



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

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO DESENVOLVIDO NA ELA
SUSTENTÁVEL EM SÃO JOSÉ - SC**

MILENA MELO VIDI

**ORIENTADORA: Profa. IOLANDA DA CRUZ VIEIRA
SUPERVISOR: MARCOS AREOSVALDO BITTENCOURT**

Florianópolis
Junho/2023

MILENA MELO VIDY

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Projeto de Estágio Supervisionado (QMC 5515)
apresentado ao Departamento de Química da
Universidade Federal de Santa Catarina
desenvolvido em ELA Sustentável em São José - SC
Supervisor: Marcos Areosvaldo Bittencourt.

Milena Melo Vidi

Prof.^a Dr. Iolanda da Cruz Vieira

Florianópolis
Junho/2023

Lista de abreviaturas

TDS – Sólidos Totais Dissolvidos.

VMP – Valor Máximo Permitido.

pH - Potencial hidrogeniônico.

PCU - Unidades de Cobalto de Platina

NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez.

EDTA - Ácido etilenodiaminotetracético.

BPL – Boas Práticas de Laboratório.

EPI - Equipamento de Proteção Individual.

Lista de Figuras

Figura 1. Tamanho de partícula que podem estar presente na água.	14
Figura 2. Procedimentos realizados após coleta das amostras.....	18
Figura 3. Cor em águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.	22
Figura 4. Valores de pH das amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.....	23
Figura 5. Condutividade em águas subterrâneas.....	25
Figura 6. Valores de turbidez nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.	26
Figura 7. Valores de TDS nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.	27
Figura 8. Estrutura de um complexo metal/EDTA	29
Figura 9. Valores de dureza total nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.	29
Figura 10. a formação do complexo de Fe ²⁺ com a o-fenantrolina.....	30
Figura 11. Valores de ferro total nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.	31

Lista de Tabelas

Tabela 1. Concentrações máximas permitidas para parâmetros de potabilidade em água, portaria nº 888, de 04 de maio de 2021.	12
Tabela 2. Classificação das águas de acordo com o nível de dureza.	16
Tabela 3. Comparação dos valores obtidos para cada parâmetro em água subterrânea antes e após tratamento.....	32

Sumário

1. JUSTIFICATIVA	9
2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Controle de qualidade da água	11
3.2 Parâmetros físico-químicos	11
3.2.1 pH	13
3.2.2 Cor Aparente	13
3.2.3 Turbidez	14
3.2.4 Condutividade elétrica	15
3.2.5 Dureza total	15
3.2.6 Ferro	16
4. OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo Geral	17
4.2 Objetivos específicos	17
5. METODOLOGIA	18
5.1 Coleta e preservação das amostras	18
5.2 Análises físico-químicas	19
5.2.1 Cor aparente	19
5.2.2 pH, condutividade e TDS	19
5.2.3 Turbidez	20
5.2.5 Dureza total	20
5.2.6 Ferro	20
5.3 Destinação dos resíduos e segurança laboratorial	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6.1 Cor	22
6.2 pH	23
6.3 Condutividade	24
6.4 Turbidez	25
6.5 Sólidos totais dissolvidos	26
6.6 Dureza	28

6.7 Ferro	30
6.8 Análise de amostra de água pós-tratamento.....	31
7. CONCLUSÃO	33
8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL.....	34
9. REFERÊNCIAS	35
10. ANEXOS	37

RESUMO

Este relatório de Estágio Supervisionado apresenta resultados obtidos a partir da análise de parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas, realizadas no laboratório da empresa ELA Sustentável. 5 amostras de água foram coletadas de diferentes localidades do estado de Santa Catarina, a fim de determinar os seus parâmetros físicos (cor aparente, pH, condutividade e turbidez) e químicos (sólidos totais dissolvidos, dureza total e ferro). Os resultados obtidos foram comparados com os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888 do Ministério da saúde, a qual trata da qualidade da água e seu padrão de potabilidade. Todas as amostras apresentaram cor aparente muito acima do limite, podendo ser observado que sua principal causa estava relacionada a alta concentração de ferro nas amostras. Isso porque o ferro, ao entrar em contato com o oxigênio do ar, gera compostos insolúveis que causam turvação e coloração amarelada à água. Os demais parâmetros analisados neste trabalho apresentam-se dentro dos limites estabelecidos para a maioria das amostras. As análises realizadas durante o período do estágio também serviram como base para o desenvolvimento de sistemas de tratamento específicos, atendendo as características físico-químicas individuais das águas de abastecimento e sua finalidade de uso. Ademais, o estágio supervisionado possibilitou a vivência da rotina de um laboratório de controle de qualidade de água, contribuindo para aplicação dos conhecimentos teóricos obtidos na formação acadêmica em situações práticas.

Palavras-chave: Água subterrânea, parâmetros físico-químicos, qualidade da água.

1. JUSTIFICATIVA

A água é o principal constituinte da matéria viva, sendo fundamental para a existência dos seres vivos. Além do seu papel biológico indispensável, também se torna imprescindível para a indústria e agricultura, tendo impacto direto na economia. Cerca de 70% do nosso planeta é coberto por água, porém menos de 3% desse total está disponível para aproveitamento humano. A água doce está localizada em rios, lagos e águas subterrâneas, sendo este último uma importante fonte de captação de água, principalmente em locais que não têm acesso à rede pública de abastecimento.

A qualidade das águas subterrâneas captadas de poços artesianos está sujeita a uma série de variáveis. Concentrações elevadas de metais e matéria orgânica podem acabar inviabilizando seu uso. A ELA Sustentável, onde o estágio foi desenvolvido, conta com diversos sistemas de tratamento de água para fins não potáveis. Além disso, no laboratório são realizadas análises físico-químicas para avaliação dos parâmetros de qualidade da água. Os parâmetros determinados são comparados aos padrões conhecidos, estabelecidos em portarias e resoluções legais, que dão subsídio ao laboratório na expedição de seus laudos.

Desta forma, o presente relatório de estágio supervisionado realizado na ELA Sustentável, localizada em São José – SC tem como objetivo relatar a rotina vivenciada no laboratório de controle de qualidade de água da empresa. Neste relatório foi abordado sobre as análises físico-químicas para determinação dos parâmetros de pH, cor aparente, turbidez, dureza, sólidos totais dissolvidos, condutividade e concentração de ferro em amostras de águas subterrâneas. Os valores determinados nas análises foram comparados com os limites estabelecidos de acordo com a finalidade de utilização da água.

2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

A ELA Sustentável é uma empresa catarinense localizada na cidade de São José, onde deu início às suas atividades em dezembro de 2015. Atualmente é uma empresa voltada para o desenvolvimento de novas tecnologias em tratamento de águas e efluentes, objetivando soluções econômicas e eficazes nos mais variados segmentos. Conta com uma equipe de engenheiros e profissionais qualificados que atuam na elaboração e implantação de estações de tratamento de esgoto sanitário com reuso de água tratada. Um elevado volume dos efluentes tratados pela empresa são reutilizados em diversos processos, gerando economia de água de forma sustentável e resultando em um considerável retorno financeiro.

O laboratório de análises da empresa é responsável pela realização de análises físico-químicas para verificação da potabilidade de águas superficiais e subterrâneas, além de atuar no controle da qualidade da água de processos industriais e verificação da eficiência de sistemas de filtragem. As análises físico-químicas realizadas no laboratório incluem os parâmetros de cor aparente, pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, dureza total, sólidos totais dissolvidos, ferro dissolvido total e cloro residual livre.

As amostras de água são coletadas por funcionários capacitados da empresa, seguindo as exigências para uma amostragem correta, e são mantidas sob condições específicas de acondicionamento até sua análise. Após a chegada no laboratório, as amostras são devidamente identificadas e cadastradas no sistema com a indicação dos parâmetros solicitados. Após realização dos ensaios físico-químicos é gerado um laudo para o cliente com data e hora da coleta e análise da amostra, resultados obtidos e observações.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Controle de qualidade da água

A água utilizada para o consumo humano pode ser proveniente de diferentes fontes, dentre elas destaca-se a água subterrânea, que é a parcela de água localizada no subsolo. A água subterrânea é intensamente explorada no Brasil e a qualidade desses sistemas aquíferos é adequada para diversos fins, tais como abastecimento humano, lazer, indústria e irrigação¹. Entretanto, com o aumento da perfuração de poços de forma irregular e das atividades antrópicas, a questão da qualidade da água subterrânea vem se tornando cada vez mais importante².

A disponibilidade hídrica subterrânea e o potencial de produtividade desses poços geralmente são os fatores determinantes para a exploração dos mesmos. Contudo, podem apresentar características locais que acabam por restringir seus usos. Em áreas onde há ocorrência de rochas calcárias pode ser observada alta concentração de sólidos totais dissolvidos (TDS) e elevada dureza. Já a presença de rochas minerais pode ocasionar altas concentrações de ferro e manganês, devido a dissolução local dessas rochas⁴.

As águas subterrâneas, apesar de menos comum, também estão sujeitas a contaminações. Entre os principais fatores de risco estão: não cimentação do espaço anelar entre o furo e o poço, facilitando a entrada de águas superficiais, ausência de laje de proteção sanitária, proximidade com pontos potencialmente contaminantes como fossas, postos de gasolina e lixões. Por isso, é importante a realização de análises físico-químicas e microbiológicas para avaliação da qualidade da água captada².

3.2 Parâmetros físico-químicos

O controle da qualidade da água é monitorado através de análises físico-químicas e microbiológicas, e deve atender aos padrões estabelecidos na legislação vigente. Quando utilizada para fins potáveis, essas análises são necessárias para garantir que a água esteja livre de contaminantes que possam vir a causar problemas

de saúde. Em sua utilização para fins industriais, deve seguir padrões de qualidade de acordo o processo ao qual é destinado, visto que uma qualidade inadequada pode gerar incrustações nas tubulações e danos aos equipamentos e infraestrutura do sistema de abastecimento^{1,4}.

Os parâmetros físicos a serem analisados são temperatura, cor, sabor, odor, turbidez, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. Já os parâmetros químicos podem incluir pH, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, metais, entre outros. A avaliação microbiológica é necessária quando utilizada para consumo humano, e visa identificar a presença de micro-organismos patogênicos, em geral de origem fecal, que podem estar presentes na água^{4,5}. Neste trabalho foram analisados parâmetros físico-químicos de pH, cor aparente, turbidez, dureza, sólidos totais dissolvidos, condutividade e concentração de ferro em amostras de águas subterrâneas. Não foram realizadas análises microbiológicas das amostras, visto que a água captada não era destinada para fins potáveis. A tabela 1 apresenta os valores limite para cada parâmetro mencionado conforme Portaria GM/MS nº 888 do Ministério da Saúde, de 04 de maio de 2021^{5,6}.

Tabela 1. Concentrações máximas permitidas para parâmetros de potabilidade em água, portaria nº 888, de 04 de maio de 2021.

Parâmetro	Unidade	Valor máximo permitido
pH	-	6 - 9
Condutividade	μS/cm	-
Cor	PCU	15
Dureza	mg CaCO ₃ /L	300
Ferro Total	mg/L	0,30
Turbidez	NTU	5
TDS	mg/L	500

PCU: unidades de cobalto de platina; NTU: unidade nefelométrica de turbidez

3.2.1 pH

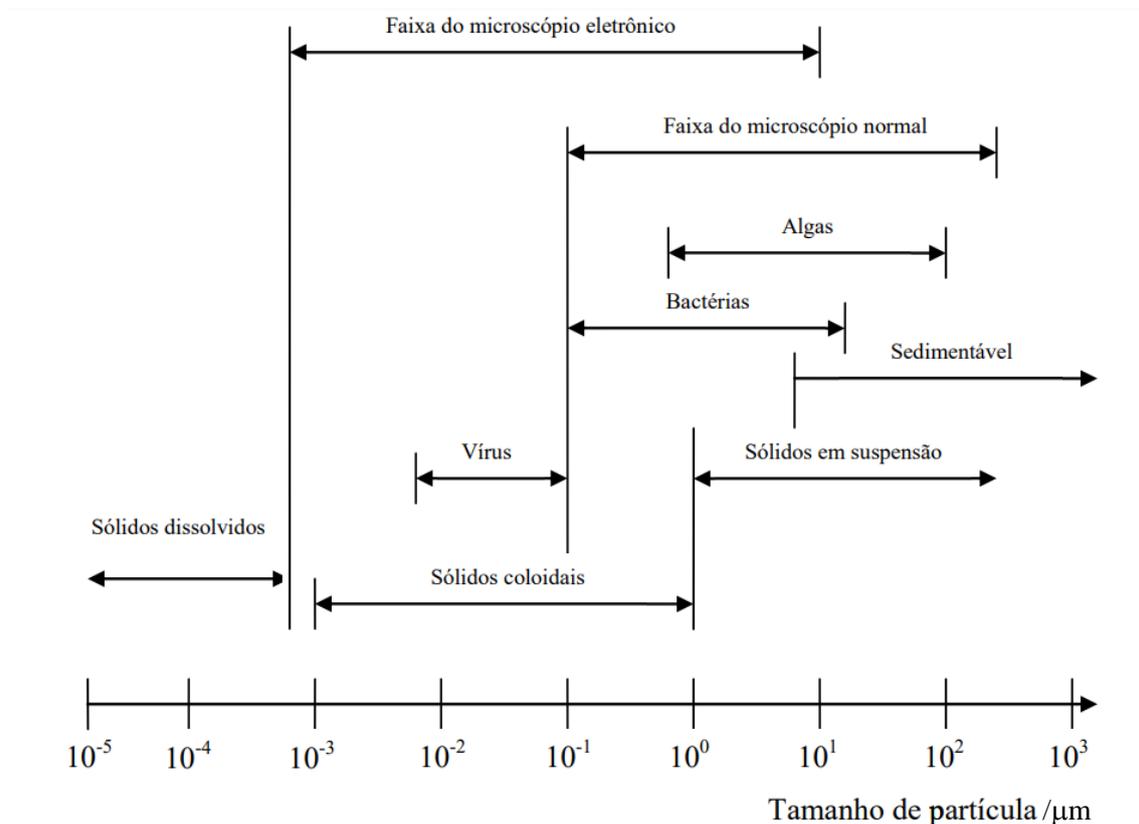
O potencial hidrogeniônico (pH) define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução. É considerado um dos parâmetros mais importantes da qualidade da água, visto que possui influência direta em vários equilíbrios químicos, assim como no processo de tratamento da mesma⁴. Teoricamente, a faixa de pH varia de 0 a 14, sendo que um pH igual a 7 é considerado neutro. Valores inferiores a 7 indicam um meio ácido, enquanto que valores superiores correspondem a um meio básico. A recomendação é que seu pH varie de 6,0 a 9,5, sendo que águas com pHs excessivamente altos ou baixos podem acabar por prejudicar o seu uso. As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais)⁷. Águas com um pH alto pode tornar seu sabor amargo, causar incrustações nas tubulações, além de diminuir a eficiência da desinfecção com cloro. Águas com pH baixo não apresentam risco à saúde, mas podem sofrer alteração no sabor e causar processos corrosivos⁸.

3.2.2 Cor Aparente

A cor da água é resultado da diminuição da intensidade da luz que atravessa o meio líquido na presença de sólidos dissolvidos. Pode ter origem natural (decomposição da matéria orgânica, presença de íons metálicos, plâncton e macrófitas) ou antropogênica (esgotos sanitários, efluentes industriais contendo taninos, anilinas, pigmentos, lignina e celulose)⁹. É importante distinguir a cor aparente da cor verdadeira, sendo que as duas se diferenciam pelo tamanho de partícula presente. A cor aparente é causada por partículas com diâmetro superior a 1,2 μm e pode incluir uma parcela da turbidez da água. Já a cor verdadeira corresponde a presença de partículas com diâmetro inferior e deve-se remover a turbidez para sua medição. A unidade usada para medir a cor da água é denominada unidade Hazen (uH) ou unidades de cobalto de platina (PCU)¹⁰. A presença de cor é um indicativo importante quando se diz respeito a cloração da água, pois o cloro na presença de matéria orgânica dissolvida pode gerar produtos potencialmente carcinogênicos

(trihalometanos). A figura 1 apresenta uma escala de tamanho dos agentes responsáveis por alterar a cor real e aparente da água¹¹.

Figura 1. Tamanho de partícula que podem estar presente na água.



Fonte: adaptado de VEIGA, G.¹¹

3.2.3 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água, conferindo-lhe uma aparência turva. É ocasionada pela presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas (areia, argila, silte) e detritos orgânicos (algas, plânctons, bactérias)⁹. A turbidez não apresenta risco direto a saúde, mas é esteticamente desagradável na água potável, pois causa poluição visual. Entretanto, os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, diminuindo a eficiência da desinfecção com cloro, como citado no tópico anterior. Por isso a importância de se estabelecerem valores limites de turbidez em água potável.

Os valores são expressos, normalmente, em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) ou em miligramas por litro em Sílica (mg L^{-1} de SiO_2)⁵.

3.2.4 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água representa sua capacidade de conduzir corrente elétrica devido a presença de íons e partículas carregadas. É uma das propriedades de menor interesse para a qualidade da água, porém representa um indicador valioso do teor de sólidos totais dissolvidos (TDS)⁵. Sua unidade de medida é em Microsimens por cm ($\mu\text{S/cm}$), e os principais íons responsáveis pela sua variação incluem sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), cloreto (Cl^-), potássio (K^+), sulfato (SO_4^{2-}) e magnésio (Mg^{2+}). Este parâmetro não é capaz de discriminar quais íons estão presentes na água, mas pode ser um indicador de possíveis fontes poluidoras¹². Águas naturais apresentam valores de condutividade na faixa de 10 a 300 $\mu\text{S cm}^{-1}$, em ambientes poluídos por efluentes domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Portanto, medições de condutividade podem auxiliar na identificação de infiltrações e contaminação das águas subterrâneas⁴.

3.2.5 Dureza total

A dureza total da água é um importante parâmetro a ser avaliado, visto que pode causar sabor desagradável e efeitos laxativos no organismo. É resultado da presença de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos e cloretos de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). Outros íons que podem estar associados a dureza total incluem ferro (Fe^{2+}), alumínio (Al^{3+}), manganês (Mn^{2+}) e estrôncio (Sr^{2+})⁴. A dureza pode ser classificada como temporária ou permanente, dependendo do ânion com o qual está associada. A dureza temporária é consequência da presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, os quais podem ser precipitados pela ação do calor. Já a dureza permanente se deve ao teor de sulfatos, nitratos e cloretos de cálcio e magnésio que não se decompõem, nem sofrem precipitação pela ação do calor¹.

A dureza das águas subterrâneas está associada ao tipo de rocha presente, sendo as rochas calcárias as principais causadoras de dureza elevada. A dureza normalmente é expressa como número de equivalente de miligramas por litro (mg L^{-1}) de carbonato de cálcio (CaCO_3)¹³. Águas duras acabam por reduzir a formação de espuma, acarretando em um maior consumo de sabões e agentes de limpeza, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, como caldeiras e aquecedores. A Tabela 2 indica a classificação da água em função do seu nível de dureza^{10, 4}.

Tabela 2. Classificação das águas de acordo com o nível de dureza.

Água mole	< 50 mg CaCO_3/L
Água de dureza moderada	Entre <50 e 150 mg CaCO_3/L
Água dura	<150 e 300 mg CaCO_3/L
Água muito duro	> 300 mg CaCO_3/L

3.2.6 Ferro

A presença de ferro em águas subterrâneas ocorre devido às interações entre os constituintes naturais do solo e das rochas. O ferro é encontrado em rochas ígneas sob a forma de diversos óxidos, tais como hematita e magnetita. Minerais sulfurados e carbonatados como pirita e siderita também são importantes fontes de ferro¹⁴. Em águas naturais, normalmente é encontrado sob as formas de hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), bicarbonato ferroso ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) e sulfato ferroso (FeSO_4). Sua dissolução é favorecida sob as condições anaeróbicas das águas subterrâneas, sendo encontrado predominantemente em sua forma ferrosa (Fe^{2+}), a qual é solúvel. Na presença de oxigênio os íons ferrosos são oxidados a forma férrica (Fe^{3+}), a qual é insolúvel e gera coloração na água. Isso explica o fato das águas subterrâneas com alta concentração de ferro apresentarem-se cristalinas quando captadas, porém algumas horas depois passam a adquirir coloração amarelo-acastanhada³. Quando encontrado em concentração maior que $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ pode desencadear problemas no uso da água. Isso porque interfere nas etapas de tratamento, ocasiona sabor metálico

na água, causa mancha em tecidos e louças sanitárias, além de poder sofrer depósitos em tubulações causando incrustações. Apesar disso, do ponto de vista sanitário e nas concentrações normalmente encontradas, não são conhecidos efeitos adversos à saúde^{3,15}.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Aplicar os conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação em química tecnológica na determinação do controle de qualidade de águas subterrâneas, através da análise de seus parâmetros físico-químicos.

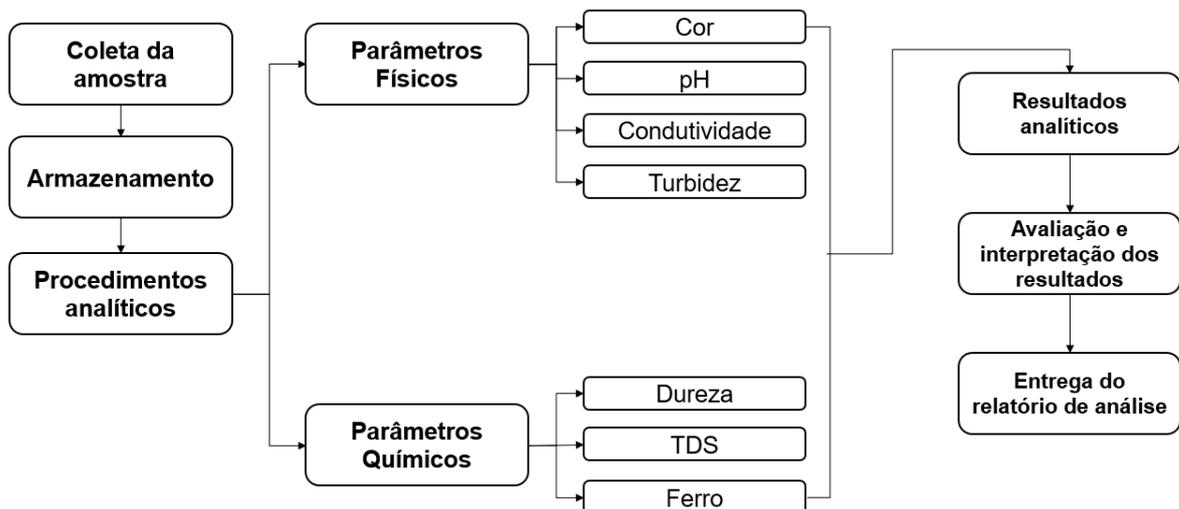
4.2 Objetivos específicos

- I. Compreender o funcionamento e rotina de trabalho do laboratório de controle de qualidade de água;
- II. Determinar parâmetros físicos das amostras quanto a cor, turbidez e condutividade;
- III. Determinar parâmetros químicos como concentração de ferro, sólidos totais dissolvidos e dureza das amostras;
- IV. Avaliar a eficiência do sistema de filtração desenvolvido pela empresa.

5. METODOLOGIA

Neste relatório foram analisadas cinco amostras de águas subterrâneas e uma amostra de água após passar pelo sistema de filtração desenvolvido pela empresa. Todas as amostras analisadas eram destinadas para fins não potáveis e os valores obtidos foram comparados aos valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888 do Ministério da Saúde, de 04 de maio de 2021. Na Figura 2 é apresentado a rota de procedimentos realizados desde a coleta das amostras até a entrega dos relatórios de análise.

Figura 2. Procedimentos realizados após coleta das amostras.



Fonte: O autor

5.1 Coleta e preservação das amostras

Todas as amostras de água utilizadas neste relatório foram coletadas pelos funcionários capacitados pela empresa. Para isso, foram utilizados frascos de polietileno de 1 L e vidro âmbar de 100 mL, sendo coletada quantidade de água suficiente para realização das análises em duplicata. Logo após a coleta as amostras foram armazenadas em caixas térmicas para manter a temperatura baixa até sua chegada ao laboratório, onde foram posteriormente refrigeradas até sua análise.

5.2 Análises físico-químicas

5.2.1 Cor aparente

A cor aparente das amostras de água foi verificada por método colorimétrico utilizando aparelho Checker HANNA HI727 – cor de água. Para medição foi inserido primeiramente um padrão de cobalto-platina referente ao zero do aparelho, em seguida foi adicionado uma cubeta de vidro contendo 10 mL da amostra para aferição da cor. O valor da cor aparente foi fornecido pelo equipamento em PCU (unidades de cobalto de platina).

5.2.2 pH, condutividade e TDS

As análises de pH, condutividade e TDS foram realizadas utilizando um medidor multiparâmetro da AKSO modelo AK88. O aparelho conta com três sondas para medição de pH, condutividade e oxigênio dissolvido. Para aferição dos valores de cada parâmetro foi mergulhado a respectiva sonda em um becker contendo a amostra em quantidade suficiente.

Para medição do pH foi transferida uma parte da amostra para um becker, onde a sonda de pH foi inserida em profundidade adequada. Quando o pH se tornou estável foi anotado o respectivo valor. Logo após utilização, a sonda foi lavada com água destilada, o excesso de água foi removido com papel macio e o eletrodo foi mergulhado em solução repouso de KCl.

Os valores de condutividade e TDS foram medidos pela mesma sonda. Para isso, foi mergulhada a respectiva sonda na amostra esperou-se a estabilização dos valores de corrente. Após estabilização, o valor de condutividade fornecido pelo aparelho em $\mu\text{S}/\text{cm}$ foi anotado e no próprio aparelho foi feito a troca do parâmetro para aferição do valor de TDS, o qual é dado em ppm. Após utilização, a sonda foi lavada e armazenada em local apropriado.

5.2.3 Turbidez

A turbidez das amostras foi verificada utilizando-se um turbidímetro HANNA HI93703. As medidas foram realizadas com as amostras em temperatura ambiente, para evitar erros de medição. A amostra a ser analisada foi colocada em cubeta de vidro de 10 mL, a qual foi vedada com uma tampa específica e adequada para o equipamento. Foi feita a correta secagem e limpeza da cubeta com pano macio, evitando qualquer sujeira ou gotículas que possam causar interferência na passagem de luz pela amostra. Com o equipamento devidamente calibrado, foi colocada a cubeta em local apropriado, cuidando para que não houvesse formação de bolhas. O valor aferido pelo equipamento foi dado em unidade nefelométrica de turbidez.

5.2.5 Dureza total

A dureza total das amostras foi medida por titulação, utilizando-se o kit HI3812 da marca HANNA. O kit acompanha copo dosador, no qual foi colocado 5 mL da amostra de água, em seguida, adiciona-se 5 gotas do tampão e 1 gota do indicador calmagita e agita-se o sistema. A solução foi então titulada com solução padrão de EDTA (HI3812-0) até mudança da coloração de rosa para azul. O volume gasto foi anotado e o valor da dureza total da amostra foi calculada conforme Equação 1, expressa em mg/L de CaCO₃.

$$\text{Dureza total } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de CaCO}_3 \right) = V_t \times 300 \quad \text{Equação 1}$$

onde: V_t = volume gasto do titulante.

5.2.6 Ferro

Para determinação da concentração de ferro as amostras foram coletadas em frascos de vidro âmbar contendo 1,0 mL de ácido nítrico para digestão ácido de possíveis interferentes. As análises foram realizadas por método colorimétrico, utilizando aparelho Checker HANNA HI721 – ferro, para faixa de concentração entre

0,00 e 5,00 mg/L. Para isso, primeiramente é inserida uma cubeta de vidro no aparelho contendo 10 mL da amostra sem o reagente e espera-se a leitura. Em seguida, é adicionado na cubeta um sachê do reagente HI721-25, o qual contém fenantrolina, que forma um complexo colorido com ferro. Para a reação se completar, esperou-se 3 minutos e em seguida, as medições foram realizadas novamente no aparelho. A concentração medida é fornecida diretamente em mg L⁻¹. Para águas com concentração de ferro acima da faixa do aparelho, foi realizada diluições que permitissem sua aferição, sendo feito a correção do valor posteriormente.

5.3 Destinação dos resíduos e segurança laboratorial

Todos os procedimentos operacionais realizados foram feitos seguindo os princípios das boas práticas de laboratório (BPL). A entrada no laboratório é permitida apenas para pessoas autorizadas e deve utilizar calças longas, sapatos fechados e jaleco. O laboratório dispõe de EPIs de segurança como máscara, óculos de proteção e luvas para a manipulação de reagentes e solventes. Os reagentes preparados são rotulados com etiqueta de identificação, juntamente com a data de preparo.

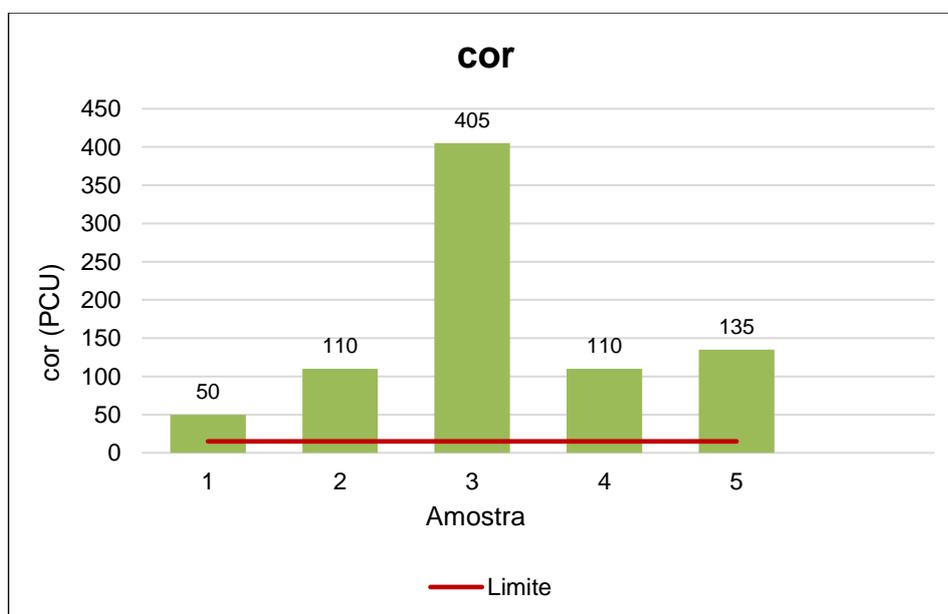
O restante das amostras de água que sobraram das análises foram descartadas diretamente na pia. Os resíduos químicos provenientes das análises físico-químicas foram descartados em barris de plástico que são coletados por uma empresa especializada no tratamento e descarte adequado desses resíduos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Cor

O parâmetro de cor aparente é indicativo da presença de sólidos dissolvidos ou material em estado coloidal, podendo ser de origem orgânica ou inorgânica. Essas partículas são capazes de absorver radiação, limitando a intensidade da luz que atravessa o meio líquido. Um valor elevado de cor aparente também pode estar relacionado à presença de metais dissolvidos, principalmente o ferro¹⁶. No laboratório onde foi realizado o estágio, a análise da cor da água foi feita utilizando um colorimétrico. A intensidade da luz que atravessa a amostra foi medida e comparada com uma solução padrão de cobalto-platina, sendo que o resultado foi fornecido diretamente em PCU pelo aparelho. A Figura 3 apresenta os valores de cor aparente de cada uma das amostras analisadas e o limite estabelecido pela legislação vigente.

Figura 3. Cor em águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.



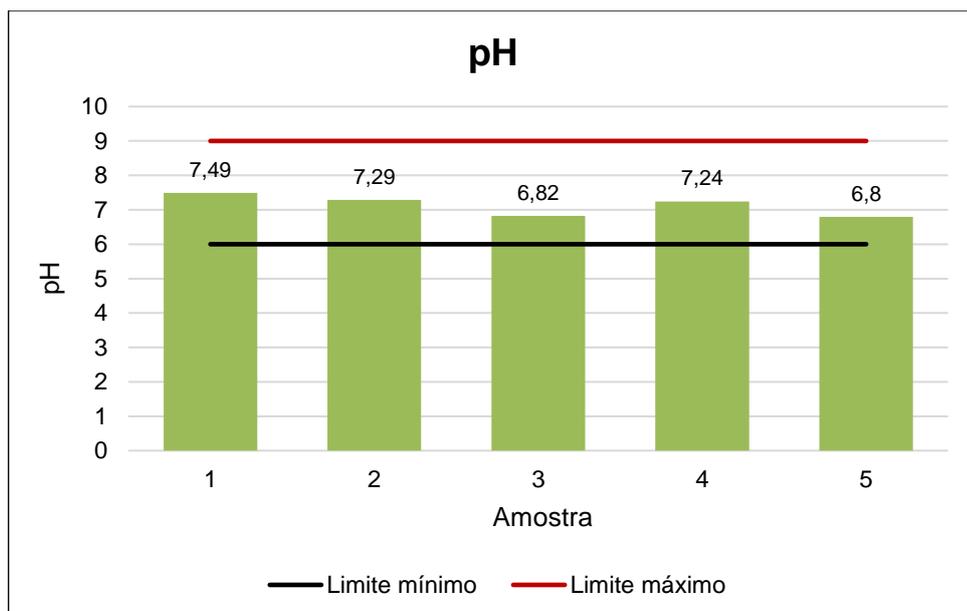
Fonte: o autor.

É possível observar através do gráfico que todas as amostras apresentaram cor aparente bem acima do limite estabelecido. Durante a rotina no laboratório foi possível observar que esses valores elevados estavam, na maioria das vezes, relacionados a uma alta concentração de ferro na amostra.

6.2 pH

A avaliação do pH da água está relacionada com a atividade dos íons hidrônio em solução. A escala de 0 a 14, foi utilizada para avaliar o grau de acidez ou basicidade do meio, onde $\text{pH} < 7$ indica solução ácida, $\text{pH} = 7$ solução neutra e $\text{pH} > 7$ solução básica¹. Para medição do pH das amostras foi utilizado um medidor multiparâmetro AKSO devidamente calibrado, com sonda específica para determinação de pH. O aparelho funciona através de um circuito potenciométrico e um eletrodo, que ao ser submerso na solução converte a intensidade do potencial em uma escala de pH. A Figura 4 apresenta os valores de pH medidos em cada uma das amostras de águas e o limite estabelecido pela legislação vigente.

Figura 4. Valores de pH das amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: O autor.

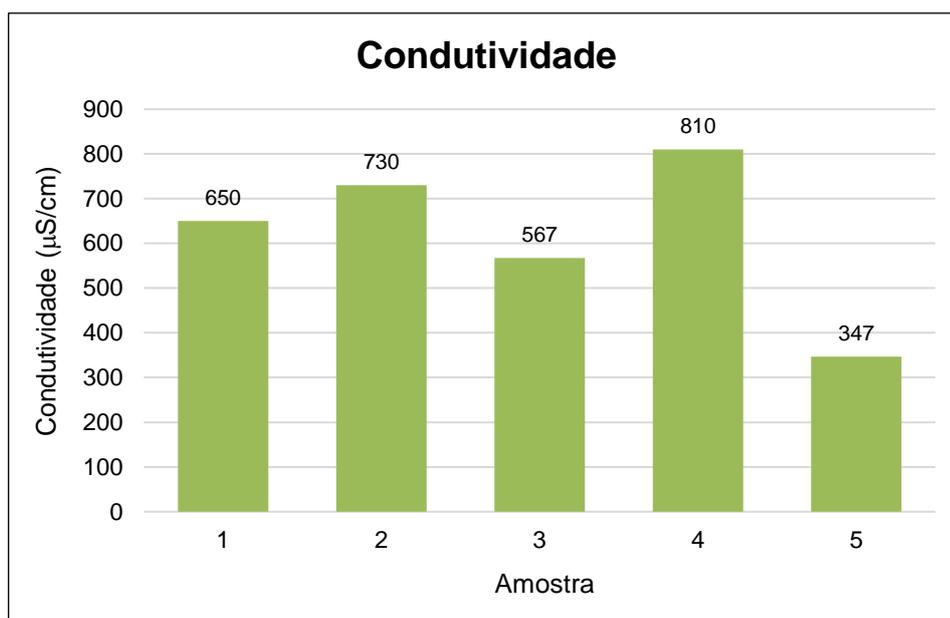
O pH é um importante parâmetro a ser avaliado no controle de qualidade da água, visto que influencia vários equilíbrios químicos naturais, assim como na eficiência dos processos de tratamento da mesma. Além disso, águas com pH ácido podem causar corrosão nas tubulações, sistema de distribuição e equipamentos, enquanto que águas alcalinas acabam por formar incrustações⁴. Como mostrado no gráfico da Figura 4, todas as amostras apresentaram valores de pH dentro do estabelecido pela legislação vigente.

6.3 Condutividade

A condutividade elétrica da água mede sua capacidade em conduzir corrente elétrica na presença de íons dissolvidos. É um importante indicativo da salinidade da água, apesar de não identifica quais são os íons responsáveis. Em águas subterrâneas sua condutividade elétrica é diretamente influenciada pela composição mineral do aquífero, visto que, com o passar do tempo, ocorre a dissolução das rochas, aumentando a concentração de sais na água¹².

A condutividade está diretamente relacionada com a temperatura, sendo que um aumento na temperatura gera um aumento na condutividade. Devido a isso, deve-se levar em consideração a temperatura da água durante sua medição para posterior correção dos valores. No entanto, praticamente todos os equipamentos disponíveis no mercado para medição de condutividade já fornecem o valor corrigido de acordo com a temperatura verificada pelo aparelho¹⁷.

Para determinação da condutividade das amostras, foi utilizado um medidor multiparâmetro AKSO, com sonda específica para condutividade elétrica. Para isso, a sonda foi mergulhada na amostra em uma profundidade adequada e, após estabilização, anota-se os valores que são fornecidos pelo aparelho em $\mu\text{S cm}^{-1}$. Os valores de condutividade de cada amostra analisada está presente na Figura 5.

Figura 5. Condutividade em águas subterrâneas.

Fonte: O autor

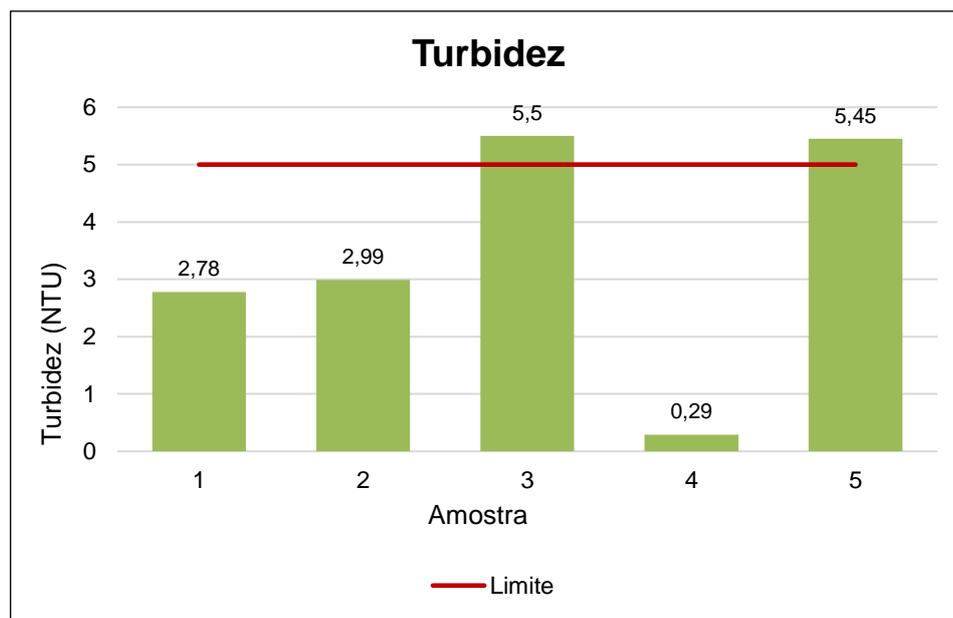
Os valores de condutividade para as amostras analisadas apresentaram-se relativamente altos, e como comentado anteriormente, podem estar relacionados a alta concentração de ferro. Valores elevados de condutividade não oferece riscos à saúde humana, porém a presença de alta concentração de sais torna o sabor da água desagradável, além de poder causar acúmulos nas tubulações, provocando processos corrosivos. A portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelece um limite máximo de condutividade, porém valores elevados de condutividade em águas subterrâneas podem ser indicativos de contaminação por fontes poluidoras¹².

6.4 Turbidez

A turbidez é um parâmetro que avalia a quantidade de material particulado em suspensão ou estado coloidal. É determinada pelo método nefelométrico, sendo utilizado nas atividades de controle de poluição e de qualidade da água¹². O método se baseia na intensidade da luz dispersa pela amostra quando comparada com a dispersão da luz por uma suspensão padrão de turbidez conhecida. O turbidímetro é o aparelho utilizado para determinação da turbidez, sendo expressa em unidades

nefelométricas de turbidez (NTU)⁵. A turbidez das amostras de águas subterrâneas foi verificada utilizando-se um turbidímetro de bancada da marca HANNA. O aparelho foi calibrado semanalmente com soluções padrão de 0, 10 e 500 NTU. Os valores de turbidez determinados para cada amostra encontram-se na Figura 6.

Figura 6. Valores de turbidez nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: O autor.

O limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021 é de 5 UNT. Através do gráfico podemos observar que duas das amostras apresentaram valores um pouco acima do recomendado. Entretanto, como as águas subterrâneas analisadas eram destinadas para fins não potáveis, um valor um pouco elevado de turbidez não é tão relevante, apesar de ser esteticamente desagradável.

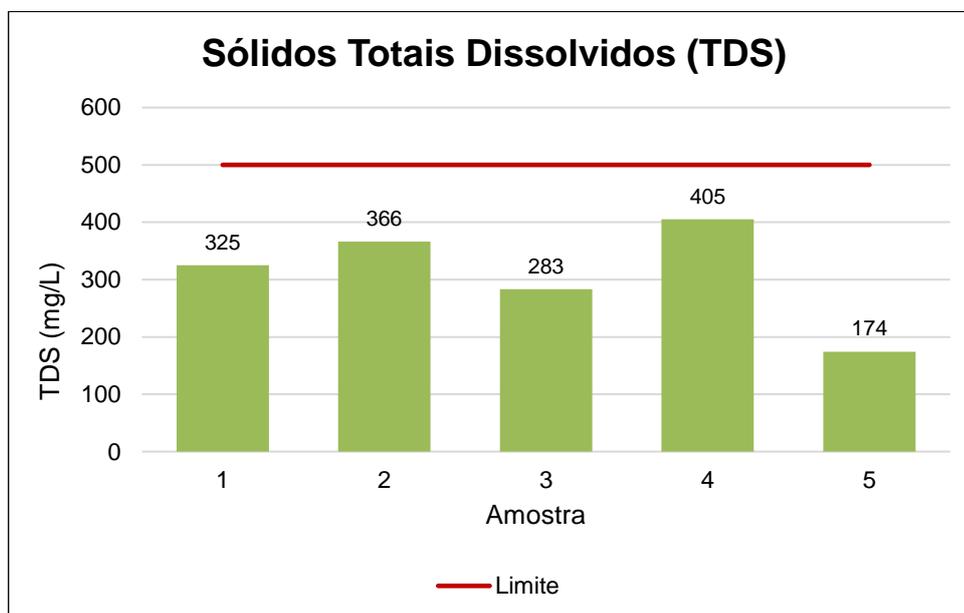
6.5 Sólidos totais dissolvidos

Quimicamente, o parâmetro de sólidos totais dissolvidos (TDS) representa a parcela de compostos solubilizados na água em forma coloidal, molecular ou iônica. É uma medida de massa que relaciona a massa total de matéria dissolvida por

unidade de volume de água, sendo expressa em mg L^{-1} . Valores de TDS sofrem influência direta com a temperatura e pH do meio, pois determinam a capacidade de solubilização de vários compostos¹⁷. Em águas subterrâneas, o valor de TDS está associado a mineralização por lixiviação, podendo aumentar à medida que a água percola diferentes aquíferos. Pode ainda, ser influenciado por fatores como as características das águas de recarga, tempo de contato com a geologia local e contaminação por ação antrópica^{18,19}.

Os valores de TDS das amostras foram determinados através do medidor multiparâmetro AKSO, com a mesma sonda utilizada para medir a condutividade. O valor máximo de TDS estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021 é de 500 mg L^{-1} . A Figura 7 apresenta os valores obtidos para cada amostra, sendo possível observar que todas apresentaram-se dentro do limite recomendado.

Figura 7. Valores de TDS nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.

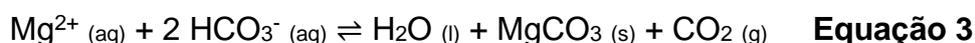
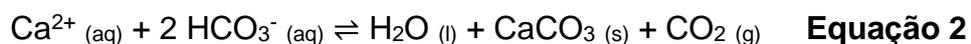


Fonte: O autor.

6.6 Dureza

A dureza total é um parâmetro muito importante na análise da qualidade da água para uso doméstico e industrial. É expressa em mg L^{-1} de CaCO_3 , equivalente à soma da concentração dos íons cálcio e magnésio na amostra. O valor máximo permitido para a dureza total em águas de abastecimento é de 300 mg L^{-1} de CaCO_3 , conforme portaria GM/MS nº 888/2021⁵. Águas com dureza acima do estabelecido podem apresentar sabor desagradável e causar efeitos laxativos. A água utilizada para fins industriais deve ter um controle ainda maior da dureza, pois águas duras, quando aquecidas, precipitam carbonato de cálcio, gerando incrustações e entupimentos em tubulações e caldeiras⁴.

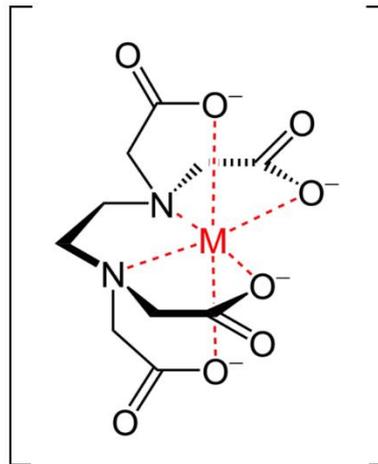
A dureza total é a soma da dureza temporária e permanente da água. A dureza temporária ocorre devido à presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, que se decompõem pela ação do calor, gerando gás carbônico e precipitado insolúvel, como mostra as Equações 2 e 3¹.



A dureza permanente é resultado da presença de sulfatos, nitratos e cloretos de cálcio e magnésio, que não sofrem decomposição térmica¹.

A determinação da dureza total das amostras foi realizada por titulação, utilizando-se o kit - teste para dureza total HANNA. Primeiramente a amostra é tamponada em pH 10 com o primeiro reagente do kit, em seguida é adicionada uma gota do indicador calmagita e titula-se a amostra com solução de EDTA até a mudança de coloração. Na presença de cátions bivalente como cálcio e magnésio, o indicador utilizado forma complexos pouco estáveis de coloração avermelhada. Ao titular a solução com EDTA ocorre o deslocamento dos íons para o titulante, formando complexos mais estáveis, deixando o indicador na sua forma livre, que apresenta coloração azul. A estrutura do complexo metal/EDTA é mostrada na Figura 8.

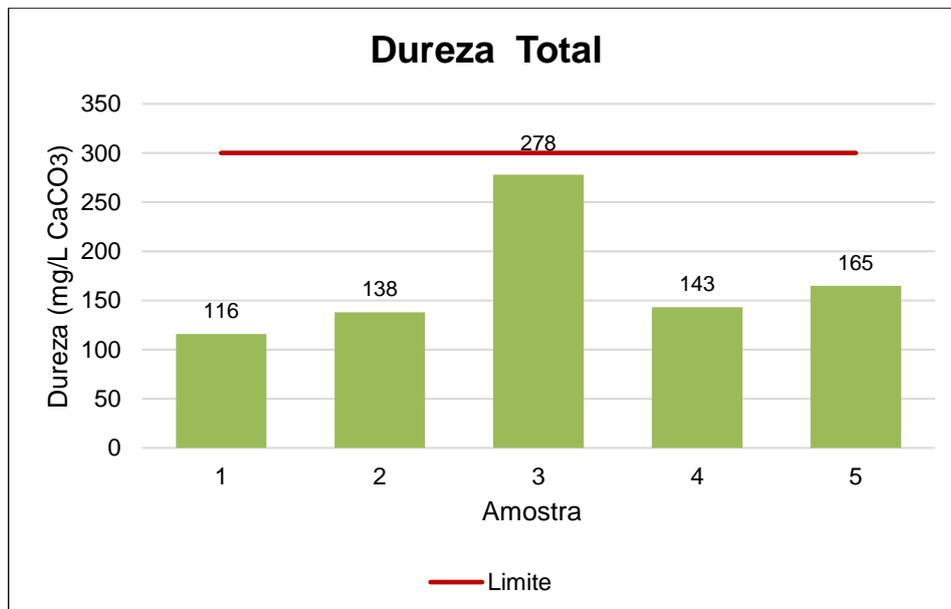
Figura 8. Estrutura de um complexo metal/EDTA.



Fonte: SANTOS, L. M. et al ²².

Os valores de dureza total determinado para as amostras analisadas estão presentes na Figura 9. Todas as amostras apresentaram valores de dureza total abaixo do limite estabelecido.

Figura 9. Valores de dureza total nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.



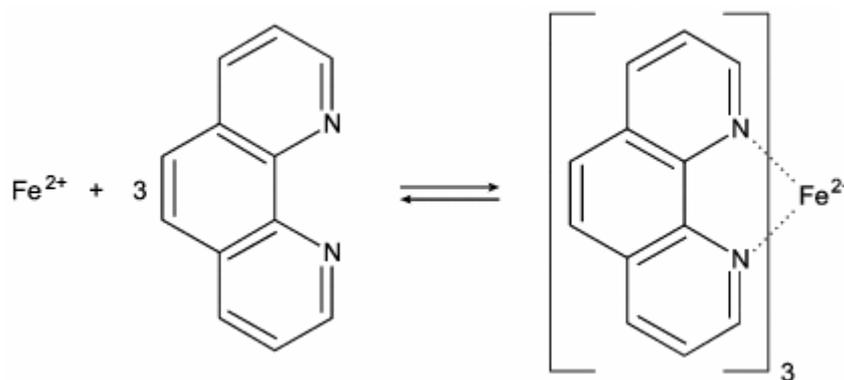
Fonte: O autor.

6.7 Ferro

O ferro é um metal de alta ocorrência na crosta terrestre, estando presente em muitas rochas e solos. É comumente encontrado em altas concentrações em águas subterrâneas devido a lixiviação e solubilização dessas rochas. A solubilidade do ferro está relacionada a vários fatores, como pH e concentração de oxigênio da água. Quando encontrado no estado ferroso (Fe^{2+}), forma compostos solúveis. Na presença de oxigênio o Fe^{2+} é oxidado a Fe^{3+} , gerando compostos insolúveis que conferem coloração escura à água²⁰. Embora a presença de ferro na água não represente um risco direto à saúde, em altas concentrações pode conferir um sabor e odor metálico, além de deixar sua cor amarelada. Por estes fatores, é recomendado que sua concentração não ultrapasse $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ²¹.

A determinação de ferro nas amostras de águas subterrâneas foi realizada por método colorimétrico, utilizando aparelho Checker de ferro e reagentes da marca HANNA. O aparelho determina a concentração de ferro através de medidas de absorvância em comprimento de onda de 575 nm, utilizando o indicador fenantrolina. Em uma cubeta, foi adicionada 10 mL de amostra e um sachê do kit contendo o indicador, o qual se coordena com os íons Fe^{2+} em solução, resultando em um complexo de coloração alaranjada, como mostra Figura 10.

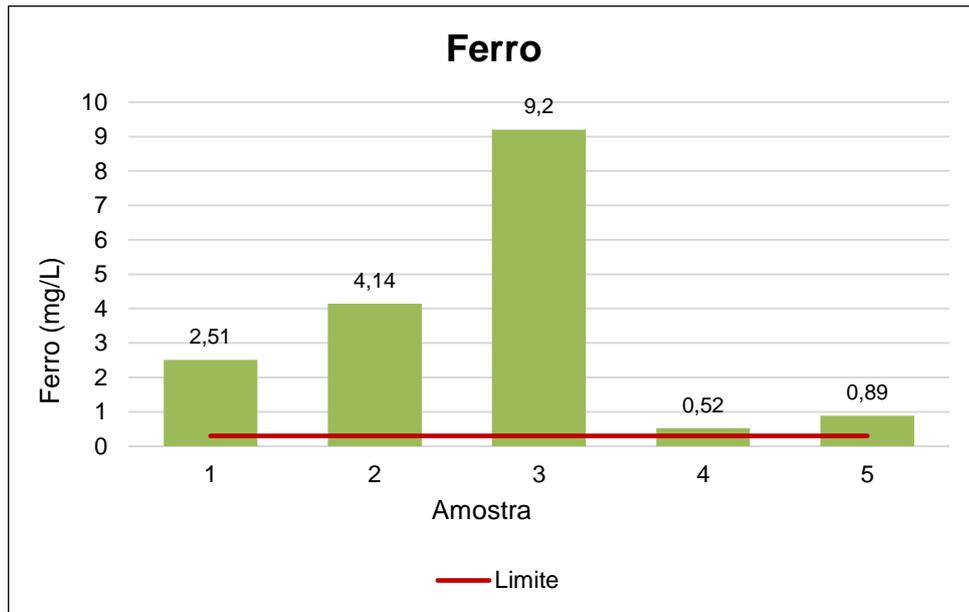
Figura 10. Formação do complexo de Fe^{2+} com a o-fenantrolina.



Fonte: BREITKREITZ, M.C.; SOUZA, A.M.; POPPI, R. J.²³.

Após 3 minutos de reação foi realizada a medição pelo aparelho, o qual fornece a concentração de ferro nas amostras diretamente em mg L^{-1} . As concentrações determinadas para as cinco amostras estão presentes na Figura 11.

Figura 11. Valores de ferro total nas amostras de águas subterrâneas e o limite estabelecido pela portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: O autor.

Como é possível observar através do gráfico, todas as amostras de águas subterrâneas apresentaram concentrações de ferro acima do recomendado. Isso mostra a necessidade de um sistema de tratamento adequado para sua remoção, mesmo em águas para fins não potáveis, visto que pode causar manchas em roupas, azulejos e louças sanitárias, além de causar incrustações nas tubulações.

6.8 Análise de amostra de água pós-tratamento

Durante o período do estágio também foram realizadas análises para verificação da eficiência do sistema de tratamento desenvolvido pela empresa. A Tabela 3 apresenta os valores de cada parâmetro para uma amostra de água

subterrânea antes do tratamento (amostra A) e após tratamento (amostra B). O sistema foi projetado de acordo a finalidade de uso da água e consta de duas etapas. Na primeira etapa ocorre o tratamento químico com adição de um oxidante e um elevador de pH. Esta primeira etapa também serve para pré-oxidar o ferro, presente em alta concentração na água do poço para qual o sistema foi desenvolvido. Na segunda etapa, a água passa por um sistema de filtros e por um abrandador, colocados em sequência para remoção de ferro, turbidez, cor e dureza.

Tabela 3. Comparação dos valores obtidos para cada parâmetro em água subterrânea antes e após tratamento.

Parâmetro	Amostra A	Amostra B	VMP	Unidade
Cor	110	0	15	PCU
pH	7,29	7,57	6 - 9	-
Condutividade	730	700	-	μS/cm
Turbidez	2,99	0,00	5	NTU
TDS	366	349	500	mg/L
Dureza	138	18	300	mg CaCO ₃ /L
Ferro Total	4,14	0,0	0,30	mg/L

VMP: valor máximo permitido; PCU: unidades de cobalto de platina; NTU: unidade nefelométrica de turbidez

O sistema de tratamento projetado levou em consideração que a água seria destinada para fins não potáveis, como utilização em descargas, lavagem de pátio, calçadas e limpezas generalizada. Portanto, os parâmetros mais importantes a serem avaliados nesse caso são cor, turbidez e ferro total. Através dos dados que constam na Tabela 3, podemos verificar a eficiência do sistema de tratamento desenvolvido pela ELA Sustentável, visto que houve a remoção total de cor e turbidez da água, assim como a concentração de ferro.

7. CONCLUSÃO

A análise da água é de crucial importância, especialmente quando destinada ao consumo humano, pois qualquer irregularidade na sua qualidade pode trazer consequências negativas à saúde. Durante o período de estágio foi possível compreender a rotina de um laboratório de controle de qualidade de água, assim como os procedimentos para as análises físico-químicas. Através da rotina no laboratório, foi possível observar a frequente necessidade de tratamento das águas subterrâneas, mesmo quando não destinadas para o consumo humano.

Neste trabalho foram realizadas análises dos parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas para comparação com os valores estabelecidos na legislação vigente. Na análise dos parâmetros físicos, a maioria das amostras apresentou valores dentro do limite de pH e turbidez. Entretanto, todas as amostras apresentaram cor aparente bem acima do recomendado. Algumas amostras também apresentam altos valores de condutividade elétrica, porém não são indicados valores máximos na legislação. Quanto aos parâmetros químicos, todas as amostras apresentaram valores de sólidos totais dissolvidos e dureza total dentro do limite. Contudo, foram verificadas altas concentrações de ferro, com valores muito acima do limite estabelecido.

Todas as amostras de águas subterrâneas analisadas durante o período do estágio eram destinadas para fins não potáveis. Contudo, deve-se manter uma qualidade mínima da água utilizada, evitando problemas futuros, principalmente decorrentes da alta concentração de metais. Os parâmetros analisados no laboratório dão suporte para equipe de profissionais montarem um sistema de tratamento adequado, atendendo as características de cada água de abastecimento. As análises físico-químicas também serviram para o monitoramento das estações de tratamento, sendo verificado a eficiência do sistema instalado e possíveis correções.

8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL

Para o estudante de química tecnológica, realizar um estágio é fundamental para a sua formação profissional. O estágio proporciona uma oportunidade única para aplicar os conhecimentos teóricos obtidos durante a graduação, desenvolvendo-os na prática. Além disso, permite que o estudante vivencie o dia a dia do mercado de trabalho e tenha uma melhor compreensão do setor. A vivência no estágio proporciona ao estudante a oportunidade de conhecer e atuar em diferentes áreas, sendo fundamental para a escolha de sua área de atuação na formação profissional. Além disso, durante o estágio temos a oportunidade de aprender novas técnicas, processos e tecnologias que não são vistos durante a graduação. É importante destacar também que a participação em estágios é muito valorizada no mercado de trabalho. A preferência por profissionais com conhecimento prático é muito comum entre as empresas, isso porque um químico com experiência prévia tem mais facilidade para solucionar problemas e adaptar-se a mudanças do mercado. Ao atuar na área de tratamento e controle de qualidade de água, a importância do estágio é ainda maior, já que a atividade envolve muita responsabilidade e, por isso, é fundamental que o profissional tenha uma boa base de conhecimento teórico e prático.

9. REFERÊNCIAS

- ¹ LIMA, A. **Análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água mineral.** Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Química Tecnológica) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 52. 2021.
- ² ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil, **XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Brasília, 2008.
- ³ MADEIRA, V. S. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais.** Tese (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 89. 2003.
- ⁴ CANDIDO, C. S. **Análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água de distribuição e água mineral envasada.** Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Química Tecnológica) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 56. 2022.
- ⁵ SOARES, J. O. **Determinação da cor, turbidez, condutividade, ferro e cobre em amostras de águas subterrâneas.** Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Química Tecnológica) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 41. 2022.
- ⁶ PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021 - **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021.**
- ⁷ Sperling, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2.ed. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- ⁸ ZUANE, John De. **Handbook of Drinking Water Quality.** 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 575 p. 1997.
- ⁹ SOUZA, A. V. **Determinação da concentração de coagulantes Orgânicos e inorgânicos para remoção de turbidez e cor aparente da água do lago Igapó II.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 56. 2021.
- ¹⁰ VEIGA, G. **Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis.** Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Química Tecnológica) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 55. 2005.
- ¹¹ MACÊDO, J. A. B., **Águas & Águas.** São Paulo: Livraria Varela, 505 p. 2001.
- ¹² SANTOS, R. S.; MOHR, T. Saúde e Qualidade da Água: análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas, **Revista Contexto & Saúde**, Ijuí, v. 13 n. 24/25, p. 46-53. 2013.

- ¹³ PIMENTEL, L. C. A. **Saúde e qualidade da água: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas**. Monografia (Graduação Ciências Naturais) - Universidade Federal do Maranhão. São Bernardo, p. 34. 2018.
- ¹⁴ PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. Tese (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, p. 233. 2001.
- ¹⁵ MAGALHÃES, A. R. V. **Qualidade e Tratamento de Águas para Consumo Humano**. Tese (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, p. 129. 2021.
- ¹⁶ SOUZA, V. C. A. B.; SOARES, V. P.; MACIEL, A. V.; KEMERICH, P. D. C. Qualidade da água subterrânea do bairro Perpétuo Socorro de Santa Maria – RS, **Disciplinarum Scientia**. Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 31-49, 2004.
- ¹⁷ PEREIRA, L.; SANTIAGO, M. M. F.; FRISCKORN, H.; ARAÚJO, J. C.; LIMA, J. O. G. A salinidade das águas superficiais e subterrâneas na Bacia da Gameleira, Município de Aiuaba/CE. **Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, v. 20, n.2. 2006.
- ¹⁸ ARAUJO, I, R. G.; MORAIS, R. C. S. Análise espacial da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) em águas subterrâneas da região norte do piauí. **Revista Equador**, v. 4, n. 4, p. 67-80, 2015.
- ¹⁹ FELIPPE, M. F.; NETO, J. O. A. Comparação de técnicas de obtenção de sólidos totais dissolvidos nas águas: contribuição para os estudos de desnudação geoquímica, **Revista Brasileira Geomorfol**, São Paulo, v. 20, n. 1, p.19-33, 2019.
- ²⁰ PAIVA, M. L.; BAUMGARTEN, M. G. Z.; WALLY, M. K. Especificação do ferro em águas subterrâneas: otimização do método espectrofotométrico na região da luz visível, **Revista Analytica**, n. 57, 2012.
- ²¹ MARSIDI, N.; HASAN, H. A.; ABDULLAH, S. R. S. A review of biological aerated filters for iron and manganese ions removal in water treatment. **Journal of water process engineering**, n. 23, p. 1-12, 2018.
- ²² SANTOS, L. M.; SARTO, L. E.; BOZZA, G. F.; ALMEIDA, E. T. Química de Coordenação: Um Sonho Audacioso de Alfred Werner Santos, **Rev. Virtual Quim.**, n. 6, p. 1260-1281, 2014.
- ²³ BREITKREITZ, M.C.; SOUZA, A.M.; POPPI, R. J. Experimento didático de quimiometria para planejamento de experimentos: avaliação das condições experimentais na determinação espectrofotométrica de ferro ii com o-fenantrolina. um tutorial, parte III, **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 564-573, 2014.

10. ANEXOS

**DECLARAÇÃO DE ESTÁGIO OBRIGATÓRIO**

O **LABORATÓRIO ELA Sustentável** inscrito no CNPJ n. [REDACTED], localizado na Rua **Laurival Vieira**, número **234**, bairro **Barreiros**, na cidade de **São José/SC**, declara que a aluna **Milena Melo Vidi**, CPF [REDACTED], número de matrícula da UFSC [REDACTED], realizou estágio **OBRIGATÓRIO** referente a disciplina **Estágio Supervisionado (QMC 5515)** no **Laboratório ELA Sustentável** entre o período de **06/03/2023** a **30/06/2023**, totalizando 450 horas.

A Instituição de Ensino UFSC em que a aluna estuda possui vínculo com esta **empresa ou órgão** e a aluna tem seu projeto de estágio de conclusão de curso supervisionado pela **Químico Marcos Aerosvaldo Bittencourt**, CRQ/SC **13101467**, CPF [REDACTED].

Atenciosamente,

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS AREOSVALDO DE BITTENCOURT**
Data: 19/06/2023 09:21:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcos Aerosvaldo Bittencourt
ELA Sustentável