, que são infecções e intoxicações que acometem animais e humanos devido a produção de toxinas. A temperatura ótima para crescimento é de 37 a 45°C e o pH próximo à neutralidade, cerca de 7.²⁰ Entretanto, na forma esporulada, essas bactérias podem sobreviver às extremas variações de temperatura e acidez permanecendo potencialmente infectantes no solo por longos períodos.²¹ Algumas cepas são resistentes a temperaturas de até 100°C por mais de 1 h.²²

3.5.1 Membrana filtrante

A técnica de membrana filtrante (MF) é um dos métodos indicados para a quantificação de bactérias em água, assim muito utilizada nos laboratórios para análises dos parâmetros microbiológicos. É uma técnica altamente reprodutível, mais rápida e precisa do que a técnica de tubos múltiplos.²³ A técnica MF se baseia na filtração de volumes adequados de água, em que as bactérias ficam retidas na membrana de nitrocelulose ou acetato de celulose que apresentam porosidade de $0,45 \mu\text{m}$.²⁴

Para o processo de filtração, normalmente é utilizado um aparelho que consta um funil de filtração, suporte de membrana e frasco coletor. Após a passagem da água por esta membrana, as bactérias ficam retidas por terem um tamanho superior a $0,45 \mu\text{m}$. Estas membranas então são transferidas para a placa de Petri contendo o meio de cultura, ágar, de acordo com as necessidades de crescimento do micro-organismo em questão. As placas então são levadas para uma estufa de temperatura adequada por tempos determinados. Depois de incubadas as colônias que crescem na superfície da membrana são numeradas visualmente ou por meio de contagem automatizada. A contagem é expressa em unidades formadoras de colônia, UFC/mL. Um esquema simplificado da técnica é representado pela Figura 1.

Figura 1. Ilustração do método da membrana filtrante para análise de águas.



Fonte: Adaptado de Sugrim, K. (2011)

O procedimento de filtração em membrana é limitado à análise de amostras líquidas límpidas e sem sólidos em suspensão. Sua principal vantagem é que permite a inoculação de maiores volumes da amostra, concentrando na membrana os microorganismos presentes na quantidade inoculada. Porém, a área de exposição para o desenvolvimento bacteriano é pequena, sendo necessária a diluição da amostra para que as Unidades Formadoras de Colônia (UFC) consigam ser quantificadas nos casos em que houver uma contaminação elevada.²⁵

3.6 Parâmetros físico-químicos

Todos as análises referentes aos parâmetros físico-químicos de potabilidade exigidos por lei foram realizadas durante o estágio, porém, para fins de discussão apenas pH, alcalinidade, dureza e condutividade foram discutidos neste relatório.

3.6.1 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é um dos parâmetros mais importantes da qualidade da água. É definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrônio em solução.^{26,27} Portanto, é um número adimensional que indica a força de uma solução ácida ou básica.²⁸ A água ácida contém alta concentração em íons de hidrônio (H_3O^+), e a água básica contém baixa concentração deste íon.

O pH varia de 0 a 14, um pH inferior a 7 indica acidez, enquanto que um pH superior a 7 indica uma solução básica e o pH 7 é neutro. Uma mudança de 1 unidade em uma escala de pH representa uma mudança de 10 vezes na concentração de íons hidrônio. Geralmente, a medição do pH é realizada por meio potenciometria.²³

Os pHs excessivamente altos ou baixos podem ser prejudiciais para o uso da água. Um pH alto torna o sabor amargo e diminui a eficácia da desinfecção com cloro, causando a necessidade de cloro adicional.²⁹ Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações.¹¹

3.6.2 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água indica sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em

ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para a ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica.¹¹

Os principais íons presentes na água e carregados positivamente são sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e magnésio (Mg^{2+}). Os principais íons carregados negativamente presentes na água incluem cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-).¹⁰ Todavia, os íons que contribuem majoritariamente para condutividade elétrica são os íons H_3O^+ e OH^- .

A condutividade em si é uma propriedade de menor interesse para a qualidade de água, mas é um indicador valioso da faixa de dureza, alcalinidade e teor de sólidos dissolvidos da mesma. A condutividade varia com a fonte de água: água subterrânea, água drenada de campos agrícolas, águas residuais municipais, chuva, etc. Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.¹¹ Portanto, medições de condutividade podem auxiliar na identificação de infiltração de água subterrânea ou de um vazamento de esgoto, por exemplo.

3.6.3 Alcalinidade

A concentração de íons na água que neutraliza os íons hidrônio é conhecida como alcalinidade. A alcalinidade da água é causada principalmente pela presença de íons hidróxido (OH^-), íons bicarbonato (HCO_3^-) e íons carbonato (CO_3^{2-}). Esses íons são provenientes da decomposição de minerais no solo ou na atmosfera. Podem ser obtidos também a partir da dissolução do dióxido de carbono e da decomposição microbiana da matéria orgânica.³⁰

A distribuição entre as três formas de alcalinidade na água (bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos) é função do seu pH: pH > 9,4 (hidróxidos e carbonatos); pH entre 8,3 e 9,4 (carbonatos e bicarbonatos); pH entre 4,4 e 8,3 (apenas bicarbonatos).¹¹

A alta alcalinidade confere um sabor amargo à água. Porém, a maior preocupação com a alcalinidade da água está relacionada às reações que podem ocorrer entre os ânions e certos cátions em solução. O sedimento resultante pode levar ao entupimento de tubulações da rede de abastecimento de água.

As medições de alcalinidade são geralmente realizadas na análise de águas naturais para determinar sua capacidade de tamponamento. Tais medições também são frequentemente utilizadas como variável de controle de processo no tratamento de água e esgoto, pois influenciam nos processos de limpeza.³¹

O método comumente realizado para medir a alcalinidade de uma amostra de água é a titulação e a unidade utilizada para expressar a mesma é miligramas por litro (mg/L) de CaCO_3 .³⁰ Os valores de alcalinidade podem variar de próximo de zero em áreas afetadas por chuva ácida, até menos de 20 mg/L para águas em contato com solos não-calcários, a 2000 a 4000 mg/L para águas de estações de tratamento de digestores anaeróbios.³² Contudo, a maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 .¹¹

3.6.4 Dureza

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) e, em menor escala, ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}).¹¹ A dureza é uma característica natural da água que pode melhorar sua palatabilidade e aceitação pelo consumidor.

A dureza pode ser classificada como dureza carbonato (temporária) ou dureza não carbonato (permanente), dependendo do ânion com o qual ela está associada.¹¹ A dureza temporária se deve ao teor de hidrogenocarbonatos e carbonatos de cálcio e magnésio que podem ser eliminados por meio da fervura da água. A dureza permanente se deve ao teor de sulfatos, nitratos e cloretos de cálcio e de magnésio que não são suscetíveis à fervura. A origem da dureza das águas pode ser natural (por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais). Quando há uma quantidade excessiva de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , na forma de bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-), cloretos (Cl^-) e sulfatos (SO_4^{2-}) a água se torna imprópria para consumo humano.

Águas de elevada dureza reduzem a formação de espuma, o que implica um maior consumo de sabões e xampus, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, em função da precipitação dos cátions em altas temperaturas. A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO_3). O Ministério da Saúde classifica a dureza da água em:

mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO₃; dureza moderada: entre 50 e 150 mg/L de CaCO₃; dura: entre 150 e 300 mg/L de CaCO₃;e muito dura: > 300 mg/L de CaCO₃.¹¹

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Realizar análises de amostras de água mineral envasada e água de distribuição quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de controle de qualidade determinados pela legislação.

4.2 Objetivos específicos

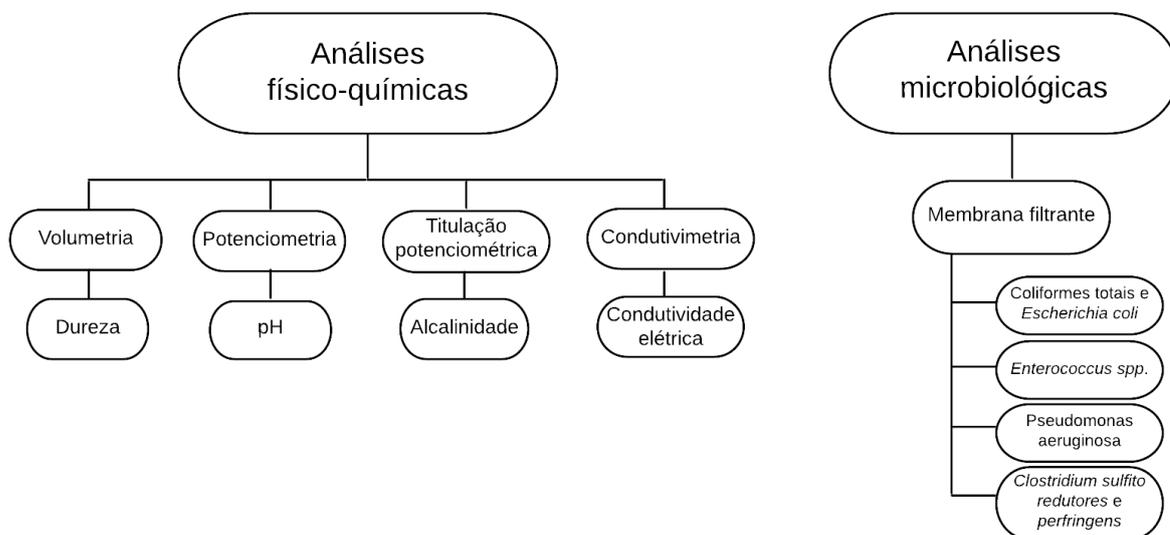
- I. Entender a rotina e o funcionamento do laboratório para análises físico-químicas e microbiológicas;
- II. Analisar os parâmetros físico-químicos — pH, condutividade elétrica, dureza total e alcalinidade total — em amostras de água de distribuição;
- III. Realizar análises microbiológicas — coliformes totais, *Escherichia coli*, *Enterococcus spp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens* e *Clostridium sulfito redutores* — em amostras de água mineral envasada;
- IV. Avaliar os resultados e comparar com a legislação vigente.

5. METODOLOGIA

Todas as análises seguiram a metodologia do "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*".²³

O Esquema 2 mostra, de maneira resumida, os parâmetros analisados que serão abordados neste relatório, especificando cada um dos métodos utilizados.

Esquema 2. Análises físico-químicas e microbiológicas abordadas neste relatório de estágio.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

5.1 Amostras

As amostras de água foram coletadas em frascos de plástico por um profissional qualificado. As análises físico-químicas e microbiológicas exigem certa preservação da amostra e apresentam um tempo limite para a realização das mesmas, como pode ser verificado na Tabela 1. No laboratório microbiológico, todos os frascos de plástico utilizados para coleta das amostras e os frascos de vidro para armazenar os meios de cultura são previamente autoclavados a 121°C por 15 minutos.

Tabela 1. Especificações de preservação e limite máximo de tempo para realização da análise.

PARÂMETRO	PRESERVAÇÃO	TEMPO MÁXIMO DE ANÁLISE
pH	-	15 minutos
Condutividade	-	28 dias
Alcalinidade	-	14 dias
Dureza	HNO ₃ ou H ₂ SO ₄	28 dias

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

5.2 Análises físico-químicas

5.2.1 pH

As análises foram realizadas utilizando um pHmetro de bancada Hanna HI5222. Para a medição, o eletrodo foi retirado da solução de repouso KCl 3M, enxaguado com água Milli-Q® e seco gentilmente com papel macio absorvente. O processo inverso foi feito após a análise da amostra.

Após a calibração do pHmetro, uma porção de amostra e um agitador magnético foram transferidos para um béquer. Em seguida, o eletrodo de pH e a sensor de temperatura foram imergidos na amostra em uma profundidade adequada. O sistema foi mantido sob agitação lenta. Quando o pH se tornou estável foi anotado o respectivo valor. A medição foi confirmada repetindo as etapas acima com volumes sucessivos de amostra até que as leituras diferiram menos que 0,1 unidade.

5.2.2 Condutividade elétrica

A análise de condutividade foi realizada utilizando o equipamento Hanna HI5321-02. Para as medições de condutividade, a sonda foi enxaguada com água Milli-Q® e seca gentilmente com papel macio absorvente.

Utilizou-se uma proveta a qual foi enxaguada com uma pequena porção da amostra. Em seguida, transferiu-se uma quantidade maior de amostra para a proveta para a realização da leitura de condutividade. Assim, a sonda foi inserida na amostra até que a marca anelar preta ficasse submersa. Aguardou-se a estabilização do valor para anotação no caderno. A amostra foi analisada em temperatura ambiente.

Posteriormente, a sonda foi retirada da amostra, enxaguada com água Milli-Q® e secada com papel macio.

5.2.3 Alcalinidade total

Depois que o potenciômetro devidamente calibrado, montou-se um sistema de modo que o béquer ficasse sobre o agitador magnético e com o eletrodo de pH posicionado e imerso na solução a ser analisada.

Com o auxílio de uma proveta, 100 mL de amostra foi transferida para o béquer. Uma barra de agitação foi adicionada ao mesmo. O agitador magnético foi ligado e a

bureta digital foi zerada para que se iniciasse a titulação com o titulante padrão ácido sulfúrico H_2SO_4 0,02 N até pH 4,5. O volume gasto V_1 foi anotado. A titulação procedeu-se até que o pH reduziu 0,30 unidade, ou seja, pH 4,2. O volume V_2 foi então anotado. Ao final do procedimento, a amostra foi descartada em um recipiente apropriado. O eletrodo, a proveta e o béquer foram enxaguados com água Milli-Q®. A alcalinidade foi expressa em mg/L de CaCO_3 de acordo com as Equações 1 e 2.

Para alcalinidade total até 20 mg/L de CaCO_3 :

$$\text{Alcalinidade total (mg/L CaCO}_3) = \frac{(2V_1 - V_2) \times N \times 50000}{V_a}$$

Equação 1

Para alcalinidade total maior que 20 mg/L de CaCO_3 :

$$\text{Alcalinidade total (mg/L CaCO}_3) = \frac{V_t \times N \times 50000}{V_a}$$

Equação 2

onde: V_1 e V_t = volume gasto do titulante até pH 4,5;

V_2 = volume gasto do titulante até pH 0,30 menor;

V_a = volume da amostra;

N = concentração do titulante, em normalidade.

5.2.4 Dureza total

Com o auxílio de uma proveta, mediu-se 25 mL de amostra e completou-se até a marca de 50 mL com água Milli-Q®. A solução da amostra foi transferida para um Erlenmeyer e 2,0 mL de solução tampão de amônia foram adicionados na capela. Após homogeneização, adicionou-se 2 gotas do indicador negro eriocromo T. Com uma bureta digital a titulação foi realizada utilizando titulante padrão EDTA 0,01 mol/L. O ponto final da titulação foi observado através da mudança de coloração da solução de róseo-avermelhado para azul. A dureza total na amostra, expressa em mg/L de CaCO_3 , foi calculada pela Equação 3.

$$\text{Dureza total (mg/L CaCO}_3) = \frac{A}{V_a} \times 1000$$

Equação 3

onde: A = volume gasto do titulante na titulação da amostra;

V_a = volume de amostra titulado.

5.3 Análises microbiológicas

A assepsia da bancada foi realizada com álcool 70% antes de todos os procedimentos. Utilizou-se todos os equipamentos de proteção individual (EPI's) obrigatórios e o bico de Bunsen foi mantido aceso durante as análises.

Quanto aos meios de cultura utilizados, alguns foram preparados no laboratório em placas de Petri e outros foram obtidos comercialmente prontos para uso. Os meios de cultura, mantidos refrigerados, foram retirados da geladeira para atingir a temperatura ambiente antes de iniciar o procedimento. Todas as placas de Petri contendo os meios de cultura foram identificadas com o número da amostra e o número da análise microbiológica correspondentes.

Com o auxílio de uma pinça previamente flambada e resfriada, a membrana de nitrato de celulose — diâmetro de 47 mm, poros de 45 μm — foi colocada no centro do suporte de filtração (Figura 2). Durante toda a análise foi imprescindível o cuidado para que a membrana não entrasse em contato com nenhum objeto além da pinça para assim evitar contaminação.

Figura 2. Fotografia do suporte de filtração utilizado nas análises microbiológicas.



Fonte: do próprio autor.

A amostra utilizada para a análise microbiológica foi água mineral envasada (produto acabado). A amostra foi homogeneizada e o volume adequado foi transferido para o funil de filtração que foi fechado em seguida. A bomba de filtração a vácuo foi ligada, e depois de toda a amostra ser filtrada, a membrana foi retirada e colocada cuidadosamente em contato com o meio de cultura correspondente para que não houvesse formação de bolhas de ar. A placa foi incubada de maneira invertida na

estufa de temperatura referente. Após o tempo necessário de incubação, fez-se a contagem de colônias características do micro-organismo, e então, ensaios de confirmação foram realizados.

A incubação varia de acordo com a bactéria analisada, assim como a leitura do resultado obtido, que é expresso como UFC/mL. É importante destacar que a incubação das placas de *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens* se difere das demais já que essas são mantidas em uma jarra de anaerobiose com a presença de um gerador de atmosfera específico e um indicador de anaerobiose, que são então mantidos na estufa por tempo determinado.

Após o término de cada análise foi borrifado álcool 70% no funil de filtração e colocado no micro-ondas doméstico por 2 minutos. O suporte foi flambado com bico de Bunsen até estar completamente seco e o sistema foi montado para a próxima análise.

O mesmo procedimento foi repetido para todos os parâmetros microbiológicos, mas com as especificações referentes a cada bactéria analisada, como pode ser verificado na Tabela 2.

Tabela 2. Especificações para cada micro-organismo analisado.

Micro-organismo	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococcus spp.</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Clostridium sulfitos redutores</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
Meio de cultura	Ágar m-Endo	Ágar m-Endo	Ágar m-Enterococcus	Ágar m-PAC	Ágar m-CP	Ágar m-CP
Volume de amostra (mL)	250	250	250	250	50	50
Temperatura estufa (°C)	35,5	35,5	35,5	41,5	41,5	41,5
Tempo de incubação (h)	24	24	48	72	48	48
Cor da colônia	Vermelha com brilho metálico dourado	-	Vermelha	Preta	Roxa	Amarela
Confirmação	CLT e CVB	Caldo EC-MUG e Luz UV	Caldo MTS e Ágar Bile Esculina	Ágar cetrimide	-	Vapor de NH ₄ OH
Limite Microbiológico	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

5.4 Tratamento de resíduos

Todos os procedimentos operacionais realizados foram feitos seguindo os princípios das boas práticas de laboratório (BPL). Os resíduos químicos provenientes das análises físico-químicas foram descartados em barris de plástico que foram coletados por uma empresa especializada no tratamento e descarte adequado desses resíduos.

As placas de Petri utilizadas e qualquer outro resíduo sólido contaminado proveniente das análises microbiológicas foram deixados no congelador até o momento da coleta. Então, foram transferidas para barris de plástico que foram coletados por uma empresa terceirizada que faz a incineração destes resíduos. Os tubos de ensaio com o resíduo líquido contaminado provenientes das análises de confirmação foram autoclavados por 30 minutos a 121°C e então descartados na pia. O volume que sobrou das amostras de água mineral e de distribuição analisadas foram descartadas diretamente na pia.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Análises físico-químicas da água de distribuição

6.1.1 pH

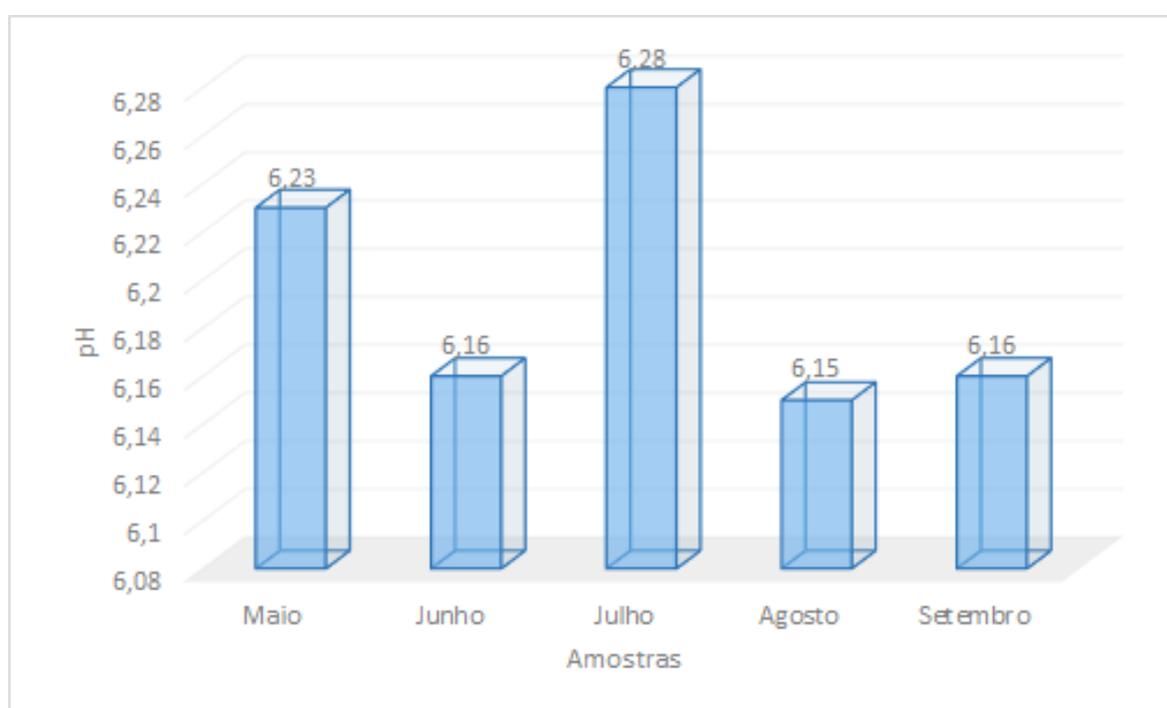
O pH é um parâmetro físico-químico importante no controle de qualidade de águas de abastecimento, podendo ser utilizado para avaliar a qualidade do tratamento realizado, pois influencia em variados equilíbrios químicos naturais ou em processos unitários de tratamento. Águas com pH ácido, podem causar corrosão no sistema de distribuição e nas tubulações das casas, do contrário águas mais alcalinas formam incrustações. Ainda assim, um valor de pH dentro dos limites desejáveis (6,5 a 8,5) contribui para uma maior estabilidade do cloro na água de abastecimento.³³

O pH foi medido pelo método potenciométrico com pHmetro de bancada. O equipamento funciona com um eletrodo que gera um potencial quando é submerso na amostra. A intensidade deste potencial é medida e convertida em uma escala de pH. O pHmetro é calibrado regularmente para garantir resultados precisos. Além disso, o eletrodo é hidratado em uma solução de KCl 3M. O armazenamento inadequado, deixando a superfície da membrana de vidro do eletrodo secar, leva ao erro de

hidratação. Assim perde-se sensibilidade ao pH, acarretando desvios nos valores lidos e tempos de resposta mais longos.²

De acordo com a legislação, o VMP do pH da água para consumo humano deve estar dentro da faixa de 6,0 a 9,5. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos na análise e é possível observar que todas as amostras da empresa 1, analisadas ao longo dos meses, estão em conformidade com a faixa do pH indicado na legislação vigente. Obteve-se, todavia, uma média de 6,20 entre as amostras.

Figura 3. Valores de pH das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

6.1.2 Condutividade elétrica

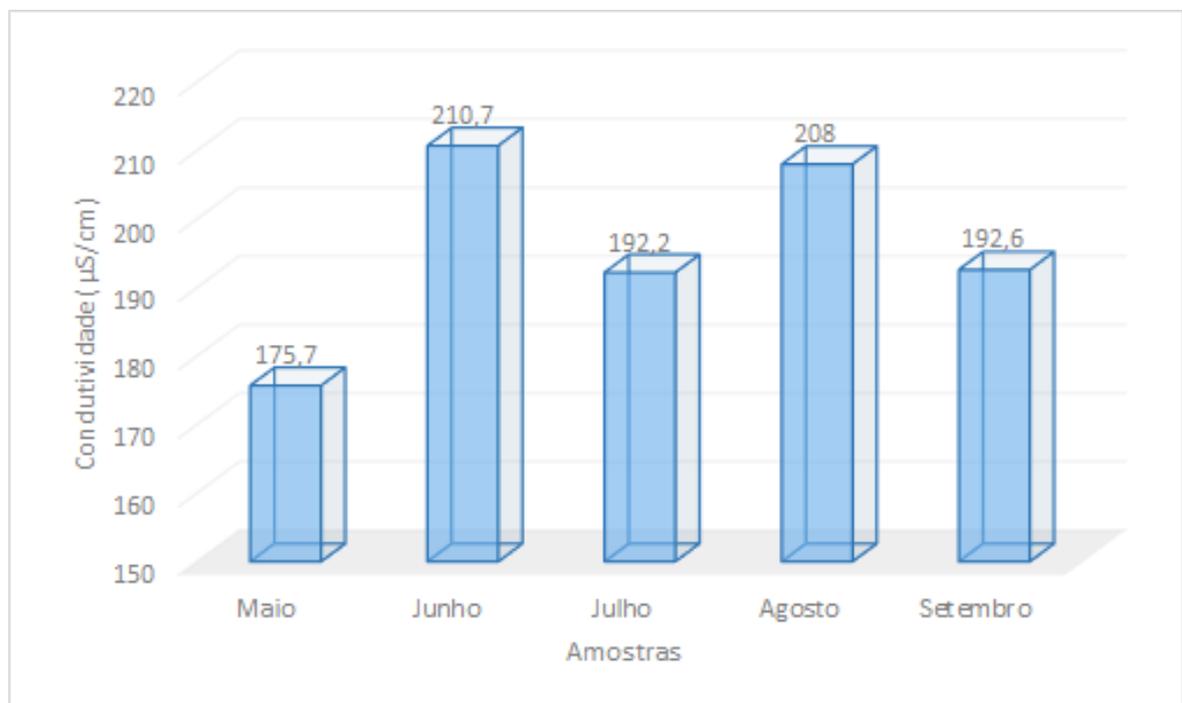
A água pura em si é má condutora de eletricidade, porém a dissolução de eletrólitos na água aumenta a sua condutividade, altos valores podem indicar características corrosivas da água. A condutividade representa uma medida indireta da concentração de poluentes, em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.³⁴

A condutividade foi analisada por um condutímetro de bancada cuja sonda é colocada no líquido a ser medido, o medidor aplica uma tensão entre dois eletrodos,

dentro da sonda. A resistência elétrica da solução causa uma queda na voltagem, que então pode ser lida pelo equipamento.

O valor máximo de condutividade não está referenciado no Anexo XI da Portaria do Ministério da Saúde Nº 888/2021. Contudo, a condutividade elétrica das águas resultou em uma média de 195,84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a temperatura de 25°C. Os valores de condutividade elétrica obtidos ao decorrer dos meses podem ser verificados na Figura 4. Valores mais elevados podem estar associados à etapa de tratamento da água, denominada de coagulação, onde são adicionados sais que incitam as partículas de sujeira a se agregarem.

Figura 4. Valores de condutividade elétrica das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

6.1.3 Alcalinidade total

A alcalinidade é definida como a capacidade da água natural de reagir com íons H_3O^+ para atingir pH 4,5, que é o segundo ponto de equivalência na titulação de carbonato (CO_3^{2-}) com H_3O^+ .²⁴ Para uma boa aproximação, a alcalinidade é determinada por OH^- , CO_3^{2-} , e HCO_3^- :

$$\text{Alcalinidade total} \approx [\text{OH}^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \quad \text{Equação 4}$$

Assim sendo, a alcalinidade indica quanto ácido a solução pode absorver sem alterar o pH, ou seja, a capacidade de tamponamento de uma solução, pois os íons presentes na água irão neutralizar o ácido. A alcalinidade é um parâmetro que é monitorado de perto em todo o processo de tratamento de água potável, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados.

Em concentrações moderadas na água de consumo humano, a alcalinidade total não tem nenhum significado sanitário. Contudo, em níveis elevados, pode trazer sabor desagradável. A água moderadamente alcalina (menos de 350 mg/L), em combinação com a dureza, forma uma camada de carbonato de cálcio ou magnésio que tende a inibir a corrosão das tubulações metálicas. Serviços públicos de água empregam essa prática para reduzir a corrosão da tubulação e aumentar a vida útil do sistema de distribuição e, também, para evitar a violação da regra de valor máximo permitido de chumbo e cobre.³⁵ A alta alcalinidade (acima de 500 mg/L) está geralmente associada a valores de pH elevados, dureza e alto valores de sólidos dissolvidos, e têm efeitos adversos em sistemas de canalização, especialmente em sistemas de água quente (aquecedores de água, caldeiras, trocadores de calor, etc.) onde reduz a transferência de calor para a água, resultando em maior consumo de energia e aumento de custos.³⁵

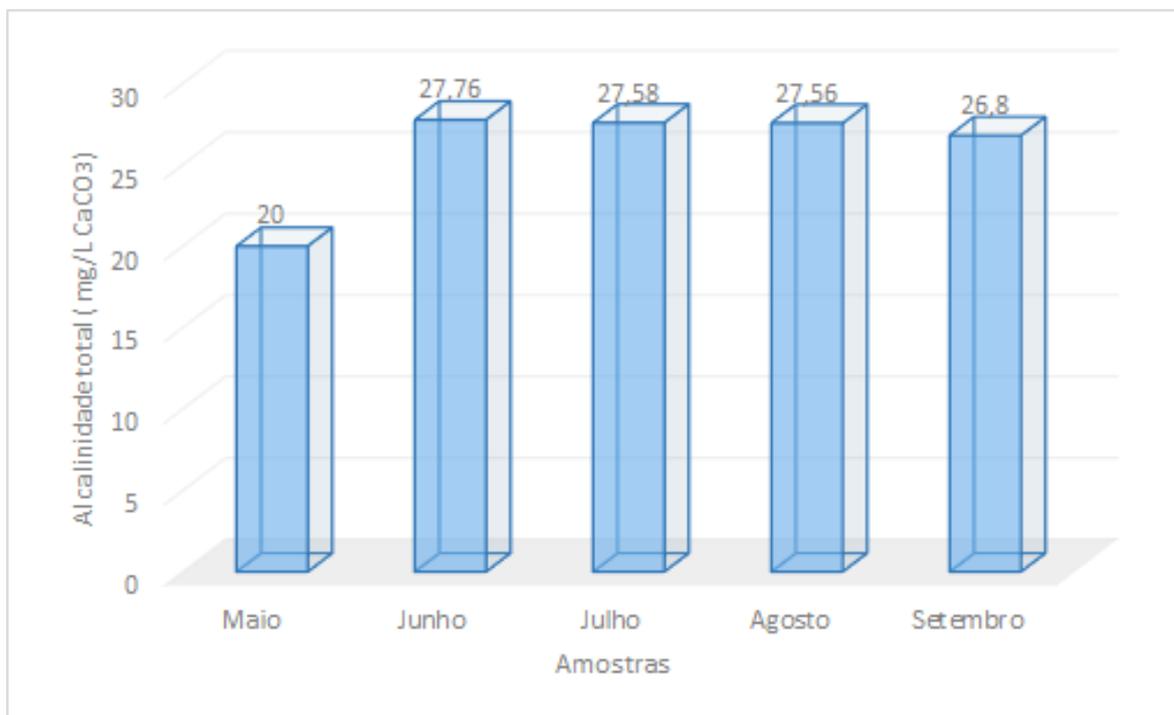
O método utilizado para medir a alcalinidade foi a titulação potenciométrica. O titulante é um ácido de força conhecida, neste caso H_2SO_4 0,02 N, é adicionado à amostra de água em pequenas quantidades até que as três principais formas de alcalinidade (bicarbonato, carbonato e hidróxido) sejam convertidas em ácido carbônico. No pH 10, o hidróxido presente reage para formar água. No pH 8,3, o carbonato é convertido em bicarbonato. No pH 4,5, todo carbonato e bicarbonato são convertidos em ácido carbônico. Abaixo deste pH, a água é incapaz de neutralizar o ácido sulfúrico e existe uma relação linear entre a quantidade de ácido sulfúrico adicionada à amostra e a mudança no pH da amostra. Assim, ácido sulfúrico em excesso é adicionado à amostra para reduzir o pH de 4,5 em exatamente 0,3 unidades de pH (o que corresponde a uma duplicação exata do pH) para um pH de 4,2. No entanto, o pH exato em que a conversão dessas bases pode ter ocorrido, ou alcalinidade total, ainda é desconhecido. Este procedimento usa uma equação derivada da inclinação da reta para extrapolar de volta para a quantidade de ácido

sulfúrico que foi adicionada para realmente converter todas as bases em ácido carbônico.

A Figura 5 mostra os resultados obtidos para a alcalinidade total nas amostras de água de distribuição da empresa 1 entre os meses de maio e setembro de 2022. A alcalinidade da água de distribuição da empresa 1, observa-se que no mês de maio apresentou diferença se comparada aos outros meses, provavelmente por falta de sais alcalinos que impossibilitou à neutralização dos ácidos e consequentemente a água apresentou-se mais ácida. Condições climáticas próximas a coleta podem estar associadas à esta alteração.

Obeve-se uma média de concentração de 25,94 mg/L de CaCO_3 entre as amostras analisadas, demonstrando baixa alcalinidade e capacidade de tamponamento das mesmas. Entretanto, todos os valores correspondem a uma concentração ideal para água de abastecimento e obedecem a legislação vigente.

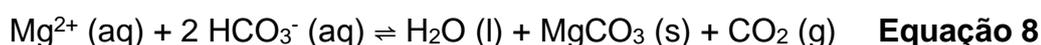
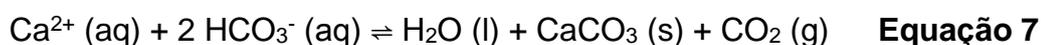
Figura 5. Valores de alcalinidade total das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

6.1.4 Dureza total

A determinação da dureza é uma análise útil que fornece uma medida da qualidade da água para uso doméstico e industrial. A dureza total é expressa em termos da concentração de carbonato de cálcio que é equivalente à soma da concentração dos íons cálcio e magnésio na amostra. O teste é importante para a indústria porque a água dura, ao ser aquecida, precipita carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, que entopem caldeiras e tubulações. Ao aumentar a temperatura, o dióxido de carbono é removido. Assim, seguindo o princípio de *Le Chatelier* o equilíbrio da reação desloca-se para a direita gerando um precipitado insolúvel. O equilíbrio das reações mencionadas corresponde às Equações 7 e 8.



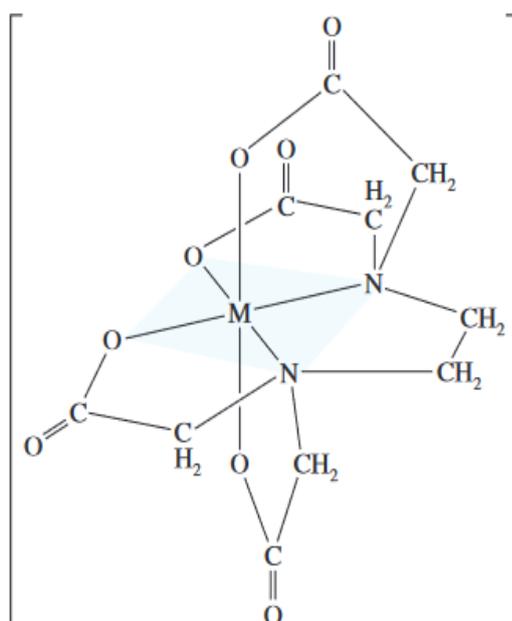
Para a determinação da dureza total das amostras de água de distribuição fez-se uma titulação complexométrica com EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) após a amostra ter sido tamponada a pH 10, garantindo assim a desprotonação do EDTA. O negro de eriocromo T ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{SNa}$) é um indicador metalocrômico usado em titulações complexométricas, esses são agentes complexantes fracos, ou seja, formam complexos de baixa estabilidade. Esse indicador é característico pela sua cor azul em soluções puras, no entanto, numa água dura com pH próximo de 10, vai combinar com cátions metálicos bivalentes — cálcio e magnésio, principalmente — formando um complexo fraco de coloração róseo-avermelhada.

Depois que se inicia a titulação com EDTA, ocorre o deslocamento do metal complexado com o indicador para se coordenar ao ligante titulante. Quando todo complexo instável metal-indicador foi decomposto e o metal se coordena ao ligante titulante, o ponto final da titulação é observado pela mudança de cor para azul. Isso ocorre porque o EDTA é um agente quelante mais forte que o indicador e complexa-se com os cátions deixando o indicador livre em solução.

Os íons metálicos apresentam a tendência a se coordenarem a ligantes, assim pares de elétrons livres do ligante ocupam os orbitais vazios dos metais. Quando um ligante contém dois ou mais átomos doadores de elétrons, ele é denominado como um ligante polidentado, e este se coordena ao metal por mais de um sítio formando

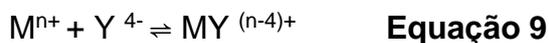
uma estrutura que recebe o nome quelato. O EDTA é um ligante hexadentado, possuindo seis sítios potenciais para a ligação com íons metálicos: dois grupos aminos e quatro grupos carboxílicos.³ O EDTA forma quelatos com muitos cátions e todos são suficientemente estáveis para titulações. Essa grande estabilidade é resultante dos vários sítios de complexação dentro da molécula que dão origem a uma estrutura semelhante a uma gaiola na qual o cátion é efetivamente cercado e isolado de moléculas do solvente.⁴ A estrutura heterocíclica do complexo metal/EDTA é mostrada na Figura 6.

Figura 6. Estrutura de um complexo metal/EDTA.



Fonte: Fundamentos de química analítica. (2014)

Em geral, a reação do ânion EDTA (Y^{4-}) com o íon metálico M^{n+} é descrita como na Equação 9.



Na Tabela 3 é possível verificar as constantes de formação para os complexos de EDTA. O magnésio tem uma constante de formação menor que o cálcio, assim forma o complexo com EDTA menos estável. Consequentemente, o magnésio não é titulado até que uma quantidade suficiente de reagente tenha sido adicionada para complexar com os outros cátions da amostra.

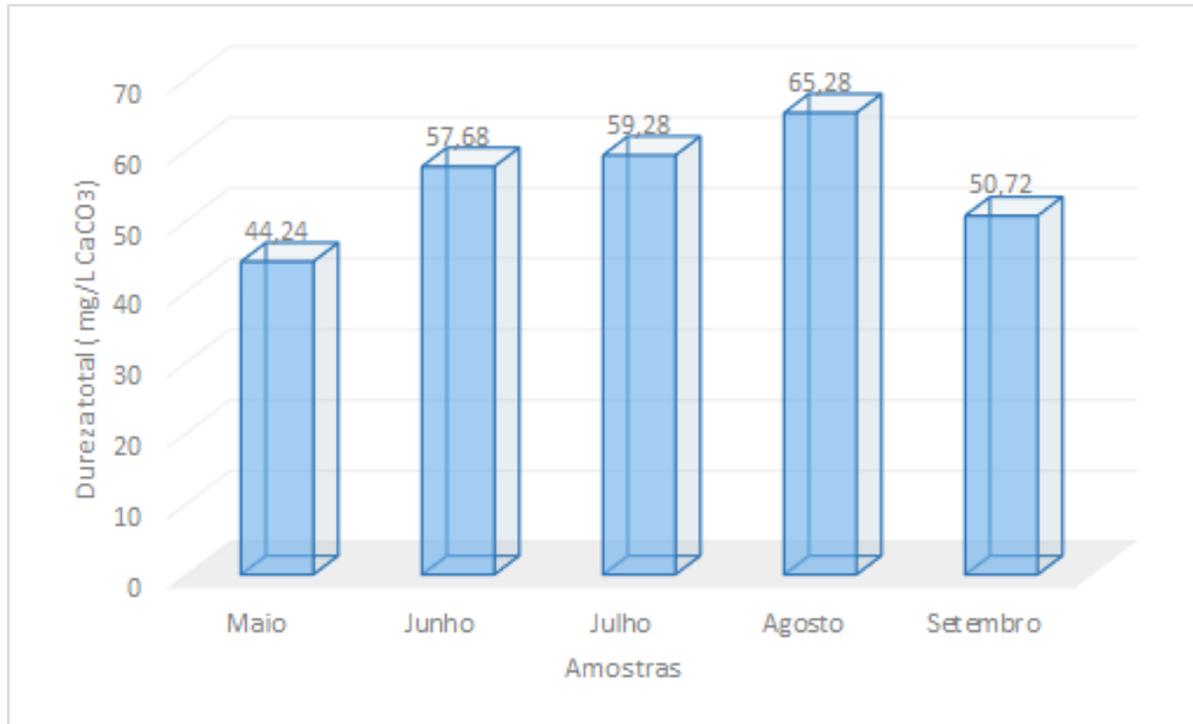
Tabela 3. Constantes formação para os complexos de EDTA, válidas para 20°C e força iônica de 0,1.

Cation	K_{MY}^*	$\log K_{MY}$	Cation	K_{MY}	$\log K_{MY}$
Ag ⁺	2.1×10^7	7.32	Cu ²⁺	6.3×10^{18}	18.80
Mg ²⁺	4.9×10^8	8.69	Zn ²⁺	3.2×10^{16}	16.50
Ca ²⁺	5.0×10^{10}	10.70	Cd ²⁺	2.9×10^{16}	16.46
Sr ²⁺	4.3×10^8	8.63	Hg ²⁺	6.3×10^{21}	21.80
Ba ²⁺	5.8×10^7	7.76	Pb ²⁺	1.1×10^{18}	18.04
Mn ²⁺	6.2×10^{13}	13.79	Al ³⁺	1.3×10^{16}	16.13
Fe ²⁺	2.1×10^{14}	14.33	Fe ³⁺	1.3×10^{25}	25.1
Co ²⁺	2.0×10^{16}	16.31	V ³⁺	7.9×10^{25}	25.9
Ni ²⁺	4.2×10^{18}	18.62	Th ⁴⁺	1.6×10^{23}	23.2

Fonte: Schwarzenbach G., Complexometric Titrations. (1957)

Segundo o Anexo XI da Portaria GM/MS Nº 888, do Ministério da Saúde, de 04 de maio de 2021, o valor máximo permitido (VMP) para a dureza total é de 300 mg/L de CaCO₃ para águas de abastecimento. A Figura 7 mostra os resultados obtidos para a dureza total nas amostras de água de distribuição da empresa 1 entre os meses de maio e setembro de 2022. Com exceção da amostra do mês de maio que é classificada como branda (concentração <50 mg/L de CaCO₃), segundo o Ministério da Saúde, todas as outras amostras são consideradas de dureza moderada. Ainda assim, todas as amostras estão significativamente abaixo do VMP para dureza total da água e atendem a legislação vigente. Obteve-se uma média de 55,44 mg/L de CaCO₃ entre as amostras analisadas.

Figura 7. Valores de dureza total das amostras de água de distribuição da empresa 1 analisadas entre os meses de maio e setembro de 2022.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

6.2 Análises microbiológicas da água mineral envasada

6.2.1 Coliformes totais e *Escherichia coli*

A água potável não deve conter micro-organismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Os indicadores de contaminação fecal, tradicionalmente aceitos, pertencem a um grupo de bactérias denominadas coliformes.

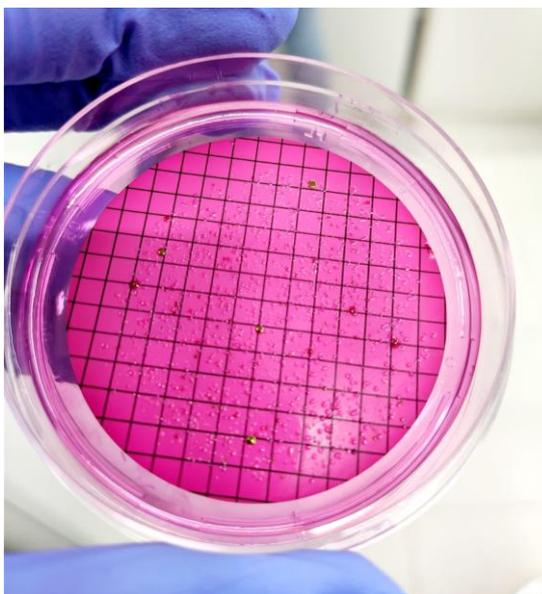
A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores: estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos; sua presença na água possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal; são facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis; e possuem maior tempo de vida na água que as bactérias patogênicas intestinais.¹⁴

A *E. coli* é uma bactéria do grupo de coliformes e é considerada o indicador mais específico de contaminação fecal e de eventual presença de organismos

patogênicos.³⁶ Sua determinação está diretamente relacionada à determinação de coliformes totais.

A determinação de coliformes na água mineral envasada da empresa 2 foi realizada pela técnica de membrana filtrante, através da contagem de colônias em placas utilizando o ágar m-ENDO como meio de cultura. O crescimento de bactérias coliformes é promovido pela seleção de bases com variados nutrientes. A flora acompanhante é inibida por lauril sulfato e desoxicolato. As colônias lactose-positivas são de cor vermelha devido à liberação de fucsina do composto fucsina-sulfito.³⁷ As colônias de *E. coli* tem um brilho metálico. Após a incubação, todas as colônias vermelhas no filtro com a característica de brilho metálico dourado são contadas indicando presença de coliformes na amostra, conforme exibido na Figura 8.

Figura 8. Colônias características de coliformes totais em meio ágar m-Endo.



Fonte: do próprio autor.

Como foram observadas as colônias características no meio de cultura m-Endo, transferiu-se algumas colônias para o meio de enriquecimento caldo lauril triptose que foi incubado na estufa de 35,5°C por 24 h. A alta qualidade dos nutrientes e a presença de tampão de fosfato neste meio garantem o rápido crescimento e aumento da produção de gás, até mesmo, de bactérias coliformes de lenta fermentação de lactose. A formação de gás pode ser observada usando tubos Durham invertidos. O lauril sulfato inibe amplamente o crescimento de bactérias indesejáveis.³⁸

Como é possível verificar na Figura 9 não houve formação de gás, ou seja, o teste resultou em negativo para coliformes, portanto, negativo para *E. Coli* também.

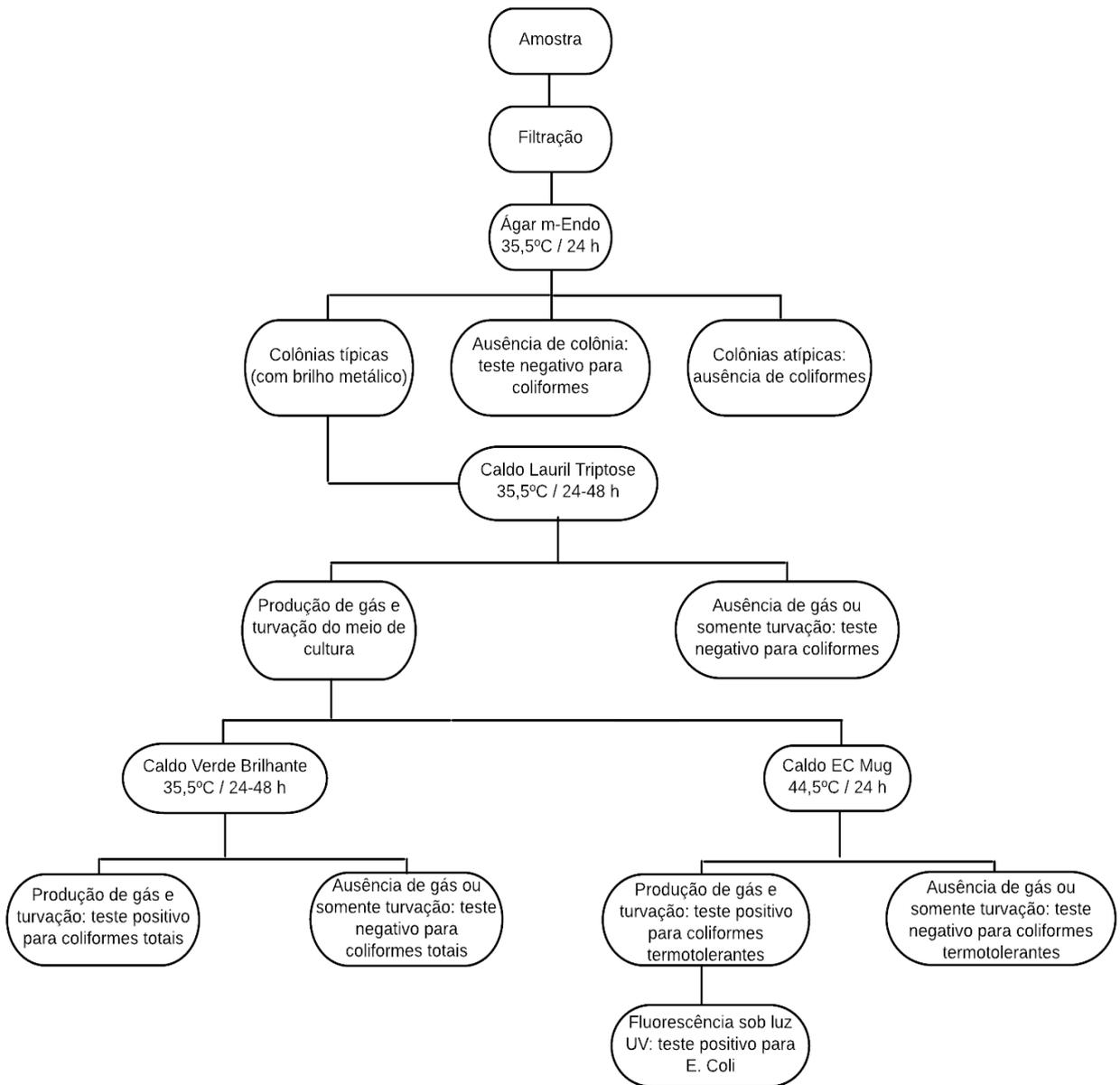
Assim sendo, a água mineral envasada analisada da empresa 2 apresentou ausência para coliformes totais em 250 mL de amostra e ausência para *Escherichia coli* em 250 mL de amostra. A água mineral envasada analisada segue a legislação vigente que exige a ausência de coliformes totais e *E. Coli* para água comercial.¹⁵

Figura 9. Caldo Lauril Triptose após incubação.



Fonte: do próprio autor.

O Esquema 3 demonstra de maneira resumida as etapas seguidas e a interpretação dos resultados para coliformes totais, termotolerantes e *E. Coli*.

Esquema 3. Fluxograma de análise e avaliação dos resultados de coliformes.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

6.2.2 *Enterococcus spp.*

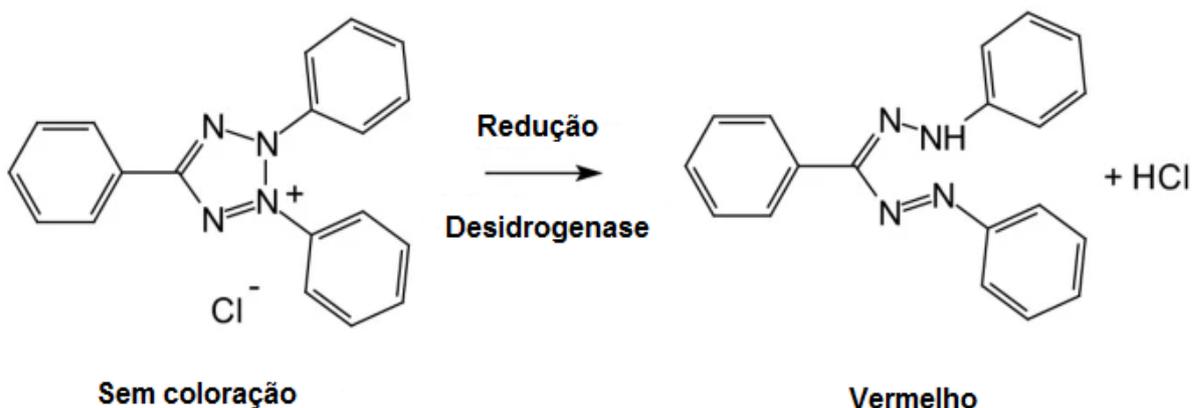
Enterococcus spp. são bactérias isoladas de plantas, solo, água e alimentos, predominando na microbiota do trato gastrointestinal de humanos e outros mamíferos. O gênero vem se destacando como agente etiológico de infecções em humanos que está associada não só à presença de resistência intrínseca e adquirida a uma ampla gama de antimicrobianos, bem como à presença de determinantes de virulência.³⁹ A

transmissão de infecções causadas por essas bactérias pode ser de origem endógena, alimentar ou através da água.

Essas bactérias apresentam algumas vantagens em relação a outros indicadores de contaminação fecal, como a habilidade de sobreviver por mais tempo na água e em ambientes com maior salinidade e a maior resistência à dessecação e ao cloro.⁴⁰ Para águas minerais e naturais engarrafadas, essas bactérias são adotadas como critério de qualidade na União Européia e também no Brasil.

Com a técnica da membrana filtrante, a quantificação é feita pelo método de contagem em placas, utilizando o m-Enterococcus como meio de cultivo. É uma formulação rica em peptona que fornece nitrogênio, minerais e aminoácidos. O extrato de levedura é a fonte de vitamina, a dextrose fornece carbono. O fosfato dipotássico atua como um tampão para o meio. A azida sódica é o agente seletivo para suprimir o crescimento de organismos Gram-negativos. O ágar é o agente solidificante. O TTC é o corante utilizado como indicador de crescimento bacteriano.⁴⁰ As atividades de desidrogenase de microorganismos vivos reduzem os indicadores redox, como o incolor TTC, ao insolúvel formazan no interior da célula bacteriana, resultando na produção de colônias vermelhas.⁴¹ A reação simplificada do TTC à formazan é mostrada na Figura 10.

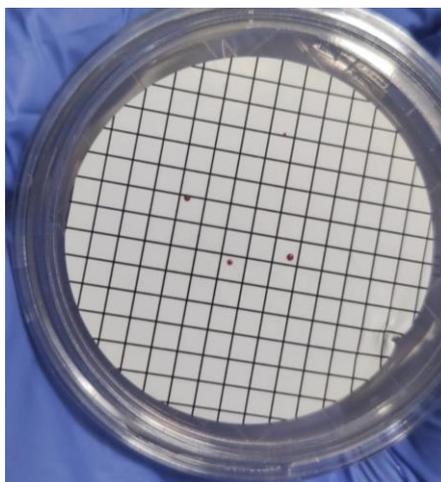
Figura 10. Redução do cloreto de trifetil tetrazólio para formazan.



Fonte: Adaptado de Opwis K. e colaboradores. (2012)

Na análise realizada, a amostra de água mineral envasada da empresa 2 apresentou colônias vermelhas no meio de cultivo, sinalizando um positivo presuntivo, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11. Colônias características de *Enterococcus spp.* em ágar m-Enterococcus.

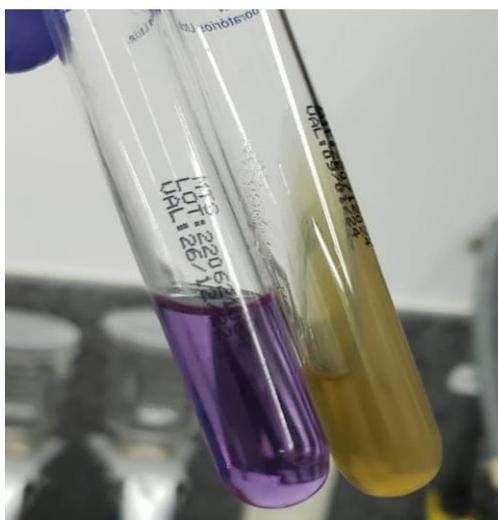


Fonte: do próprio autor.

Após a verificação das colônias de cor vermelha, o teste de confirmação foi realizado utilizando os meios de cultura caldo MTS e ágar bile-esculina. O caldo MTS – meio de tolerância ao sal – serve para verificar a capacidade da bactéria crescer em meio com NaCl a 6,5%. É um teste utilizado para diferenciar *Enterococcus spp.* de *Streptococcus spp.*, assim como o ágar bile-esculina. Um resultado positivo para *Enterococcus spp.* apresentaria a viragem do meio de cultura caldo MTS de roxo para amarelo e hidrólise da esculina em esculetina que reage com o citrato férrico formando um complexo de cor preta, garantindo a diferenciação entre os dois gêneros de bactérias.²⁵

As colônias foram transferidas para os tubos com o auxílio de uma alça de inoculação previamente flambada e resfriada. Os meios de cultura foram incubados na estufa de 35,5°C por 24 h. Conforme verificado na Figura 12 não houve alteração dos meios de cultura e, portanto, foi possível concluir a ausência de *Enterococcus spp.* em 250 mL de amostra.

Figura 12. Caldo MTS (esquerda) e ágar bile-esculina (direita) após incubação.



Fonte: do próprio autor.

A legislação vigente exige a ausência de bactérias *Enterococcus spp.* no produto a ser comercializado. Assim, o produto acabado estava de acordo com o imposto pela mesma.

6.2.3 *Pseudomonas aeruginosa*

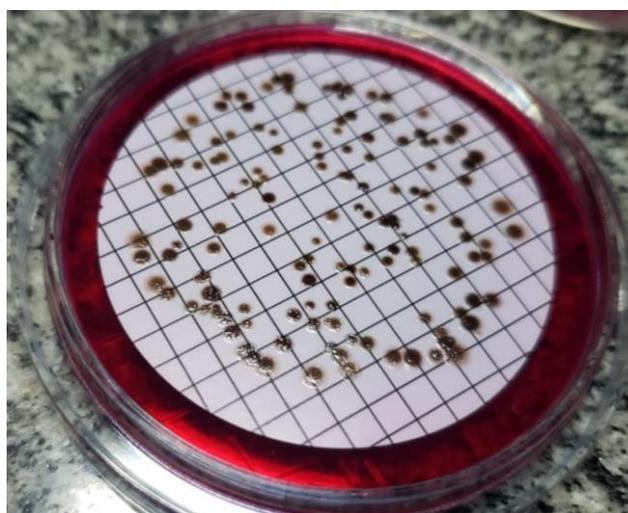
A *P. aeruginosa* está onipresente no ambiente e pode ser cultivada em uma variedade de meios. Além de ser uma das causas mais comuns de infecções hospitalares, a *P. aeruginosa* também está associada a certas infecções adquiridas na comunidade após exposições específicas (por exemplo, água, feridas por punção, uso de drogas injetáveis). As infecções por *P. aeruginosa* frequentemente adquirem um caráter de persistência (cronicidade), e as cepas sofrem uma mudança fenotípica, caracterizada pela produção de um polissacarídeo denominado alginato. Esse fenótipo bacteriano, denominado mucoide, está associado à maior dificuldade de erradicação do patógeno, suscitando uma grande resposta inflamatória e resultando em uma aceleração da perda funcional e piora do prognóstico dos pacientes.⁴²

Para a contagem das colônias de bactérias utilizou-se a técnica de membrana filtrante. A quantificação foi realizada pelo método de contagem em placas, utilizando o meio de cultura ágar m-PAC. A composição do meio favorece o desenvolvimento microbiano da *Pseudomonas aeruginosa* eliminando os interferentes. O extrato de leveduras, a lisina e os carboidratos proveem os microrganismos de nitrogênio, fonte

de energia e vitaminas para o seu metabolismo. O cloreto de sódio mantém o equilíbrio osmótico, os sais proveem de íons, o vermelho fenol é utilizado como indicador que muda para amarelo com a produção de ácido resultante da fermentação dos carboidratos, a canamicina inibe a síntese da proteína em microrganismos Gram-positivos, e o ácido nalidíxico bloqueia o crescimento de Gram-negativos.⁴³

Conforme possível verificar na Figura 13 a amostra de água mineral envasada analisada, proveniente da empresa 2, apresentou crescimento das colônias de coloração de centro preta e bordas amareladas, características da *P. aeruginosa*.

Figura 13. Colônias características de *P. aeruginosa* em ágar m-PAC.



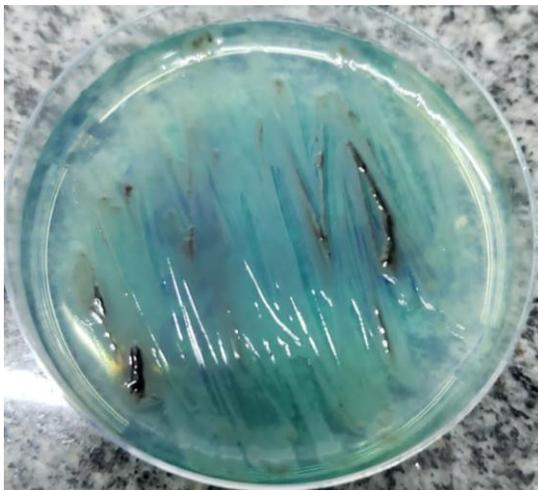
Fonte: do próprio autor.

Como consequência de um resultado presuntivo positivo de 90 UFC/250 mL, um teste de confirmação qualitativo foi realizado em ágar cetrímide, um meio mais seletivo para esta bactéria. Com o auxílio da alça de inoculação transferiu-se as bactérias para o meio de cultura que foi incubado na estufa de 35,5°C por 24 h.

A produção de pigmentos da *P. aeruginosa* não é inibida quando cultivada no ágar cetrímide. Essa bactéria possui dois pigmentos naturais úteis para sua identificação no laboratório: a piocianina (azul) e a pioverdina (amarelo esverdeado), que quando difundidas no ágar geram uma coloração verde azulada.⁴⁴

A coloração verde azulada obtida confirmou a presença da bactéria, conforme exibido na Figura 14.

Figura 14. *Pseudomonas aeruginosas* em ágar cetrimide.



Fonte: do próprio autor.

O resultado de 90 UFC em 250 mL de amostra foi confirmado, o que implica condenação frente à legislação, que exige a ausência dessa bactéria no volume de amostra analisado.

6.2.4 *Clostridium sulfito redutores e perfringens*

Os esporos de *Clostridium sulfito redutores* estão disseminados no meio ambiente. Eles estão presentes na matéria fecal humana e animal, nas águas residuais e no solo. Os esporos sobrevivem na água por longos períodos, pois são mais resistentes à ação de fatores químicos e físicos que na sua forma morfológica vegetativa. Eles podem ser um indicador de contaminação de água subterrânea e água potável. Os clostrídios redutores de sulfito reduzem o sulfito a sulfeto a 37°C em 24 horas.⁴⁵ *Clostridium perfringens* é o micro-organismo mais importante desta espécie e é frequentemente associado à contaminação fecal.

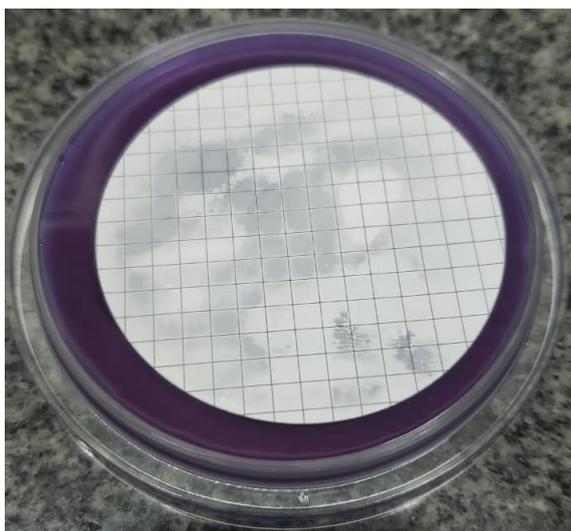
Através da técnica de membrana filtrante, a quantificação de *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens* foi realizada pelo método de contagem em placas, utilizando o ágar m-CP como meio de cultura.

A sacarose e o indoxil β -D glucosídeo presentes no ágar m-CP são os componentes que permitem a diferenciação dessa bactéria. A fermentação da sacarose é evidenciada pela coloração amarela palha das colônias, devido à viragem do indicador de pH (púrpura de bromocresol) e a hidrólise do indoxil β -D glucosídeo,

pela coloração azul das mesmas. Como *Clostridium perfringens* fermenta a sacarose, mas não fermenta a celobiose (glicose β -D glucosídeo) não hidrolisando o indoxil β -D-glucosídeo, suas colônias apresentam-se coloração amarela nesse meio.⁴⁶ Enquanto as colônias características de *Clostridium sulfito redutores* apresentam coloração roxa.

De acordo com a legislação, é obrigatório a ausência de *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens* em 50 mL de amostra analisada. Nos ensaios realizados para determinação dessas bactérias, nenhuma colônia foi observada conforme possível verificar na Figura 15. Portanto, a amostra de água mineral envasada da empresa 2 estava de acordo com a legislação para estas bactérias.

Figura 15. Ausência de *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens* em ágar m-CP.



Fonte: do próprio autor.

7. CONCLUSÕES

O principal objetivo deste trabalho foi analisar e comparar com a legislação alguns parâmetros utilizados para detectar fatores que interferem na qualidade da água. Quanto às análises físico-químicas, as amostras de água de distribuição da empresa 1 obtiveram resultados de pH dentro da faixa permitida por lei. Todavia, não foi verificado na legislação valor máximo permitido referente a condutividade elétrica nos padrões de potabilidade, não sendo possível comparar. Apesar da alcalinidade total e dureza total serem duas análises independentes, para fins de facilidade nos cálculos, ambas são expressadas em mg/L de CaCO₃, e ambas se adequaram à legislação vigente. Constatou-se também que as águas analisadas possuem um grau de dureza branda a moderada e apresentam capacidade de tamponamento baixa.

Quanto aos parâmetros de *Enterococcus spp.*, coliformes totais e *E. Coli* houve crescimento de colônias características, entretanto os ensaios confirmatórios resultaram em negativo para presença das mesmas. A respeito das bactérias *Clostridium sulfito redutores* e *Clostridium perfringens* não houve crescimento de colônias características. O crescimento bacteriano depende de particularidades individuais de cada micro-organismo e é possível que as cepas em questão não obtiveram os requisitos específicos atendidos, e portanto, não conseguiram se desenvolver. Considerando as análises microbiológicas, dentre os parâmetros monitorados, apenas a *Pseudomonas aeruginosa* apresentou resultado condenatório frente a legislação. Dessa forma, a água mineral envasada analisada da empresa 2 não atendeu aos padrões de qualidade impostos por lei.

Durante o período de estágio foi possível compreender a rotina do laboratório e os procedimentos realizados tanto nas análises microbiológicas quanto nas análises físico-químicas. Estas análises são a garantia de um controle de qualidade efetivo da água que é consumida.

8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL

O estágio na JR Hidroquímica foi uma experiência de grande importância para conclusão do curso de Química Tecnológica. No tempo que estagiei no laboratório físico-químico pude me aproximar ainda mais da química analítica e colocar em prática o conhecimento obtido durante a graduação. Enquanto no tempo que estagiei no laboratório de microbiologia foi possível adquirir novos conhecimentos e enxergar a química por uma perspectiva diferente, além de descobrir uma nova área de interesse.

Como primeiro contato com o mercado de trabalho, o estágio foi fundamental para obter conhecimento do funcionamento da rotina de um laboratório, seguindo normas, cumprindo prazos e trabalhando efetivamente em equipe. Ademais, a experiência de estagiar em um laboratório de controle de qualidade e fornecer resultados que podem impactar tanto as empresas como a população é de grande responsabilidade e garante uma experiência diferenciada para formação profissional.

9. REFERÊNCIAS

- ¹SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (BRASIL). **Química Analítica Qualitativa e Quantitativa**. [S.L], 2018. Disponível em: https://educacaoprofissional.seduc.ce.gov.br/images/material_didatico/quimica/quimica_analitica_qualitativa_e_quantitativa_2019.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.
- ²SKOOG, Douglas A.; HOLLER, F. James; CROUCH, Stanley R.. **Principles of Instrumental Analysis**. 7th. ed. Boston: Cengage Learning, 2017. 992 p. Disponível em: https://www.chemcome.com/wp-content/uploads/2020/11/Principles-of-Instrumental-Analysis-7th-edition-Skoog-by-Douglas-A.-Skoog-F.-James-Holler-Stanley-R.-Crouch-z-lib.org_.pdf. Acesso em: 27 nov. 2022.
- ³FERREIRA, Rafael de Queiroz; RIBEIRO, Josimar. **Química Analítica 2**. Vitória: Fes, Núcleo de Educação Aberta e A Distância, 2011. 106 p. Disponível em: <https://acervo.sead.ufes.br/arquivos/quimica-analitica2.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- ⁴SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, James F.. **Fundamentals of Analytical Chemistry**. 9th ed. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2013. 1072 p. Disponível em: https://www.academia.edu/43095131/Fundamentals_of_Analytical_Chemistry_9th_Edition. Acesso em: 25 out. 2022.
- ⁵SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, James F.. **Fundamentals of Analytical Chemistry**. 7th ed. [S.L.]: Harcourt Brace College Publishers, 1995.
- ⁶HARRIS, Daniel C.. **Quantitative Chemical Analysis**. 7th ed. New York: W. H. Freeman And Company, 2007. 663 p. Disponível em: https://www.academia.edu/32945832/Quantitative_Chemical_Analysis_7E_Daniel_C_Harris. Acesso em: 25 out. 2022.
- ⁷SAWYER, Donald T.; HEINEMAN, William R.; BEEBE, Janice M.. **Chemistry Experiments for Instrumental Methods**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 427 p. Disponível em: <https://archive.org/details/chemistryexperim00sawy/page/n1/mode/2up>. Acesso em: 20 out. 2022.
- ⁸GÜNDEL, André. **Estudo das Propriedades Magnéticas e Estruturais de Filmes Ultrafinos de Fe, Co e Ni/Au(111) Produzidos por Eletrodeposição**. 2002. 133 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/pes/lam/Andre-Gundel-PhD-2002.pdf>. Acesso em: 23 out. 2022.
- ⁹SERRA, Antônio A.; BARBOZA, Jayne C.S.. Análise Instrumental: condutimetria. [São Paulo], 2019. 85 slides, color. Disponível em: [https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840768/LOQ4001/Final%203a%20Aula%20\(Parte%20III\)%20S%202019%20\(Condutimetria\)%20S%202019%20-%20Arao.pdf](https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840768/LOQ4001/Final%203a%20Aula%20(Parte%20III)%20S%202019%20(Condutimetria)%20S%202019%20-%20Arao.pdf). Acesso em: 15 out. 2022.
- ¹⁰ARORA, Pooja. **Physical, Chemical and Biological Characteristics of Water (e Content Module)**. [Thanesar]: E-Pg Pathshala, 2017. 16 slides, color. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/322419790_Physical_Chemical_and_Biological_Characteristics_of_Water_e_Content_Module. Acesso em: 10 out. 2022.

¹¹MINISTÉRIO DA SAÚDE. Marcelo Libânio. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, 2006. 211 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

¹²**THREE Main Types of Water Quality Parameters Explained**. 2021. Disponível em: <https://sensorex.com/2021/09/20/three-main-types-of-water-quality-parameters-explained/>. Acesso em: 10 out. 2022.

¹³MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 14 out. 2022.

¹⁴FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (BRASIL). **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde, 2004. 146 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/analise_agua_bolso.pdf. Acesso em: 05 nov. 2022.

¹⁵MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Instrução Normativa nº 60, 23 de dezembro de 2019**. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União. Ed. 249, Seção 1, p. 133. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>. Acesso em: 14 out. 2022.

¹⁶JAWETZ, Melnick; MELNICK, Joseph L.; ADELBERG, Edward A.. **Microbiologia Médica**. 21st ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 611 p.

¹⁷FISHER, Katie; PHILLIPS, Carol. The ecology, epidemiology and virulence of Enterococcus. **Microbiology**, [S.L.], v. 155, n. 6, p. 1749-1757, 1 jun. 2009. Microbiology Society. <http://dx.doi.org/10.1099/mic.0.026385-0>.

¹⁸FRANZ, Charles M. A. P.; STILES, Michael E.; SCHLEIFER, Karl H.; HOLZAPFEL, Wilhelm H. Enterococci in foods: a conundrum for food safety. **International Journal Of Food Microbiology**, [S.L.], v. 88, n. 2-3, p. 105-122, 1 dez. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00174-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00174-0).

¹⁹DIGGLE, Stephen P.; WHITELEY, Marvin. Microbe Profile: pseudomonas aeruginosa. **Microbiology**, [S.L.], v. 166, n. 1, p. 30-33, 1 jan. 2020. Microbiology Society. <http://dx.doi.org/10.1099/mic.0.000860>.

²⁰Charles L. Hatheway. **Toxigenic Clostridia**. **Clinical Microbiology Reviews**, Atlanta, v. 3, n. 1, p. 66-98, jan. 1990. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC358141/pdf/cmr00046-0078.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

²¹TITBALL, R W. Bacterial phospholipases C. **Microbiological Reviews**, [S.L.], v. 57, n. 2, p. 347-366, jun. 1993. American Society for Microbiology.

<http://dx.doi.org/10.1128/mr.57.2.347-366.1993>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8336671/>. Acesso em: 14 nov. 2022.

²²FOOD & DRUG ADMINISTRATION (UNITED STATES). ***Clostridium perfringens***. 2001. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-16-clostridium-perfringens>. Acesso em: 14 nov. 2022.

²³ANDREW D. EATON. American Public Health Association (ed.). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. Washington: Baker & Taylor, 2005. 1274 p.

²⁴RIBAS, Sinajana Moreira. **Análise Bacteriológica de Águas de Diferentes Origens da Região Metropolitana de Curitiba Utilizando a Técnica dos Tubos múltiplos e a Técnica da Membrana Filtrante**. 1997. 32 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/36227/MONOGRAFIA%20SINAJANA%20MOREIRA%20RIBAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 out. 2022.

²⁵LABORCLIN PRODUTOS PARA LABORATÓRIOS LTDA. **M-Enterococcus Ágar**. 2018. Disponível em: https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2019/05/M_ENTEROCOCCUS_AGAR_12042019.pdf. Acesso em: 8 nov. 2022.

²⁶SPELLMAN, Frank R.. **The Drinking Water Handbook**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. 386 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328600306_The_drinking_water_handbook_third_edition. Acesso em: 14 out. 2022.

²⁷EDZWALD, James K.. **Water Quality & Treatment: a handbook on drinking water**. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2011. 1696 p.

²⁸SR., Mark J. Hammer; HAMMER JUNIOR, Mark J.. **Water and Wastewater Technology**. 7th ed. Harlow: Pearson, 2014. 462 p. Disponível em: <http://www.aeb-water.com/book/20.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

²⁹ZUANE, John De. **Handbook of Drinking Water Quality**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. 575 p. Disponível em: <http://www.amac.md/Biblioteca/data/30/14/10/51.2.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

³⁰WATER SCIENCE SCHOOL (United States). U.S. Geological Survey's (USGS). **Alkalinity and Water**. 2018. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/alkalinity-and-water>. Acesso em: 18 out. 2022.

³¹BOZORG-HADDAD, Omid. **Economical, Political, and Social Issues in Water Resources**. Karaj: Elsevier, 2021. 294 p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780323905671/economical-political-and-social-issues-in-water-resources?via=ihub=>. Acesso em: 16 out. 2022.

³²DUNNIVANT, Frank M.. **Environmental Laboratory Exercises for Instrumental Analysis and Environmental Chemistry**. [S.L.]: John Wiley & Sons, 2004. 432 p.

³³FREITAS, Valéria P.S.; BRÍGIDO, Berenice M.; BADOLATO, Maria Irene C.; ALABURDA, Janete. **Padrão Físico-químico da Água de Abastecimento Público da Região de Campinas**. Campinas: Instituto Adolfo Lutz, 2002. 58 p. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2002/ses-178/ses-178-4294.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

³⁴CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2014. 46 p. Disponível em: <file:///C:/Users/PC/Downloads/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

³⁵ILLINOIS DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH. **Commonly Found Substances in Drinking Water: and available treatment**. Springfield: Illinois Department Of Public Health, [200-?]. 9 p. Disponível em: <https://dph.illinois.gov/topics-services/environmental-health-protection/private-water/fact-sheets/common-substances-drinking-water.html>. Acesso em: 01 nov. 2022.

³⁶**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUAS TRATADAS E NÃO TRATADAS NA REGIÃO NORDESTE DO RIO GRANDE DO SUL**. [S.L]: Infarma – Ciências Farmacêuticas, v. 16, n. 11-12, 2004. Disponível em: <https://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i02-qualidademicro.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2022.

³⁷MERCK MILLIPORE. **Ágar m-ENDO LES**. Disponível em: https://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/msds/MDA_CHEM-111277?Origin=PDP. Acesso em: 15 nov. 2022.

³⁸MICROBIOLOGY Manual. 12th ed. [S.L]: Laboquimia, 2016. 689 p. Disponível em: http://www.laboquimia.es/pdf_catalogo/MERCK_Manual_de_microbiologia_12a_edicion.pdf. Acesso em: 01 nov. 2022.

³⁹**ALIMENTO COMO POTENCIAL RESERVATÓRIO DE ENTEROCOCCUS QUE ALBERGAM DETERMINANTES DE VIRULÊNCIA E RESISTÊNCIA**. [S.L]: Brazilian Journal Of Surgery And Clinical Research, v. 22, n. 1, 2018. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20180303_175405.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

⁴⁰CETESB. **NORMA TÉCNICA L5.212: Enterococos – Determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio**. 2 ed. São Paulo, 2012. 19 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/DD_010_13_DO.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

⁴¹OPWIS, Klaus; MAYER-GALL, Thomas; GUTMANN, Jochen s; DAMMER, Christoph; TITSCHER, Tanja; NICKISCH-HARTFIEL, Anna; GRÜN, Oliver; SPURK, Christoph; SCHLODERER, Christine; KÖPPE, Axel. Semi-industrial production of methane from textile wastewaters. **Energy, Sustainability And Society**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 3-6, 17 jan. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/2192-0567-2-1>. Disponível em: <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/2192-0567-2-1>. Acesso em: 11 nov. 2022.

⁴²SILVA FILHO, Luiz Vicente R. F.; FERREIRA, Flavia A.; REIS, Francisco José C.; BRITTO, Murilo Carlos A.; LEVY, Carlos E.; CLARK, Otavio; RIBEIRO, José D. Infecção por *Pseudomonas aeruginosa* em pacientes com fibrose cística: evidências científicas sobre o impacto clínico, diagnóstico e tratamento. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. [S.L], p. 495-512. abr. 2013. Disponível em: <https://www.jornaldepneumologia.com.br/details/2173/pt-BR/infeccao-por-pseudomonas-aeruginosa-em-pacientes-com-fibrose-cistica--evidencias-cientificas-sobre-o-impacto-clinico--diagnostico-e-tratamento>. Acesso em: 12 nov. 2022.

⁴³LABORCLIN PRODUTOS PARA LABORATÓRIOS LTDA. **M-PAC Ágar**. 2018. Disponível em: https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2019/06/M_PAC_AGAR_540174.pdf. Acesso em: 12 nov. 2022.

⁴⁴GONÇALVES, Thiago; VASCONCELOS, Ulrich. Colour Me Blue: the history and the biotechnological potential of pyocyanin. **Molecules**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 927, fev. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules26040927>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7916356/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

⁴⁵MERCK MILLIPORE. **Clostridia & Sulfite Reducing Anaerobic Bacteria**. Disponível em: <https://www.merckmillipore.com/BR/pt/products/industrial-microbiology/culture-media/culture-media-for-food-and-beverage-industry/dehydrated-culture-media/enrichment-isolation-differentiation-by-organism/clostridia-sulfite-reducing-anaerobic-bacteria/guKb.qB.0X4AAAFAnhE.1Zwo,nav?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>. Acesso em: 15 nov. 2022.

⁴⁶LABORCLIN PRODUTOS PARA LABORATÓRIOS LTDA. **M-CP Clostridium Ágar**. Disponível em: https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2019/05/M_CP_CLOSTRIDIUM_AGAR_12042019.pdf. Acesso em: 15 nov. 2022.

10. ANEXOS

Tabela de padrão organoléptico de potabilidade.

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP(1)
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como N)	7664-41-7	mg/L	1,2
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (2)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,001
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,0003
Dureza total		mg/L	300
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,02
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	500
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,05
Turbidez (3)		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5

Fonte: Ministério da Saúde. (2021)



DECLARAÇÃO DE ESTÁGIO OBRIGATÓRIO

A **WV Hidroanálise Ltda** inscrito no CNPJ n. **85.314.086/0001-80**, localizado na Rua Santa Luzia, número 75, bairro Trindade, na cidade de Florianópolis/SC, declara que a aluna **Claudine Schäfer Candido**, CPF [REDACTED], número de matrícula da UFSC [REDACTED] realizou estágio **OBRIGATÓRIO** referente à disciplina **Estágio Supervisionado (QMC 5515)** na **WV Hidroanálise Ltda** entre o período de **19/04/2022** a **22/09/2022**, totalizando 450 horas.

A Instituição de Ensino UFSC em que a aluna estuda possui vínculo com esta empresa e a aluna tem seu projeto de estágio de conclusão de curso supervisionado pelo **Químico Joarez Da Silva Vieira Junior**, **CRQ/SC 13200002**, CPF [REDACTED].

Atenciosamente,

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAREZ DA SILVA VIEIRA JUNIOR
Data: 29/11/2022 10:44:01-0300
Verifique em <https://verificador.jti.br>

Joarez Da Silva Vieira Junior
Supervisor - WV Hidroanálise Ltda