



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**

AMANDA ZIMMERMANN

Orientador: Profa. Dra. Cristiane Luisa Jost

Supervisor: Joarez da Silva Vieira Junior

Florianópolis
Dezembro/2022

Amanda Zimmermann

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PARÂMETROS DE POTABILIDADE DE
AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

Projeto 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-SC

Supervisor: Joarez da Silva Vieira Junior

Florianópolis
Dezembro/2022

Este trabalho é dedicado à minha avó,
Maria Benilde Mazon!

Agradecimentos

Mais uma etapa se encerra e por trás deste trabalho está o apoio de muita gente sem o qual nada disto teria sido possível, e aqui gostaria de registrar meu agradecimento a todos eles.

À Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais, Olivio e Magnólia Zimmermann, meus maiores exemplos de determinação e amor, que me deram todo o suporte para que eu chegasse até aqui. Muito obrigada! Amo vocês!

Aos meus irmãos, Arthur e Laura, por estarem comigo desde o início desta jornada. Meus melhores amigos. Amo vocês!

Ao meu namorado, Willian, pela companhia, paciência, apoio e incentivo para tudo, mas, principalmente, durante a realização deste trabalho. Obrigada por tudo! Você faz a minha vida mais feliz!

À minha orientadora, Professora Cristiane Luisa Jost, pela oportunidade, apoio e confiança na elaboração deste relatório.

A todos os colaboradores da empresa JR Hidroquímica pelos ensinamentos, paciência, conversas e ajuda durante todo o processo.

Aos meus amigos, Aline, André, Claudine, Rafael e Richard, obrigado pelo apoio durante todos esses anos e por tantos momentos felizes juntos.

À UFSC por me conceder o espaço físico e materiais didáticos necessários para o progresso dos meus estudos.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu estivesse aqui hoje! Muito obrigada!

LISTA DE ABREVIATURAS

CAS – Número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo *Chemical Abstract Service*.

CRQ – Conselho Regional de Química.

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

EPI – Equipamento de Proteção Individual.

IMA – Instituto do Meio Ambiente.

ISE – Sensor íon-seletivo.

NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez.

STD – Sólidos Totais Dissolvidos.

TISAB - Total ionic strength adjustment buffer.

VMP – Valor Máximo Permitido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de diferentes soluções para coleta de dados por espectrofotometria.

Figura 2 – Representação de um potenciômetro.

Figura 3 – Representação de um condutivímetro.

Figura 4 – Procedimento de análise do parâmetro Alumínio.

Figura 5 – Procedimento de análise do parâmetro Ferro.

Figura 6 – Procedimento de análise do parâmetro Fluoreto.

Figura 7 – Procedimento de análise do parâmetro pH.

Figura 8 – Procedimento de análise do parâmetro Condutividade.

LISTA DE TABELAS

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

Tabela 2 – Especificações para preservação e limite máximo para realização da análise das amostras de água subterrânea.

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados obtidos a partir da análise de parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano. Foram coletadas amostras de água subterrânea de duas empresas localizadas na cidade de Florianópolis no período entre agosto e novembro. O propósito deste trabalho é avaliar os resultados obtidos através das análises e compará-los com os valores máximos permitidos de acordo com a legislação GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde, conselho que rege e trata da qualidade da água para consumo humano e o seu padrão de potabilidade. Os resultados avaliados para o parâmetro do alumínio variaram entre 0,125 a 0,287 mg/L; o ferro variou entre 0,083 a 0,77 mg/L; o fluoreto variou entre 0,133 a 0,23 mg/L; o pH variou entre 5,1 a 6,08; e os sólidos totais dissolvidos (STD) variou entre 58,14 a 98,82 mg/L. Os resultados analisados para a maioria das amostras estavam de acordo com o padrão de qualidade exigido pela legislação. As amostras das empresas que não estiveram dentro do limite estabelecido pela legislação, foram orientadas à tratar a água captada e utilizada para consumo.

Palavras-chave: água subterrânea, legislação ambiental, parâmetros físico-químicos.

SUMÁRIO

1 JUSTIFICATIVA	10
2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DO ESTÁGIO.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Água subterrânea	12
3.1.1 Aspectos físico-químicos da água.....	12
3.1.2 Legislação ambiental de potabilidade.....	12
3.2 Métodos de análise.....	13
3.2.1 Espectrometria	14
3.2.2 Potenciometria	15
3.2.3 Condutimetria	15
4 OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo geral.....	17
4.2 Objetivos específicos	17
5 MATERIAL E MÉTODOS	18
5.1 Materiais e Reagentes.....	18
5.2 Instrumentação	18
5.3 Coleta das amostras.....	18
5.4 Parâmetros físico-químicos da água subterrânea.....	19
5.4.1 Alumínio	19
5.4.2 Ferro.....	20
5.4.3 Fluoreto	21
5.4.4 pH.....	22
5.4.5 Condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos	22
5.5 Segurança no laboratório e tratamento de resíduos.....	23
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
6.1 Análise dos parâmetros físico-químicos	24
6.1.1 Alumínio	24
6.1.2 Ferro.....	25
6.1.3 Fluoreto	26
6.1.4 pH.....	27
6.1.5 Condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos	28
7 CONCLUSÃO.....	30
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 JUSTIFICATIVA

Em virtude do crescimento populacional e industrialização em áreas urbanas, evidencia-se o agravamento de diversos problemas ambientais, sobretudo na contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Com a falta de fiscalização e aplicação de políticas de tratamento de resíduos, ocorre a deposição de diversas substâncias tóxicas nos compartimentos ambientais, o que acaba por comprometer e contaminar a qualidade da água que é captada, seja de fontes superficiais ou subterrâneas, e fornecida para o consumo humano.

O Laboratório de Controle de Qualidade, JR Hidroquímica, realiza diversos tipos de análises físico-químicas e microbiológicas para avaliação dos parâmetros de qualidade da água, e de outros produtos como refrigerantes, fármacos manipulados e efluentes. Para que a água seja considerada potável e esteja dentro dos parâmetros preconizados pela legislação, faz-se necessário um tratamento adequado seguindo normas estipuladas pelo Ministério da Saúde da Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, que trata da qualidade da água para consumo humano e o seu padrão de potabilidade.

Este trabalho tem por finalidade relatar a rotina de atividades de estágio na JR Hidroquímica no período compreendido entre agosto e novembro de 2022. São descritos processos de análise (detecção de alumínio, ferro, fluoreto) e avaliação de parâmetros físico-químicos (como de pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos) a partir de amostras de água subterrânea coletadas na cidade de Florianópolis/SC.

2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

A JR Hidroquímica é um laboratório de controle de qualidade, situado na cidade de Florianópolis-SC, que atua no ramo de análises físico-químicas e microbiológicas de águas, efluentes, produto acabado, bases galênicas, matrizes homeopáticas e doseamento de matérias-primas de medicamentos. Atuando há mais de 27 anos, a JR Hidroquímica também oferece consultoria de controle de qualidade e controle ambiental para diversas empresas da região.

O laboratório está organizado em 3 subdivisões: laboratório físico-químico I e II, onde são realizadas análises de água e efluente; laboratório de microbiologia, responsável pelas análises de parâmetros microbiológicos em águas, efluentes e medicamentos; e o laboratório físico-químico III, onde são realizadas as análises de medicamentos. O escopo das análises realizadas pela JR Hidroquímica envolve vários parâmetros, dentre eles estão as análises de diversos metais, condutividade, pH, dureza, alcalinidade, óleos e graxos, DBO e DQO, entre outros.

A JR Hidroquímica dispõe de profissionais capacitados para coleta das amostras que serão posteriormente analisadas em laboratório, e/ou pelo envio das amostras pelo Correio, onde neste caso é disponibilizado um vídeo feito pela empresa de como que deve ser feita a coleta adequada das amostras. Os laboratórios da empresa possuem registro de licença ambiental IMA (Instituto do Meio Ambiente), registro na Vigilância Sanitária e CRQ 13ª Região. No momento a empresa encontra-se em fase de implementação da NBR ISO/IEC 17025:2017.

A JR Hidroquímica trabalha pela excelência das análises e gestão ambiental e é referência em controle de qualidade no sul do país.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Água Subterrânea

3.1.1 Aspectos físico-químicos da água

Os reservatórios de água subterrânea, também conhecidos como aquíferos, ocupam aproximadamente 48% do território nacional e levam esse nome pelas suas condições de armazenamento e circulação de águas, e em função de seus limites em superfície e subsuperfície. A água encontrada nesses mananciais são importante fontes de água doce e se encontram armazenadas em poros e fissuras milimétricas das rochas, abrangendo grandes extensões territoriais com grandes volumes de água (MIDÕES et al., 2001).

As águas subterrâneas naturais, em virtude da sua composição química, bem como das condições do meio onde se encontram, apresentam várias propriedades físicas e químicas como cor, turbidez, temperatura e condutividade elétrica, concentração de íons, que podem variar de acordo com sua geolocalização (ZOBY, 2022).

Por mais que as águas subterrâneas provenientes dos mananciais de água doce possam ser utilizadas para consumo humano, existem legislações que monitoram alguns parâmetros exigidos, estabelecendo limites máximos para cada propriedade.

3.1.2 Legislação Ambiental

A legislação brasileira que estabelece leis para os parâmetros de potabilidade de águas subterrâneas é o Ministério da Saúde, e a Vigilância Sanitária fica responsável por monitorar e fiscalizar. Juntos, esses dois órgãos fazem o controle de diversos parâmetros necessários para que a água seja propícia para o consumo humano.

Os limites máximos permitidos para esses parâmetros foram estabelecidos através da legislação do Ministério da Saúde GM/MS nº 888/2021, como descrito na tabela 1.

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

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia	7664-41-7	mg/L	1,2
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente		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
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Gosto e Odor		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,02
pH		-	6,0-9,5
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		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5

Fonte: Adaptado Legislação GM/MS nº 888/2021.

A presença dessas substâncias em águas subterrâneas provém de diversos fatores, como o descarte incorreto de rejeitos industriais, atividades agrícolas com uso de fertilizantes e pesticidas, atividade mineradora sem fiscalização, desmatamento, entre outros. Esses parâmetros são analisados através de métodos potenciométricos, espectrofotométricos, condutimétricos e volumétricos.

3.2 Métodos de análise

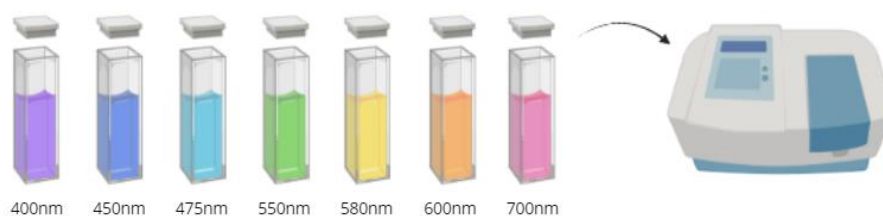
Os métodos analíticos podem ser classificados em métodos clássicos, quando utilizados para determinar a massa do analito ou o volume de uma solução contendo reagente, conhecidos como gravimétricos e volumétricos, e em métodos instrumentais que consistem na medida das propriedades físicas do analito, tais como condutividade, potencial de eletrodo, absorção ou emissão de luz, razão massa/carga e fluorescência. Dispositivos simples, como condutivímetros, pHmetros e espectrofotômetros podem ser

utilizados para detectar analitos em baixas concentrações, em concordância com a legislação para a análise de amostras de água de origem natural, por exemplo.

3.2.1 Espectrofotometria

A espectrofotometria é uma técnica utilizada para avaliar a absorção de radiação por moléculas presentes em solução, quando um feixe de luz passa através da solução em análise. O princípio básico de funcionamento é que cada composto absorve ou reflete a luz em um comprimento de onda específico, assim como exemplificado à figura 1.

Figura 1 – Representação de diferentes soluções para coleta de dados por espectrofotometria.



Fonte: Autoria própria, 2022.

O equipamento utilizado para coletar dados por espectrofotometria é composto por uma fonte de radiação, monocromador, porta-amostras, detectores e o indicador de sinal (VOGEL, 2002).

As análises realizadas por espectrofotometria seguem a Lei de Lambert-Beer, mostrada na Equação 1, a qual estabelece que a absorvância de um feixe monocromático de radiação eletromagnética tem relação direta e proporcional com a concentração da espécie absorvente. Esta Lei de Beer pode ser utilizada para descrever o comportamento da absorção de soluções diluídas, ou seja, de baixa concentração (SKOOG, 2002).

$$A = \epsilon bc \quad \text{Equação 1}$$

Onde

A = absorvância

ϵ = coeficiente de absorção molar

b = caminho óptico, cm

c = concentração, mol/L

Na Espectrometria de Absorção Molecular UV-Vis pode ser utilizado Lâmpadas de Deutério, arco curto de Xenônio e de filamento de Tungstênio como fontes de radiação (SKOOG, 2002)

3.2.2 Potenciometria

A potenciometria é uma técnica que se baseia na medida do potencial elétrico de amostras líquidas, na ausência de uma corrente elétrica significativa. Com ela podemos obter informações sobre íons ou gases dissolvidos na solução de amostra, através de um dispositivo chamado eletrodo (SKOOG, 2002). Existem diversos tipos de eletrodo que são sensíveis ao íon em que se quer determinar, um exemplo é o eletrodo de vidro que é sensível ao íon H^+ presente na solução, como demonstrado na figura 2.

Figura 2 – Representação de um potenciômetro



Fonte: Autoria própria, 2022.

Nas análises realizadas através de métodos potenciométricos, o equipamento utilizado, potenciômetro, é simples e de baixo custo, e é composto por um eletrodo de referência, um eletrodo indicador e um dispositivo de medida do potencial. Para análises em uma célula típica potenciométrica, o eletrodo de referência é uma meia-célula com um potencial de eletrodo conhecido, o qual permanece sob temperatura constante, independente da composição da solução do analito. Já no eletrodo indicador, o potencial depende da concentração do analito em solução. Neste método, também faz parte do sistema uma ponte salina, utilizada para prevenir que os componentes da solução do analito se misturem com os do eletrodo de referência (SKOOG, 2002).

3.2.3 Condutimetria

A condutimetria é uma técnica de análise que se baseia na medida da condutividade elétrica de uma solução eletrolítica. A condução da eletricidade ocorre através da migração de íons durante a aplicação de um potencial de corrente alternada, e é proveniente da solução iônica presente no meio. Esse tipo de análise também faz uso de um eletrodo que mede a resistência da solução em análise a um circuito, como demonstrado na figura 3.

Figura 3 – Representação de um condutivímetro



Fonte: Autoria própria, 2022.

A condutividade de uma solução iônica depende do número de íons presentes, da carga e da mobilidade dos íons. Todavia, a condutividade de uma solução não é específica, pois seu resultado é gerado a partir da soma das condutâncias individuais da totalidade das espécies iônicas presentes nesta solução (SKOOG, 2002). A condutividade de uma solução iônica é dada pela equação 2:

$$L = k A / \ell \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

k = condutância específica $1/\text{cm} = \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

A = área da seção transversal

ℓ = comprimento

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Analisar os parâmetros físico-químicos de potabilidade em amostras de água subterrânea, estabelecendo o controle de qualidade e controle ambiental com base na legislação vigente.

4.2 Objetivos específicos

- Vivenciar a rotina e funcionamento do laboratório para realização das análises físico-químicas em água subterrânea;
- Preparar e coletar amostras de água de origem natural;
- Avaliar parâmetros físico-químicos e a presença de certos analitos (pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade, alumínio, ferro, fluoreto) em amostras de água subterrânea;
- Comparar os resultados obtidos com os limites estabelecidos pela legislação.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Materiais e reagentes

Para a avaliação dos parâmetros físico-químicos da água, foram utilizados reagentes com alto grau de pureza. A metodologia utilizada em cada análise foi baseada em “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. Para detecção de alumínio e ferro foram utilizados os kits *Spectroquant* da Merck (Kenilworth, NJ, EUA).

Na diluição de reagentes e das amostras, quando necessário, utilizou-se água ultrapura com resistividade maior que 18 M Ω cm obtida de um sistema de purificação Mega Purity (Billerica, MA, EUA).

5.2 Instrumentação

A determinação dos metais foi realizada por espectrofotometria, onde foi monitorado as amostras em dois comprimentos de onda de 510 e 550 nm, e utilizado para este fim cubetas de vidro de 20mm e um espectrofotômetro modelo Spectroquant Pharo 300 (Kenilworth, NJ, EUA). Para análise do pH e fluoreto, foi utilizando um pHmetro de bancada de pH/ISE/mV da Hanna (Rhode Island, EUA), previamente calibrado com soluções de pH 4,0; 6,98 e 10,0. Para medidas de condutividade e sólidos totais dissolvidos foi utilizado um condutivímetro de bancada de EC/TDS/Salinity da Hanna (Rhode Island, EUA), previamente calibrado com solução KCl 0,1 mol L⁻¹.

5.3 Coleta de amostras

As coletas das amostras são realizadas por um profissional qualificado, que se desloca até o local da coleta e, dependendo do tipo de amostra, realiza a análise em campo de dois parâmetros: pH e cloro. Antes da coleta, é realizada a limpeza das torneiras com álcool 70% para higienização da superfície, garantindo assim que a amostra não sofra contaminação durante a coleta.

As análises físico-químicas exigem preservação da amostra em frascos contendo acidificação ou não. Na Tabela 2 está descrito o tipo de preservação que cada parâmetro necessita para realização das análises em laboratório.

Tabela 2 - Especificações para preservação e limite máximo para realização da análise das amostras de água subterrânea.

Parâmetro	Preservação	Prazo máximo de análise
Alumínio	HNO ₃	6 meses
Ferro	HNO ₃	6 meses
Fluoreto	-	28 dias
pH	-	15 minutos
Condutividade	-	24 horas
Sólidos Totais Dissolvidos	-	24 horas

Fonte: Autoria própria, 2022.

Para avaliação dos parâmetros de potabilidade de água subterrânea, foram utilizadas 10 amostras provenientes de duas empresas distintas entre os períodos de agosto e novembro de 2022, onde foram realizadas análises físico-químicas de alumínio, ferro, fluoreto, pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos, e feita a comparação dos resultados com a legislação ambiental.

5.4 Parâmetros físico-químicos da água subterrânea

5.4.1 Alumínio

As análises foram realizadas por espectrometria, utilizando o kit Spectroquant Merck – Alumínio 1.14825 e um espectrofotômetro.

Para a determinação da concentração de alumínio nas amostras, é efetuado primeiramente o ajuste do pH com hidróxido de sódio (NaOH) para que a amostra esteja dentro do intervalo de 3,0 – 10,0. Adicionou-se em um tubo de ensaio uma alíquota 5,0 mL da amostra e uma medida do reagente codificado como Al-1. Com o auxílio de um agitador magnético, a amostra foi submetida à agitação constante até que o reagente fosse totalmente dissolvido. Em seguida, adicionou-se 1,2 mL do reagente Al-2 e a amostra foi novamente colocada sob agitação. Por fim, adicionou-se 250 µL do reagente Al-3. Após a mistura de reagentes, o tubo de ensaio foi mantido em repouso por 2 minutos. Para a medição, o seletor de método (Merck Al – 1.14825) foi posicionado no espectrofotômetro. Transferiu-se então a amostra para uma cubeta de vidro com caminho óptico de 20 mm e realizada a medição no espectrofotômetro Spectroquant Prove 300 no comprimento de onda em 550 nm. Após a análise, a amostra foi descartada nos resíduos e a cubeta foi limpa com água purificada.

Para a determinação da quantidade de alumínio na amostra, é feito o cálculo pela equação 3 e o resultado expresso em mg/L.

$$\text{Alumínio} = M \times (V_a/V_b) \text{ mg/L Al}$$

Equação 3. Cálculo da Concentração de Alumínio

Onde:

M = medição fornecida pelo equipamento;

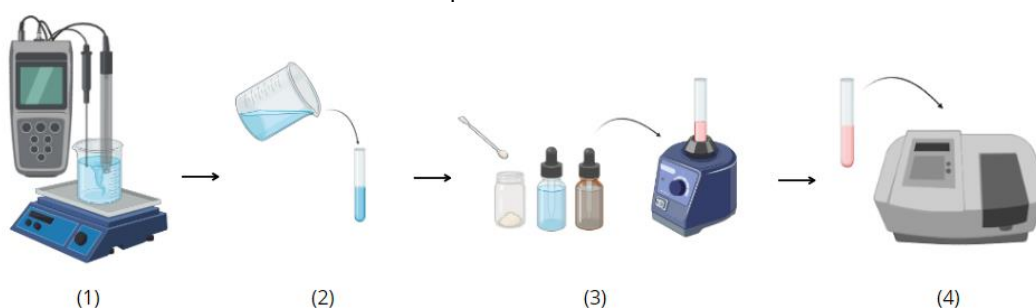
V_a = volume de amostra na diluição;

V_b = volume total de amostra diluída.

O procedimento geral de análise e determinação do parâmetro de alumínio está demonstrado na figura 4.

Figura 4- Procedimento de análise do parâmetro Alumínio

Etapas: 1- ajuste do pH; 2- transferência da amostra; 3- adição dos reagentes; 4- análise no espectrofotômetro.



Fonte: Autoria própria, 2022.

5.4.2 Ferro

As análises foram realizadas por espectrofotometria, utilizando um Kit de reagentes Merck Spectroquant Ferro 1.14761 e um espectrofotômetro.

Com auxílio de uma proveta, mediu-se 50,0 mL da amostra e transferiu-se para um béquer de 250,0 mL. Foram adicionados 0,250 mL de ácido sulfúrico 25% (v/v) e três medidas de persulfato de amônio ou potássio. O béquer foi tampado com um vidro relógio e colocado em uma chapa de aquecimento por 1 hora em ebulição branda. Após 1 hora, a amostra é retirada da chapa de aquecimento e deixada na bancada para resfriar e atingir a temperatura ambiente. É efetuado então o ajuste do pH com hidróxido de sódio (NaOH) para que a amostra esteja dentro do intervalo permitido de pH para ferro, de 1,0 – 10,0. Após o ajuste, a amostra foi transferida para uma proveta de 50,0 mL e avolumada com água purificada até o menisco.

Para determinação da concentração do ferro, transferiu-se com uma micropipeta, 5,0 mL da amostra digerida para um tubo de ensaio. Adicionou-se 3 gotas do reagente Fe-1 e submetido à agitação constante. O tubo de ensaio foi mantido em repouso por 3

minutos. Para a medição, o seletor de método (Merck Fe 1.14761) foi posicionado no espectrofotômetro. Após os 3 minutos, a amostra foi transferida para uma cubeta de vidro de 20 mm e a medição foi realizada no espectrofotômetro Spectroquant Pharo 300 no comprimento de onda de 510 nm. Ao final da análise, a amostra foi descartada e a cubeta foi enxaguada com água purificada.

A concentração de ferro foi calculada pela Equação 4 e o resultado expresso em mg/L.

$$\text{Ferro total} = M \times (V_a/V_b) \text{ mg/L Fe}$$

Equação 4. Cálculo da Concentração de Ferro

Onde:

M = medição fornecida pelo equipamento;

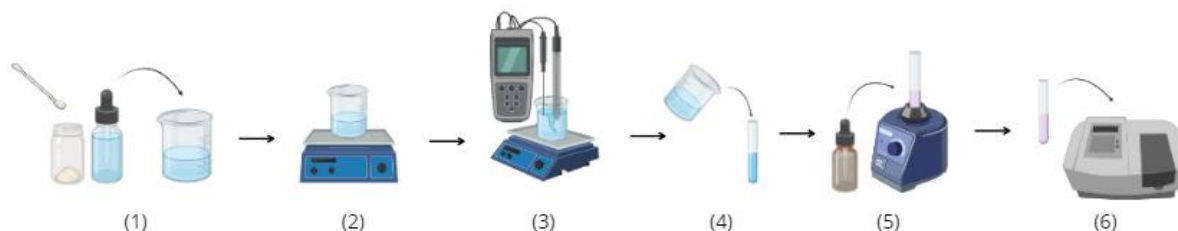
V_a = volume de amostra na diluição;

V_b = volume total de amostra diluída.

O procedimento geral de análise e determinação do parâmetro de ferro está demonstrado na figura 5.

Figura 5- Procedimento de análise do parâmetro Ferro

Etapas: 1- adição dos reagentes; 2- chapa de aquecimento; 3- ajuste do pH; 4- transferência da amostra; 5- adição do reagente Fe-1; 6-análise no espectrofotômetro.



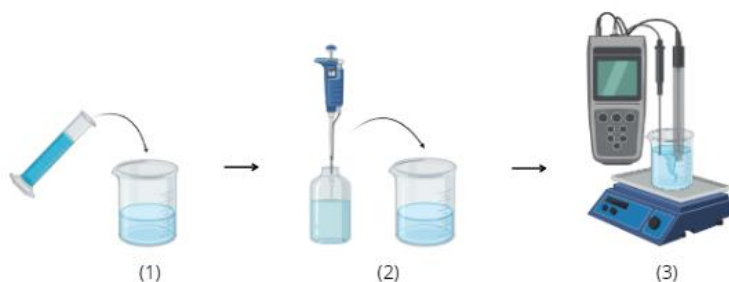
Fonte: Autoria própria, 2022.

5.4.3 Fluoreto

Para a determinação de fluoreto foi utilizado um potenciômetro de bancada de pH/ISE/mV- Hanna, um eletrodo íon-seletivo combinado para fluoreto, bem como um agitador magnético, assim como demonstrado na figura 6. Transferiu-se para um béquer de 150,0 mL, 90,0 mL da amostra com o auxílio de uma proveta, e, com uma micropipeta, 10,0 mL de solução TISAB. O eletrodo íon-seletivo foi inserido no béquer contendo a amostra, e, sob agitação lenta, foi feita a medição aguardando o tempo de 3 minutos ou até que o valor permaneça estável. Ao final do procedimento, o eletrodo foi enxaguado com água purificada, seco com papel macio absorvente e deixado em descanso em solução de KCl 3,0 mol/L.

Figura 6- Procedimento de análise do parâmetro Fluoreto

Etapas: 1- medir a amostra; 2- adição de TISAB; 3- análise do fluoreto.



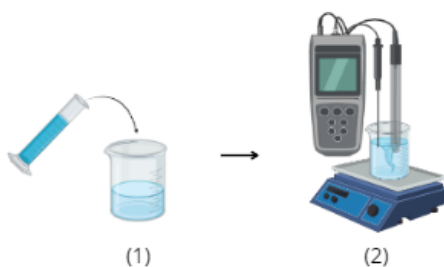
Fonte: Autoria própria, 2022.

5.4.4 pH

Para a medida de pH, utilizou-se um pHmetro de bancada de pH/ISE/mV – Hanna, um eletrodo de vidro, e um agitador magnético, assim como demonstrado na figura 7. Transferiu-se uma quantidade de volume suficiente para um béquer e este colocado sob agitação. O eletrodo de vidro e o sensor de temperatura foram inseridos no béquer em contato com a amostra, estando estes em uma profundidade adequada. Foi realizada a medição, sob agitação lenta até que o valor do pH se tornou estável. Este procedimento é realizado sempre em duplicata para maior precisão dos resultados. O eletrodo e o sensor foram enxaguados com água purificada e deixado em descanso em solução de KCl 3,0 mol/L.

Figura 7- Procedimento de análise do parâmetro pH

Etapas: 1- transferir a amostra; 2- análise do pH.



Fonte: Autoria própria, 2022.

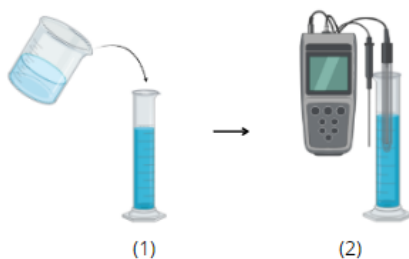
5.4.5 Condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos

Para a análise da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos, é utilizado o mesmo equipamento de medição, um condutímetro de bancada EC/TDS/Salinity - Hanna, assim como demonstrado na figura 8. Com o auxílio de uma proveta, foi medido 25,0 mL de amostra e inserido o eletrodo na proveta até que este esteja a uma

profundidade adequada. Foi realizada a medição da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos até a leitura permanecer estável. No mesmo equipamento é possível fazer a medição dos dois parâmetros, utilizando a mesma alíquota de amostra. Após a análise, o eletrodo foi enxaguado com água purificada, seco com papel macio absorvente, e deixado em descanso em solução de KCl 3,0 mol/L.

Figura 8- Procedimento de análise do parâmetro Condutividade

Etapas: 1- transferir a amostra; 2- análise da condutividade.



Fonte: Autoria própria, 2022.

5.4.6 Segurança no laboratório e tratamento de resíduos

O laboratório de físico-química da empresa JR Hidroquímica fornece EPIs de segurança para seus colaboradores, como jalecos, luvas, máscaras, sapatos fechados de proteção, itens indispensáveis para preservação da segurança do laboratorista. Os resíduos gerados durante as análises no laboratório foram armazenados e encaminhados para uma empresa terceirizada que é responsável pelo tratamento de resíduos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

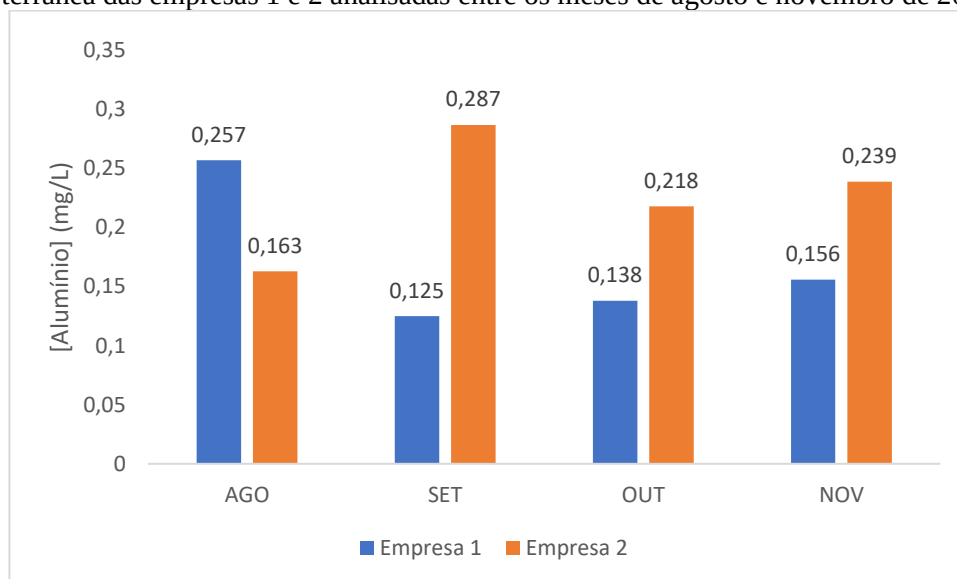
6.1 Análise dos parâmetros físico-químicos

6.1.1 Alumínio

Para a determinação de alumínio nas amostras de água subterrânea, foi utilizado o kit Spectroquant Merck – Alumínio 1.14825 e as análises realizadas por espectrofotometria. Primeiramente é feito o ajuste de pH na amostra coletada em frasco com preservação de ácido nítrico (HNO_3), pois em soluções fracamente ácidas tamponadas com acetato, os íons Al^{3+} reagem com o cromazurol S para formar um composto azul-violeta. Devido à coloração alaranjada do reagente Al-3 adicionado por último na alíquota de análise, a solução final possui coloração vermelho-alaranjada com diferentes intensidades dependendo da amostra. O complexo formado é determinado em $\lambda = 550 \text{ nm}$.

O valor máximo permitido (VMP) para o alumínio é de 0,20 mg/L, segundo a legislação GM/MS nº 888/2021. Analisando as amostras coletadas das empresas 1 e 2 para a potabilidade da água subterrânea, representado no gráfico 1, entre os períodos de agosto a novembro, pode-se observar que dentre as amostras coletadas da empresa 1, apenas a amostra de agosto se manteve fora da faixa limite exigida pela legislação. Já para a empresa 2, as amostras coletadas nos meses de setembro, outubro e novembro estiveram acima do limite máximo permitido, e apenas a amostra de agosto estava dentro do valor estipulado pela legislação. O teor de alumínio está relacionado ao fluxo hidrológico, às interações solo-água, bem como a características geológicas, o que pode justificar valores fora daqueles estipulados pela legislação em vigor.

Gráfico 1 – Resultados de concentração de alumínio determinado nas amostras de água subterrânea das empresas 1 e 2 analisadas entre os meses de agosto e novembro de 2022.



Fonte: Autoria própria, 2022.

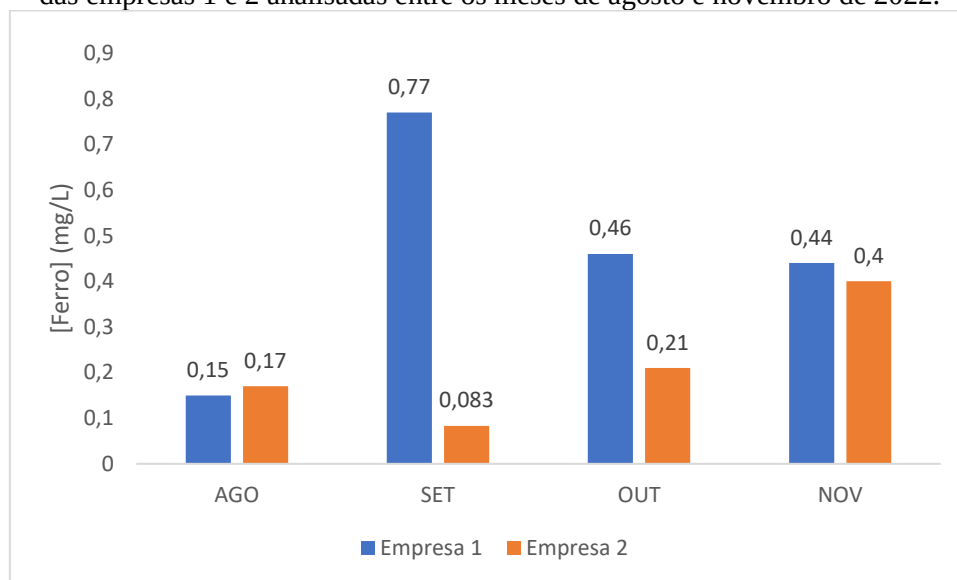
6.1.2 Ferro

Para a determinação de ferro nas amostras de água subterrânea, foi utilizado o kit Spectroquant Merck – Ferro 1.14761 e as análises realizadas por espectrofotometria. Depois de efetuar uma digestão oxidativa ácida, os íons de ferro provenientes de óxidos, hidróxidos e de complexos ficam livres em solução e se reduzem a Fe^{2+} . A solução é deixada resfriar até atingir temperatura ambiente, e realizada a adição do reagente Fe^{-1} , o qual é uma mistura de tioglicolato de amônio e ácido tioglicólico, onde ocorre a formação de um complexo de coloração roxa, que pode ser determinado espectrofotometricamente em $\lambda = 510 \text{ nm}$. O complexo formado em condições de pH entre 6 e 10 possui coloração vermelha; entretanto, se o pH estiver ácido a solução adquire coloração roxa.

O valor máximo permitido (VMP) para o ferro é de 0,30 mg/L, segundo a legislação GM/MS nº 888/2021. Analisando as amostras coletadas das empresas 1 e 2 para a potabilidade da água subterrânea, representado na gráfico 2, entre os períodos de agosto a novembro, pode-se observar que os resultados para a empresa 1 estiveram acima do valor máximo permitido pela legislação nos meses de setembro, outubro e novembro. Já para empresa 2, pode ser observado que apenas no mês de novembro a concentração de ferro ficou acima do valor permitido, mantendo-se abaixo nos meses de agosto, setembro e outubro. Uma possível explicação para a concentração de ferro nas

amostras estarem acima do estipulado pela legislação, é no ponto escolhido para a coleta da água subterrânea, não sendo analisado a profundidade, o solo e condições climáticas, parâmetros que contribuem para o valor de ferro na amostra.

Gráfico 2– Resultados de concentração de ferro determinado nas amostras de água subterrânea das empresas 1 e 2 analisadas entre os meses de agosto e novembro de 2022.



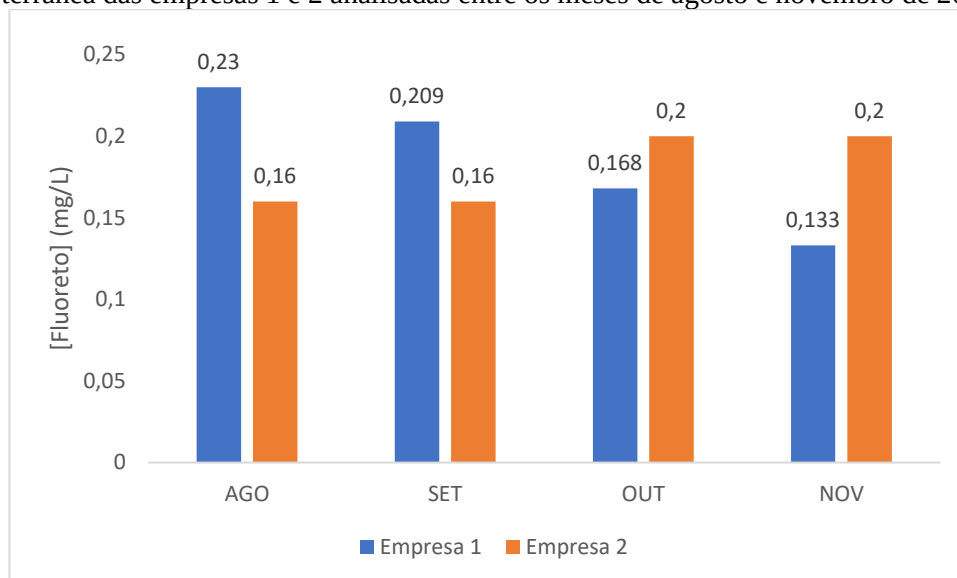
Fonte: Autoria própria, 2022.

6.1.3 Fluoreto

Para a determinação de fluoreto nas amostras de água subterrânea, foi utilizado um eletrodo íon-seletivo acoplado a um potenciômetro. O equipamento empregado nesta análise é constituído de um eletrodo de estado sólido com uma membrana de fluoreto de lantânio (LaF_3), sendo este sensível a atividade do íon fluoreto em solução. Desta forma, é fundamental o uso da solução de ajuste de força iônica total (denominada TISAB III) para ajuste de força iônica do meio em amostras e soluções de calibração.

O valor máximo permitido (VMP) para o fluoreto é de 1,50 mg/L, segundo a legislação GM/MS nº 888/2021. Analisando as amostras coletadas das empresas 1 e 2 para a potabilidade da água subterrânea, representado no gráfico 3, entre os períodos de agosto a novembro, pode-se observar que os resultados para todas as amostras coletadas nesse período e de ambas as empresas apresentaram valores bem abaixo do valor máximo permitido pela legislação.

Gráfico 3 – Resultados de concentração de fluoreto determinado nas amostras de água subterrânea das empresas 1 e 2 analisadas entre os meses de agosto e novembro de 2022.



Fonte: Autoria própria, 2022.

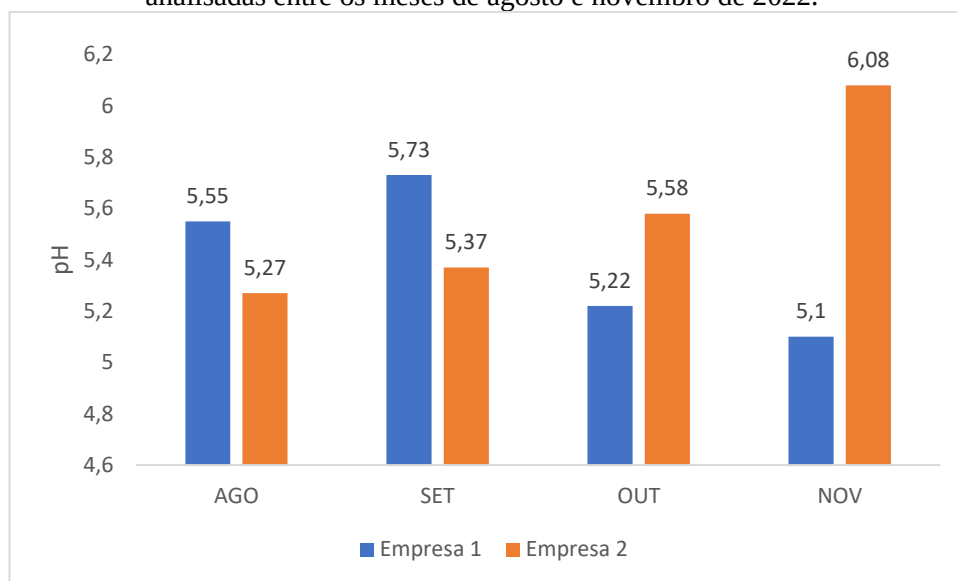
6.1.4 pH

Para as análises do pH das amostras de água subterrânea, foi utilizado um pHmetro de bancada pH/ISE/mV – Hanna e um agitador magnético. Este aparelho é constituído por um potenciômetro, um termômetro e um eletrodo de vidro, que em contato com a solução aquosa contendo os íons H^+ na amostra, geram uma ddp convertida em unidades de pH. Antes de iniciar as análises das amostras, o eletrodo é calibrado uma vez ao dia, garantindo assim maior precisão.

O valor máximo permitido (VMP) para o pH é compreendido pelos limites inferiores e superiores, de 6,0 a 9,5, respectivamente, segundo a legislação GM/MS nº 888/2021. Analisando as amostras coletadas das empresas 1 e 2 para a potabilidade da água subterrânea entre os períodos de agosto a novembro, representado no gráfico 4, pode-se observar que apenas uma amostra da empresa 2 no mês de novembro esteve dentro dos limites estipulados para a legislação. Para todas as outras amostras, os limites estiveram abaixo do permitido para a legislação, o confere características ácidas às amostras de água analisadas. Uma possível explicação para o baixo valor de pH encontrado nas amostras pode ser evidenciado pelas características geológicas do local de coleta. Outra explicação plausível também pode ser pela demora na realização do ensaio podendo haver incorporação de CO_2 à amostra, o que provoca um equilíbrio de

dissociação em solução aquosa com geração de íons hidrônio, e, consequentemente, a diminuição do pH. Como o pH possui 15 minutos de prazo para análise, em sua maioria as análises são realizadas no próprio local da coleta utilizando um pHmetro portátil, porém quando não é possível realizar as medidas de pH no próprio local, as análises são realizadas em laboratório.

Gráfico 4 – Resultados de pH determinado nas amostras de água subterrânea das empresas 1 e 2 analisadas entre os meses de agosto e novembro de 2022.



Fonte: Autoria própria, 2022.

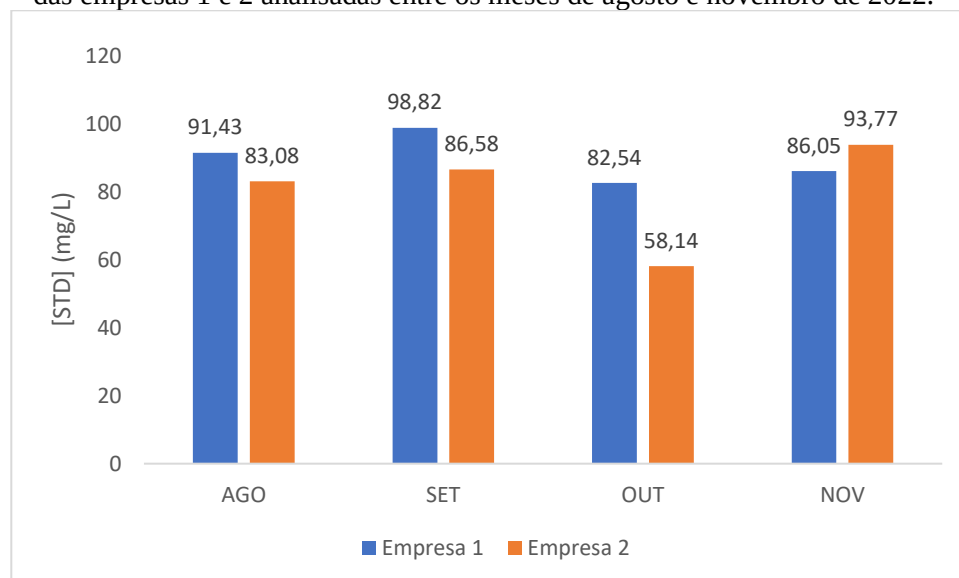
6.1.5 Condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos

Para a determinação da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos (STD) nas amostras de água subterrânea, foi utilizado o mesmo equipamento de medição, um condutivímetro de bancada EC/TDS/Salinity. A resposta gerada pela célula de condutividade demonstra a capacidade de uma amostra conduzir corrente elétrica. Ainda, é possível realizar a medida de sólidos totais dissolvidos, parâmetro relacionado à condutividade, mudando apenas o modo de apresentação de dados no próprio equipamento.

Para análise de potabilidade em águas subterrâneas, segundo a legislação GM/MS nº 888/2021, a condutividade não é um parâmetro analisado nesse tipo de amostra; a legislação abrange apenas os sólidos totais dissolvidos (STD) que possui um limite permitido de 500 mg/L. Analisando as amostras coletadas das empresas 1 e 2 para a potabilidade da água subterrânea entre os períodos de agosto a novembro, representado no gráfico 5, pode-se observar que todas as amostras obtiveram valores

inferiores aos limites máximos permitidos para esse parâmetro, estando de acordo com a legislação.

Gráfico 5 – Resultados de concentração de STD determinado nas amostras de água subterrânea das empresas 1 e 2 analisadas entre os meses de agosto e novembro de 2022.



Fonte: Autoria própria, 2022.

7 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros utilizados para detecção de fatores que interferem na qualidade da água subterrânea usada para consumo e comparar esses resultados com a legislação. O Ministério da Saúde é o órgão responsável por limitar valores máximos para cada parâmetro e confirmar se as amostras são consideradas próprias para o consumo humano, sem oferecer riscos à saúde da população.

Para os resultados das análises de alumínio, ferro e pH de ambas as empresas, os valores obtidos para algumas amostras estiveram fora da faixa limite estabelecida pela legislação GM/MS nº 888/2021. Esses valores indicam que o consumo dessa água nestas condições pode acarretar problemas para a saúde dos consumidores, tais como, insuficiência renal, ressecamento cutâneo, queimaduras oculares e nasais, entre outros. Já os resultados dos parâmetros de fluoreto e sólidos totais dissolvidos estiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Uma medida importante para análise dos parâmetros de controle da qualidade das águas subterrâneas seria um acompanhamento mais frequente das avaliações físico-químicas e microbiológicas, e, caso estes apresentem resultados insatisfatórios, o consequente tratamento desses mananciais.

8 CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL

Estagiando na empresa JR Hidroquímica pude vivenciar a realidade e o dia a dia de um químico em um laboratório. A experiência adquirida durante o estágio obrigatório me proporcionou uma ampla experiência, pois atuei em diferentes setores dentro da empresa, tanto no laboratório físico-químico e microbiológico, como também nas coletas em campo.

O contato mais próximo com profissionais da área e o conhecimento sobre as normas e legislações que regem as análises, garantiram uma compreensão diferente do que estávamos acostumados durante a graduação.

9 REFERÊNCIAS

AOAC OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. Appendix F: Guidelines for standard method performance requirements. 2012.

BETTEGA, Janine Maria Pereira Ramos et al. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 950-954, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] União**:, n. 85, p. 127-127, 2021.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 357, 17/03/2005. Dispõe sobre níveis excessivos de ruído incluídos os sujeitos ao controle da poluição de meio ambiente. CAMPOS, Heraldo Cavalheiro Navajas Sampaio. Águas subterrâneas na Bacia do Paraná. **Geosul**, v. 19, n. 37, p. 47-65, 2004.

DE OLIVEIRA SILVA, Júlia Pereira; FERREIRA, Gessé Pereira; DE MATOS, Jaqueline Borges. Monitoramento dos aspectos físico-químicos da qualidade da água na Praia Lagunar das Palmeiras. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, 2021.

DOVIDAUSKAS, Sérgio et al. Determinação de fluoreto em baixas concentrações: validação de método com eletrodo íon seletivo para análise da água utilizada na preparação de soluções de diálise. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 4, p. 347-360, 2015.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler; ALÉM SOBRINHO, P. Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, n. 4, 1998.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler; ALVES, Rosemeire. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, p. 362-370, 2006.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler; MARCHETTO, Margarida. Otimização multi-objetivo de estações de tratamento de águas de abastecimento: remoção de turbidez, carbono orgânico total e gosto e odor. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, p. 7-15, 2006.

MACHADO, Maria Clara Bezerra Teixeira et al. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE PARAÍSO DO TOCANTINS.

MIDÕES, Carla; FERNANDES, Judite; COSTA, Cristina Gomes da. Água subterrânea: conhecer para proteger e preservar. **Publicação sob o projecto Nº P-IV-1052, do Programa Ciência Viva**, 2001.

SALDANHA, Teresa Cristina B.; ARAÚJO, Mário César U. de; BARROS NETO, Benício de. Análise multicomponente simultânea por espectrofotometria de absorção molecular UV-VIS. **Química Nova**, v. 22, p. 847-853, 1999.

SANTOS, Renata Souza. SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUA SUBTERRÂNEAS. **Revista contexto & saúde**, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2013.

SKOOG, WEST, HOLLER, CROUCH, **Fundamentos de Química Analítica**, Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Disponível em: <https://www.standardmethods.org/doi/abs/10.2105/SMWW.2882.193>. Acesso em setembro de 2021.

USEPA. Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water. **EPA 815-R-15-010**, 2015.

VOGEL, **Análise Química Quantitativa**, 6ª Edição, LTC Editora, Rio de Janeiro RJ, 2002.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinkingwater quality, 2nd ed. Geneva, 1998.

ZOBY, J. L. G. PANORAMA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23802>. Acesso em: 2 dez. 2022.



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 **AMANDA ZIMMERMANN**, 063.597.749-41, número de matrícula da UFSC 16200202, realizou estágio OBRIGATÓRIO referente à disciplina **Estágio Supervisionado (QMC 5515)** na **WV Hidroanálise LTDA** entre o período de 17/08/2022 a 05/12/2022, 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, 387.029.919-34.

Atenciosamente,



JOAREZ DA SILVA VIEIRA JUNIOR
Supervisor - WV Hidroanálise LTDA



Documento assinado digitalmente
AMANDA ZIMMERMANN
Data: 02/12/2022 01:11:47-0399
CPF: ***.597.749-41
Verifique as assinaturas em <https://wvufsc.br>

AMANDA ZIMMERMANN
Estagiária

Florianópolis, dezembro de 2022.



Documento assinado digitalmente

Cristiane Luisa Jost

Data: 21/12/2022 08:02:53-0300

CPF: ***.093.820-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Orientadora
Profa. Dra. Cristiane Luisa Jost



Documento assinado digitalmente

AMANDA ZIMMERMANN

Data: 20/12/2022 19:17:59-0300

CPF: ***.597.749-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Aluna
Amanda Zimmermann