



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QMC 5515 – Estágio Supervisionado

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO DESENVOLVIDO NA EMPRESA
SCABA QUÍMICA, JARAGUÁ DO SUL, SANTA CATARINA**

THIAGO SCHULER

Orientador: Prof. Dr. ELIAS PAIVA FERREIRA NETO
Supervisor: João Vitor Apolinário

Florianópolis
Junho/2024

Thiago Schuler

Análise e acompanhamento de efluentes de empresas catarinenses

Projeto de Estágio Supervisionado
(QMC 5515) apresentado ao
Departamento de Química da
Universidade Federal de Santa Catarina,
desenvolvido no laboratório de
Físico-Química, Scaba Química, como
requisito parcial para a obtenção do grau
de bacharel em Química Tecnológica.
Orientador: Prof. Dr. Elias Paiva Ferreira
Neto
Supervisor: João Vitor Apolinário



Documento assinado digitalmente

THIAGO SCHULER

Data: 10/07/2024 13:53:47-0300

CPF: ***.967.089-**

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



Documento assinado digitalmente

Elias Paiva Ferreira Neto

Data: 10/07/2024 13:32:52-0300

CPF: ***.942.398-**

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

Florianópolis
Junho/2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha mãe, Anni Scholl, cujo apoio incondicional e presença constante foram fundamentais em cada etapa desta jornada. Sua força e amor foram minha maior fonte de inspiração e motivação.

Aos amigos que conheci ao longo do caminho, especialmente ao Victor, que teve a paciência e a generosidade de me acompanhar e apoiar durante todos esses anos, meu sincero agradecimento.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Elias Paiva Ferreira Neto, que desde a Iniciação Científica até o estágio obrigatório, me direcionou com suas ideias inovadoras e proporcionou um aprendizado enriquecedor dentro do laboratório. Suas orientações e ensinamentos foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por me proporcionar um ensino de excelência, gratuito e por ser um ambiente fértil para meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou grato por todas as oportunidades e experiências vividas nesta instituição.

E, por fim, a toda a equipe da Scaba Química, pela oportunidade e apoio imprescindíveis para a conclusão desta jornada. Em especial, agradeço ao meu supervisor, João, por estar sempre disponível para esclarecer minhas dúvidas e me orientar com paciência e competência.

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

AAS - Espectroscopia de Absorção Atômica (Atomic Absorption Spectroscopy)

ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

ATP - Adenosina Trifosfato

CIDASC - Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

DNA - Ácido Desoxirribonucleico

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EDTA - Ácido Etilenodiamino Tetraacético

EPI - Equipamento de Proteção Individual

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental - Rio Grande do Sul

FTIR - Espectroscopia de Absorção na região do infravermelho com Transformada de Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

FUJAMA - Fundação Jaraguense de Meio Ambiente

HPLC - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (High Pressure Liquid Chromatography)

IAT - instituto Água e Terra

ICP-MS - Espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado

ICP-OES - Espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente

IMA - Instituto do Meio Ambiente

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISE - Eletrodo de íons Seletivos (Ion Selective Electrode)

P.A. - Padrão Analítico

pH - Potencial Hidrogeniônico

RNA - Ácido Ribonucleico

SCE - Eletrodo saturado de calomelano (Calomel Saturated Electrode)

SDT- Sólidos Dissolvidos Totais

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reação do Cromo Hexavalente com Difenilcarbazida.....	20
Figura 2: Formação do Azul de molibdênio a partir de Fosfato.....	22
Figura 3: Reação do Nitrato com 2,6 dimetilfenol.....	24
Figura 4: Reação níquel com diacetiloxima.....	26
Figura 5: Reação Azul de Metileno com Surfactante aniônico.....	28
Figura 6: Acompanhamento de Cromo Hexavalente em efluentes.....	37
Figura 7: Acompanhamento de Fosfato em efluentes.....	38
Figura 8: Acompanhamento Níquel em efluentes.....	39
Figura 9: Acompanhamento de Nitrato em efluentes.....	41
Figura 10: Acompanhamento Sólidos dissolvidos totais em efluentes.....	42
Figura 11: Acompanhamento de Surfactantes em efluentes.....	43

SUMÁRIO

1. JUSTIFICATIVA.....	9
2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO.....	10
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3.1 Qualidade da água.....	11
3.2 Efluentes.....	12
3.2.1 Legislações.....	13
3.3 Métodos de análise.....	14
3.3.1 Titulometria.....	15
3.3.2 Potenciometria.....	16
3.3.3 Espectroscopia.....	17
3.4 Parâmetros físico-químicos.....	18
3.4.1 Cromo Hexavalente.....	18
3.4.2 Fosfato.....	21
3.4.3 Nitrato.....	23
3.4.4 Níquel.....	24
3.4.5 Sólidos dissolvidos totais.....	26
3.4.6 Surfactantes aniônicos.....	27
4.OBJETIVOS.....	29
4.1 Objetivo Geral.....	29
4.2 Objetivos específicos.....	29
5. Parte Experimental.....	30
5.1 Preparo de amostras e Amostragem.....	30
5.2 Cromo Hexavalente.....	31
5.3 Fosfato.....	32
5.4 Níquel.....	32
5.5 Nitrato.....	33
5.6 Sólidos Dissolvidos Totais.....	33
5.7 Surfactantes.....	34

5.8 Segurança e Resíduos.....	34
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
6.1 Cromo Hexavalente.....	36
6.2 Fosfato.....	38
6.3 Níquel.....	39
6.4 Nitrato.....	40
6.5 Sólidos Dissolvidos Totais.....	42
6.6 Surfactantes aniônicos.....	43
7. CONCLUSÃO.....	45
8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL.....	46
9. REFERÊNCIAS.....	47

RESUMO

Este relatório de estágio supervisionado apresenta uma análise detalhada do acompanhamento de parâmetros físico-químicos dos efluentes de seis empresas distribuídas pelo estado de Santa Catarina. O estágio foi realizado no laboratório da empresa Scaba Química, situada em Jaraguá do Sul. As análises tiveram como objetivo acompanhar os efluentes na entrada e na saída do tratamento, comparando os resultados obtidos com as legislações vigentes. Durante o período de cinco meses, foram analisados os seguintes parâmetros (i) cromo hexavalente, (ii) fosfato, (iii) níquel, (iv) nitrato, (v) sólidos dissolvidos totais e (vi) surfactantes aniônicos. A maioria dos parâmetros monitorados permaneceu dentro dos limites estabelecidos pelas normas ambientais. No entanto, destaca-se uma exceção significativa que exige atenção especial à concentração de níquel, que no mês de Maio estava significativamente acima do limite permitido. Indicando um potencial risco de contaminação ambiental e a necessidade de medidas corretivas. A escolha dos parâmetros analisados foi estratégica e baseada na relevância de cada um deles para a qualidade do efluente e seu impacto ambiental. Além de contribuir para o aprimoramento das práticas de controle de efluentes e gestão ambiental, este estágio permitiu-me aprofundar os conhecimentos adquiridos durante a graduação.

Palavras-chave: Efluentes; Tratamento; Acompanhamento; Gestão ambiental; Riscos.

1. JUSTIFICATIVA

Cada vez mais a química tem uma presença marcante no cotidiano dos seres humanos, tornando-se não apenas uma ferramenta para o desenvolvimento tecnológico, mas também uma ferramenta essencial para o progresso social. Químicos podem atuar nas mais diversas áreas dentro do mercado de trabalho, alguns exemplos são as indústrias do petróleo, polímeros e alimentos, exercendo funções nos mais variados estágios da cadeia produtiva, atuando desde o controle das matérias primas, formulações, até o produto acabado, e também na análise dos efluentes.

Uma das atividades mais importantes que um químico pode realizar são as relacionadas à análise da água. A água é vital para a vida no planeta, além disso é essencial para a operação de muitos setores da indústria. Sua má qualidade pode afetar não só a saúde humana, mas também o ecossistema local como um todo, além de danificar equipamentos industriais, o que impacta negativamente os processos de produção. Assim, laboratórios de controle de qualidade são essenciais para garantir a qualidade da água que é consumida e que serão utilizadas nos mais diversos processos.

A água é um recurso natural essencial na história do planeta e para os seres vivos. Embora cerca de 70% da superfície da Terra seja coberta por água, apenas 3% é de água doce, e a maior parte desse montante está presa em geleiras nos polos.

Assim, a análise da água é vital para garantir sua qualidade e segurança para consumo humano, bem como para fins industriais. A Scaba Química, onde o estágio foi realizado, oferece uma ampla variedade de análises físico-químicas e microbiológicas para avaliar a qualidade tanto da água de consumo quanto dos efluentes e afluentes.

2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

A Scaba Química, localizada na Rua Argentina, nº 33, no centro de Jaraguá do Sul - SC, foi fundada em 9 de julho de 2002. Seu principal objetivo é fornecer serviços laboratoriais ambientais com uma abordagem inovadora e confiável, priorizando rapidez e precisão na resolução de problemas ambientais. Atualmente, a empresa conta com uma equipe de 12 funcionários, sendo 2 dedicados exclusivamente ao laboratório.

A empresa oferece uma variedade de serviços, incluindo análises físico-químicas, microbiológicas, acústicas, monitoramento ambiental (água, ar, solo e ruído), segurança do trabalho e sistemas de gestão de qualidade. Seus serviços estão divididos em três principais categorias: Scaba Serviços (projetos e serviços ambientais), Scaba Produtos e Equipamentos e Scaba Laboratório, onde foi realizado o estágio.

A Scaba Química possui certificações e creditações que demonstram seu compromisso com a excelência e a sustentabilidade. Abrangendo análises de produtos de origem animal e água, gestão ambiental, autorizações para políticas ambientais municipais, apoio na conservação de ecossistemas e acreditação para garantir a qualidade e segurança dos serviços ambientais. Possui seis creditações: CIDASC, FEPAM, FUJAMA, IMA, IAT, e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - INMETRO.

A visão da Scaba Química é se tornar uma referência em laboratórios, assessoria e projetos ambientais, estabelecendo relações respeitadas e duradouras com seus clientes. Seus valores incluem agilidade e pontualidade, comprometimento e confiança, responsabilidade socioambiental, transparência e simplicidade nas relações e foco em resultados.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Qualidade da água

A qualidade da água é uma preocupação global essencial para a saúde humana, a preservação dos ecossistemas aquáticos e o desenvolvimento sustentável. Para avaliar e garantir a qualidade desse recurso vital, diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos são utilizados, fornecendo informações cruciais sobre sua composição e potencial de contaminação, dentre eles pH, temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez.^{1,2}

A temperatura da água desempenha um papel fundamental nos ecossistemas aquáticos, influenciando diretamente processos biológicos e físico-químicos. Variações na temperatura podem afetar a solubilidade de substâncias na água, bem como a disponibilidade de oxigênio para os organismos aquáticos. A temperatura mais alta, por exemplo, pode reduzir a capacidade da água de reter oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência da vida aquática.^{1,2}

O pH da água é outra característica crucial, pois mede a concentração de íons H^+ e indica se a água é ácida, neutra ou alcalina. Esse parâmetro é essencial para determinar a capacidade da água de suportar a vida aquática e processos naturais. Os ecossistemas aquáticos têm faixas específicas de pH nas quais a maioria dos organismos pode sobreviver e se reproduzir. Mudanças significativas no pH podem afetar a saúde e a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos, influenciando desde o metabolismo dos organismos até a disponibilidade de nutrientes.^{3,4}

A turbidez está relacionada à quantidade de material em suspensão, afetando não só a transparência da água, mas principalmente a penetração da luz solar, essencial para a fotossíntese e, conseqüentemente, para a vida aquática. O oxigênio dissolvido é vital para a respiração dos organismos aquáticos e para os processos de decomposição, sendo um indicador direto da saúde dos ecossistemas aquáticos.^{1,2,4}

Além dos parâmetros físico-químicos, a presença de micro-organismos na água é crucial para avaliar sua qualidade. Bactérias, vírus e protozoários como

coliformes totais e termotolerantes, *Escherichia coli*, *Giardia* e *Cryptosporidium* são indicadores de contaminação e podem gerar riscos à saúde humana.³

O monitoramento regular desses parâmetros é essencial para proteger a saúde pública e o meio ambiente, permitindo a detecção precoce de contaminação e a implementação de medidas corretivas. Essa avaliação contínua fornece dados valiosos para o desenvolvimento de políticas de gestão sustentável dos recursos hídricos, garantindo sua disponibilidade e qualidade para as atuais e futuras gerações.^{1,2,3,4}

3.2 Efluentes

Os efluentes, são resíduos resultantes de diversas atividades humanas, que podem assumir várias formas, não se limitando apenas a líquidos. Embora comumente associados a resíduos líquidos, como esgoto ou águas residuais industriais, os efluentes também podem incluir gases, partículas sólidas e outros subprodutos descarregados de uma fonte específica.^{5,6,7}

Originários de diferentes fontes, os efluentes podem ser gerados por indústrias durante a fabricação, lavagem de equipamentos e descarte de produtos químicos. Nas áreas urbanas, são produzidos em estações de tratamento de água e esgoto, bem como em atividades domésticas cotidianas. Na agricultura, o uso de fertilizantes e pesticidas também contribui significativamente para a geração de efluentes contaminados.^{5,7,8}

Os impactos negativos dos efluentes no meio ambiente e na saúde humana são preocupantes. Quando descartados inadequadamente, eles podem contaminar a água e prejudicar a vida aquática. Substâncias tóxicas presentes nos efluentes industriais causam danos aos ecossistemas aquáticos, comprometendo a biodiversidade e a segurança dos recursos hídricos. Além disso, a presença de nutrientes em efluentes urbanos e agrícolas pode levar à eutrofização de lagos e rios, resultando na proliferação de algas e redução do oxigênio dissolvido, causando a morte de organismos aquáticos.^{5,6,7}

Os efluentes também representam riscos à saúde humana, especialmente quando contaminam fontes de água potável. As bactérias, vírus, protozoários e outros patógenos presentes nos efluentes podem causar doenças transmitidas pela

água, como gastroenterite, hepatite e infecções respiratórias. Por sua vez substâncias químicas tóxicas presentes em efluentes industriais também podem contaminar alimentos, causando intoxicações e doenças crônicas.^{2,3,5}

Destaca-se a importância de uma abordagem colaborativa entre governos, indústrias e comunidades para enfrentar os desafios relacionados aos efluentes. É enfatizada a necessidade de investimentos contínuos em infraestrutura de tratamento de água e esgoto, bem como o aprimoramento constante das tecnologias de tratamento de efluentes. Além disso, ressalta-se a importância da implementação de políticas e regulamentações mais rigorosas para controlar a geração e o descarte de efluentes. Através desse esforço conjunto e coordenado, pode-se assegurar a proteção dos recursos hídricos e a segurança da saúde pública, garantindo a preservação do meio ambiente para as gerações futuras.^{2,3,5,6,7}

3.2.1 Legislações

No Brasil, a proteção ambiental é uma preocupação central devido à vastidão e importância dos recursos naturais, bem como à diversidade de ecossistemas que abriga. Para enfrentar esses desafios, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e os Conselhos Estaduais do Meio Ambiente (CONSEMA) desempenham papéis cruciais na elaboração e aplicação de políticas ambientais.⁸

Uma das resoluções mais significativas do CONAMA é a Resolução 357, publicada em 2005, que estabelece diretrizes para a qualidade da água em corpos hídricos superficiais. Essa resolução define parâmetros e padrões de qualidade essenciais para a preservação dos recursos hídricos nacionais, abrangendo desde a água destinada ao consumo humano até aquela utilizada para atividades recreativas e conservação dos ecossistemas aquáticos. Nesses parâmetros estão inclusos limites de concentração para substâncias como coliformes fecais, nitrogênio, fósforo, metais pesados (como chumbo, mercúrio e cádmio) e matéria orgânica, visando garantir a qualidade e a integridade dos corpos d'água.^{3,8}

Outra resolução relevante é a CONAMA 430, com destaque para os artigos 16 e 21. O artigo 16 estabelece diretrizes para o tratamento de esgotos domésticos por meio de fossas sépticas, estruturas fundamentais em áreas desprovidas de redes de esgoto. Elas desempenham papel crucial ao realizar o tratamento preliminar dos efluentes, contribuindo significativamente para a preservação da

qualidade da água. Por sua vez o artigo 21 versa sobre o funcionamento das estações de tratamento de esgoto (ETEs), assegurando que essas unidades estejam em conformidade com os padrões de tratamento estabelecidos, prevenindo assim a contaminação dos corpos d'água.^{3,9,10}

No que diz respeito às águas subterrâneas, a Resolução CONAMA 420, publicada em 2009, assume relevância ao estabelecer critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, bem como diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas. Essa resolução visa promover a proteção do solo e das águas subterrâneas, garantindo a manutenção da funcionalidade do solo e a prevenção da contaminação por atividades antrópicas. Ela também define valores de referência de qualidade (VRQ), valores de prevenção (VP) e valores de investigação (VI) para o solo e a água subterrânea.¹¹

Os Conselhos Estaduais do Meio Ambiente (CONSEMA) complementam essas iniciativas em âmbito estadual, elaborando normas e diretrizes específicas para cada região. A Resolução CONSEMA 181, por exemplo, aborda o licenciamento ambiental estadual, estabelecendo procedimentos e critérios para empreendimentos e atividades que possam causar impactos ambientais em território estadual.^{12,13}

3.3 Métodos de análise

A química analítica é um campo essencial da química, dedicado à separação, identificação e quantificação dos componentes em uma amostra, seja de forma qualitativa ou quantitativa. Na análise quantitativa, são empregados métodos e técnicas para determinar as quantidades dos constituintes de interesse na amostra. Os principais métodos incluem a análise gravimétrica e a análise volumétrica, sendo comuns nos laboratórios modernos métodos instrumentais como potenciometria, condutimetria, espectrofotometria e fotometria de chama.^{14,15,16}

Os métodos clássicos, como a análise volumétrica, são amplamente utilizados devido à sua simplicidade, baixo custo e confiabilidade. Embora apresente algumas limitações, a análise volumétrica ainda é amplamente aplicada, especialmente na química analítica quantitativa.^{14,17}

As titulações são fundamentais na análise volumétrica, onde se determina o volume de uma solução padrão que reage completamente com o analito presente na amostra. É importante destacar que o ponto de equivalência, onde a reação estequiométrica é atingida, é teórico, sendo o ponto final da titulação determinado experimentalmente por mudanças nas propriedades da solução.¹⁷

Por outro lado, os métodos instrumentais requerem equipamentos mais sofisticados e profissionais capacitados para sua realização. Entre os métodos eletroanalíticos, que medem a tensão elétrica e/ou corrente elétrica em uma célula eletroquímica, estão a potenciometria, coulometria e voltametria, cada um com suas características específicas.^{14,15,16,17}

3.3.1 Titulometria

A titulometria, também conhecida como titulação, é uma técnica analítica amplamente utilizada na química analítica para determinar a concentração de um analito em uma solução. Essa técnica é baseada em uma reação química entre o analito e um reagente de concentração conhecida, chamado de titulante. O princípio básico da titulometria é a adição controlada do titulante à solução do analito até que a reação entre os dois esteja completa. O ponto em que a reação está completa é conhecido como ponto de equivalência.^{14,17}

Existem diferentes tipos de titulação, cada uma adequada para tipos específicos de reações e analitos. Os principais tipos incluem: titulação ácido-base, titulação de precipitação, titulação complexométrica e titulação redox. A titulação ácido-base é a forma mais comum e envolve a neutralização de um ácido com uma base ou vice-versa. A titulação de precipitação envolve a formação de um precipitado insolúvel durante a reação entre o analito e o titulante. A titulação complexométrica é utilizada principalmente para determinar a concentração de íons metálicos em solução, usando reagentes como o EDTA. A titulação redox baseia-se em uma reação de transferência de elétrons entre o analito e o titulante.^{16,17}

O procedimento de titulação geralmente segue uma sequência padrão. Primeiro, uma alíquota da solução de analito é medida e um indicador apropriado é adicionado, se necessário. O titulante, cuja concentração é precisamente conhecida, é então lentamente adicionado à solução do analito de um frasco de bureta. Durante a titulação, o titulante é adicionado até que a reação entre o analito e o titulante

esteja completa, o que é indicado pelo ponto final. O volume de titulante utilizado para atingir o ponto final é registrado.^{15,17}

A titulação é utilizada em uma ampla variedade de aplicações em diferentes campos. Na indústria alimentícia, farmacêutica e em laboratórios ambientais, a titulação é crucial para garantir a qualidade e concentração correta de componentes. Além disso, a titulação é uma ferramenta indispensável na pesquisa acadêmica e industrial.¹⁷

A titulometria oferece várias vantagens, como simplicidade, baixo custo e alta precisão quando realizada corretamente. No entanto, a precisão depende da habilidade do operador e da qualidade dos reagentes e equipamentos utilizados. Pequenos erros no volume de titulante ou na detecção do ponto final podem levar a resultados imprecisos.^{15,16,17}

3.3.2 Potenciometria

A potenciometria é uma técnica analítica amplamente utilizada na química para medir a diferença de potencial elétrico entre dois eletrodos, 1 de referência e 1 indicador, imersos em uma solução. Essa diferença de potencial é proporcional à concentração do íon de interesse, permitindo a determinação quantitativa do analito. A potenciometria é especialmente valiosa devido à sua capacidade de fornecer medições precisas e não destrutivas, sendo empregada em diversas áreas, incluindo a análise de alimentos, controle de qualidade industrial e monitoramento ambiental.^{14,17}

A base da potenciometria reside no uso de um eletrodo de referência e um eletrodo indicador. O eletrodo de referência possui um potencial elétrico constante e conhecido, enquanto o eletrodo indicador responde à concentração do íon de interesse na solução. A diferença de potencial medida entre esses dois eletrodos é relacionada à atividade do íon na solução através da equação de Nernst.¹⁷

Na prática, a atividade iônica é frequentemente aproximada pela concentração, especialmente em soluções diluídas onde a atividade e a concentração são quase equivalentes. Os eletrodos utilizados na potenciometria podem ser classificados em eletrodos de referência e eletrodos indicadores. O eletrodo de referência deve manter um potencial constante e independente da

composição da solução, sendo comumente utilizado o eletrodo de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) ou o eletrodo de calomelano saturado (SCE).^{16,17}

Os eletrodos indicadores, por outro lado, são selecionados com base no íon específico que se deseja medir. O eletrodo de vidro é o mais comum para a determinação de pH, respondendo à concentração de íons hidrogênio na solução. Para outros íons, eletrodos seletivos de íons (ISEs) são usados, cada um projetado para ser seletivo a um íon particular, como íons sódio, potássio, cálcio, entre outros.¹⁷

A precisão e a sensibilidade da potenciometria dependem de vários fatores, incluindo a qualidade dos eletrodos, a calibração adequada e as condições da amostra. Interferências de outros íons presentes na solução podem afetar a resposta do eletrodo seletivo de íons, exigindo a utilização de técnicas de compensação ou correção para obter resultados precisos.^{16,17}

A potenciometria oferece várias vantagens em comparação com outras técnicas analíticas. É uma técnica relativamente simples e rápida, não requerendo etapas complexas de preparação de amostras. Além disso, é uma técnica não destrutiva, permitindo a análise de amostras sem alterar sua composição química. No entanto, a potenciometria também apresenta algumas limitações, como a possibilidade de interferências de outros íons na solução e a necessidade de calibração frequente dos eletrodos.¹⁷

3.3.3 Espectroscopia

A espectroscopia é uma técnica analítica poderosa e versátil usada em uma variedade de campos científicos, desde a química e física até a biologia e medicina. Essa técnica envolve o estudo da interação entre a luz e a matéria, permitindo a análise das propriedades de substâncias com base na maneira como elas interagem com diferentes faixas do espectro eletromagnético.¹⁷

A espectroscopia UV-visível é uma técnica analítica utilizada para estudar a interação entre a luz ultravioleta e visível com a matéria. Essa técnica baseia-se na

absorção de radiação eletromagnética por parte das moléculas presentes em uma amostra, o que permite a identificação de compostos e a determinação de suas concentrações.¹⁷

A lei de Lambert-Beer, é um princípio fundamental na espectroscopia UV-visível, que descreve a relação entre a absorvância (A) de uma amostra, a concentração (c) do soluto e o comprimento do caminho óptico (b) da amostra. A lei é expressa pela equação 1.

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c$$

Equação 1

Onde:

Ao varrer uma série de comprimentos de onda, pode-se obter um espectro de absorção, que mostra a absorvância da amostra em diferentes comprimentos de onda. A partir deste espectro, é possível identificar as bandas de absorvância, que são característicos das substâncias presentes na amostra, e determinar suas concentrações utilizando a lei de Lambert-Beer. Essa técnica é amplamente utilizada em diversas áreas, como química, bioquímica, farmacologia, entre outras, para análise quantitativa e qualitativa de substâncias.¹⁷

3.4 Parâmetros físico-químicos

Durante o estágio trabalhei determinando principalmente metais, ânions inorgânicos, surfactantes e sólidos, porém para fins de discussão somente cromo hexavalente, fosfato, níquel, sólidos dissolvidos totais e surfactantes foram percorridos no relatório.

3.4.1 Cromo Hexavalente

O cromo é um elemento químico essencial em pequenas quantidades para o corpo humano, desempenhando um papel importante no metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas. Ele é crucial para a ação da insulina, ajudando a manter níveis normais de glicose no sangue. A deficiência de cromo pode levar a problemas como intolerância à glicose, aumentando o risco de diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares. No entanto, em concentrações elevadas, o cromo,

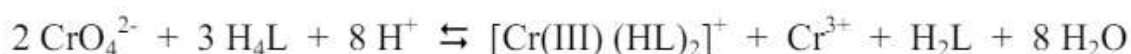
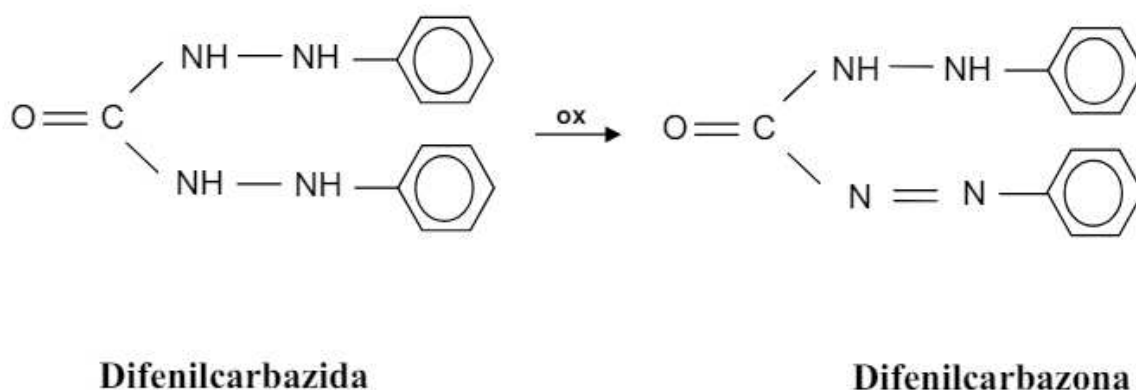
especialmente na forma hexavalente (Cr(VI)), é altamente tóxico e carcinogênico, exigindo monitoramento cuidadoso.^{18,19,20,21}

Além de sua importância biológica, o cromo é amplamente utilizado em diversas indústrias. Ele é empregado no revestimento de metais, produção de aço inoxidável, curtimento de couro, fabricação de pigmentos e na conservação de madeira. A presença de cromo em produtos industriais e efluentes pode representar um risco ambiental e à saúde pública, tornando essencial a sua detecção e quantificação precisas em diferentes matrizes.^{22,23}

Existem diversos métodos para a determinação de cromo, cada um com suas particularidades. A espectroscopia de absorção atômica (AAS) é amplamente utilizada devido à sua alta sensibilidade e precisão. A cromatografia de íons e a espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) são outras técnicas avançadas que permitem a detecção e quantificação de cromo com concentrações próximas de $1 \mu\text{g.L}^{-1}$. No entanto, métodos colorimétricos, como o método da difenilcarbazida, são frequentemente preferidos devido à sua simplicidade e custo relativamente baixo.^{24,25,26}

O método da difenilcarbazida é um método colorimétrico específico para a determinação de Cr(VI). Este método baseia-se na reação do íon cromato com a difenilcarbazida ($\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}$), formando difenilcarbazona. Em meio ácido primeiramente os íons cromato oxidam a difenilcarbazida para difenilcarbazona, enquanto os íons cromato são reduzidos a Cr(III). Então a forma enólica da difenilcarbazona, produz um complexo com os íons Cr(III) que são quantificados, por espectrofotometria UV\Vis. A reação pode ser observada na Figura 1.^{27,28}

Figura 1: Reação do Cromo Hexavalente com Difenilcarbazida. Fonte: Adaptado de Matos (2006).



O procedimento para a determinação de Cr(VI) usando este método envolve algumas etapas. Primeiramente, a amostra é preparada ajustando pH para ácido, o que diminui possíveis interferências e otimiza a reação entre o cromato e a difenilcarbazida, geralmente é utilizado ácido sulfúrico. Em seguida, adiciona-se a solução de difenilcarbazida à amostra. A reação entre o cromato e a difenilcarbazida, oxida a difenilcarbazida formando difenilcarbazona, ao mesmo tempo que os íons cromato são reduzidos a Cr(III), a espécie enólica da difenilcarbazida forma um quelato com o Cr(III), que possui coloração púrpura. A intensidade da cor é diretamente proporcional à concentração de cromato na amostra e pode ser medida utilizando um espectrofotômetro, no comprimento de onda de 540 nm.^{26, 28, 29}

Este método possui alta sensibilidade e especificidade para Cr(VI), permitindo a quantificação de concentrações próximas a 1 µg.L⁻¹. A simplicidade do procedimento, junto com a disponibilidade de reagentes e equipamentos, torna o método da difenilcarbazida amplamente utilizado em análises ambientais, como no monitoramento da qualidade da água e no controle de efluentes industriais.^{26,27}

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas. Interferências de outros íons metálicos podem afetar a precisão da medição, e o método é específico apenas para Cr(VI), não detectando o cromo na forma trivalente (Cr(III)), que é

menos tóxico. Em casos onde a diferenciação entre Cr(III) e Cr(VI) é necessária, pode ser necessário o uso de métodos complementares ou procedimentos de pré-tratamento para separar as diferentes formas de cromo.^{22, 27,29}

3.4.2 Fosfato

O fosfato é um composto químico que desempenha um papel vital na natureza, sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas e animais. Na agricultura, os fosfatos são usados como fertilizantes para promover o crescimento das plantas, enquanto no corpo humano, os fosfatos são componentes fundamentais do DNA, RNA e ATP, moléculas essenciais para todo os tipos de vida conhecidos.^{30,31}

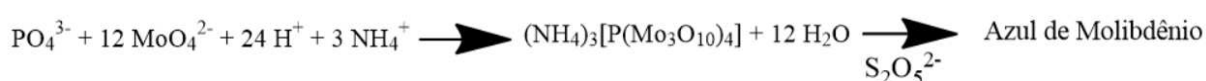
Apesar de sua importância, os fosfatos podem se tornar poluentes significativos quando presentes em excesso nos corpos d'água. Isso geralmente ocorre devido ao escoamento agrícola, efluentes industriais e domésticos que contêm detergentes e fertilizantes. A presença excessiva de fosfatos em corpos d'água pode levar à eutrofização, um processo onde o aumento de nutrientes (como fosfatos e nitratos) resulta em um crescimento excessivo de algas. Este fenômeno pode causar a diminuição de oxigênio na água, afetando negativamente a vida aquática, resultando em zonas mortas onde poucas formas de vida podem sobreviver. Além disso, algumas algas podem liberar toxinas, como as microcistinas, que são prejudiciais para animais e seres humanos.^{32,33,34,35}

Dada a potencial ameaça ambiental dos fosfatos, a determinação de suas concentrações em efluentes é crucial para a gestão e mitigação da poluição da água. O monitoramento regular permite o controle da carga de nutrientes que entram nos corpos d'água, ajudando a prevenir problemas ambientais significativos.³⁶

Existem vários métodos para a determinação de fosfatos em amostras ambientais, cada um com suas próprias vantagens e desvantagens. Métodos colorimétricos, como o método do azul de molibdênio, são amplamente utilizados devido à sua simplicidade, sensibilidade e custo relativamente baixo. Outros métodos incluem a cromatografia iônica e a AAS, que podem oferecer maior precisão e capacidade de análise de múltiplos componentes, mas são mais complexos e caros.^{37,38}

O método do azul de molibdênio é um dos métodos colorimétricos mais comuns para a determinação de fosfatos. Este método baseia-se na formação de um complexo de fosfomolibdato de amônio, que quando reduzido é intensamente colorido e pode ser medido por espectrofotometria. A reação ocorre da seguinte maneira, primeiro o molibdato de amônio reage com o fosfato presente na solução, formando ácido fosfomolibdico, após é adicionado bissulfito de sódio que o ácido fosfomolibdico formando o azul de molibdênio. A reação ocorre em meio ácido e pode ser representada pela seguinte Figura 2.

Figura 2: Formação do Azul de molibdênio a partir de Fosfato. Fonte: elaborado pelo autor.



O procedimento para o método do azul de molibdênio é simples, não possuindo muitas etapas. Primeiramente, a amostra é acidificada, geralmente com ácido sulfúrico, para garantir a formação do complexo de fosfomolibdato. Em seguida, adiciona-se o molibdato de amônio, que reage com o fosfato presente na amostra para formar o complexo, e por fim um agente redutor, normalmente bissulfito de sódio, já que apenas o complexo reduzido tem coloração azul. Após um período de reação, a intensidade da cor azul formada é medida utilizando um espectrofotômetro, geralmente a um comprimento de onda de 690 nm. A intensidade da cor é diretamente proporcional à concentração de fosfato na amostra.³⁶

Embora este método possa apresentar algumas limitações, principalmente a presença de silicatos que podem interferir na determinação, e a necessidade de cuidado na preparação e manuseio das amostras para evitar contaminação, ele é amplamente valorizado por sua alta sensibilidade e especificidade na quantificação de fosfatos. A simplicidade do procedimento, juntamente com a facilidade de acesso aos reagentes e equipamentos, faz dele uma escolha comum em laboratórios de análise ambiental e controle de qualidade da água. Em situações onde a concentração de fosfato é extremamente baixa ou onde a presença de outros compostos interfere significativamente, pode ser necessário utilizar métodos complementares ou técnicas mais avançadas.^{36,37,38,39}

3.4.3 Nitrato

O nitrato desempenha um papel vital na natureza e na agricultura, sendo um nutriente essencial para o crescimento das plantas. Os nitratos são amplamente utilizados na forma de fertilizantes agrícolas, ajudando a aumentar a produtividade das culturas ao fornecer uma fonte acessível de nitrogênio, que é crucial para a síntese de proteínas e o desenvolvimento das plantas. Além disso, os nitratos são usados em várias indústrias, incluindo a fabricação de explosivos, como o nitrato de amônio.^{40,41}

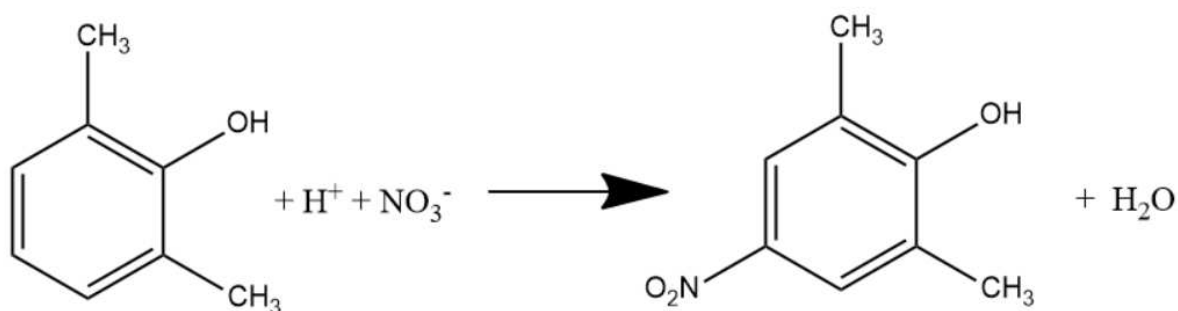
No entanto, a determinação precisa dos níveis de nitrato é de extrema importância devido aos seus potenciais impactos na saúde humana e no meio ambiente. Em corpos d'água, a presença excessiva de nitratos pode contribuir com processos como a eutrofização.⁴⁰

No contexto da saúde humana, a ingestão de água com altos níveis de nitrato é especialmente perigosa para bebês e mulheres grávidas. O nitrato pode ser convertido em nitrito no corpo, o que interfere na capacidade do sangue de transportar oxigênio, causando uma condição conhecida como metemoglobinemia ou "síndrome do bebê azul". Devido a esses riscos, muitos países regulamentam rigorosamente os níveis de nitrato na água potável e em efluentes industriais, tornando essencial a sua monitoração.^{40,42}

Existem vários métodos para determinar a concentração de nitratos em amostras ambientais e industriais. Entre os métodos mais comuns estão a cromatografia iônica, a espectrofotometria UV/Vis. Cada método tem suas vantagens e limitações, dependendo da sensibilidade, especificidade e dos recursos disponíveis.^{41, 43}

Um método específico para a determinação de nitratos é o método utilizando 2,6-dimetilfenol. Este método é baseado na formação de um composto colorido quando o nitrato reage com o 2,6-dimetilfenol, em condições ácidas o nitrato substitui o hidrogênio na posição meta em relação à hidroxila, resultando em um produto de cor rósea que pode ter sua concentração medida espectrofotometricamente. A reação pode ser representada pela equação na Figura 3.^{40,43}

Figura 3: Reação do Nitrato com 2,6 dimetilfenol. Fonte: Elaborado pelo autor



O procedimento é muito simples envolvendo poucas etapas. Primeiramente, a amostra é tratada com um ácido, como o ácido sulfúrico. Em seguida, é adicionado o reagente 2,6-dimetilfenol à amostra, permitindo que a reação ocorra. Após o período de incubação, a intensidade da cor formada é medida utilizando um espectrofotômetro, geralmente a um comprimento de onda específico, 345 nm. A intensidade da cor é diretamente proporcional à concentração de nitrato na amostra original.^{40,43}

Devido à facilidade ao acesso dos reagentes e a simplicidade na leitura e preparo das amostras, esse método torna-se uma das principais escolhas em laboratórios de análise ambiental e controle de qualidade de água. Além disso possui alta especificidade e sensibilidade elevadas para nitratos, permitindo a detecção de concentrações próximas a 0,1 mg.L⁻¹. No entanto, algumas limitações devem ser consideradas, como a necessidade de um controle do pH e a potencial interferência de outros compostos presentes na amostra, principalmente cloreto, nitrito e ferro.^{40,42,43}

3.4.4 Níquel

O níquel é um elemento químico de grande importância industrial devido às suas propriedades únicas, como alta resistência à corrosão, ductilidade, e capacidade de formar ligas com diversos metais. Este metal é amplamente utilizado em diversas aplicações, incluindo a fabricação de aço inoxidável, baterias recarregáveis, moedas, catalisadores químicos, e revestimentos metálicos. No setor de produção de aço inoxidável, o níquel confere ao aço maior resistência à corrosão e à oxidação, tornando-o indispensável para a produção de materiais duráveis

utilizados em ambientes hostis, como em plantas químicas e na construção de infraestruturas.^{44,45,46}

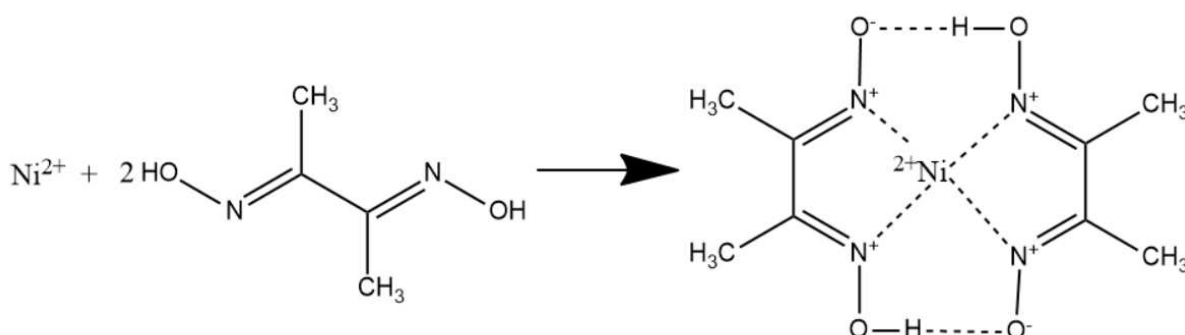
Além de suas aplicações industriais, o níquel também desempenha um papel significativo na tecnologia moderna. Baterias recarregáveis de níquel-cádmio (NiCd) e níquel-metal-hidreto (NiMH) são comuns em dispositivos eletrônicos portáteis, veículos elétricos e sistemas de energia de reserva. A indústria eletroquímica utiliza níquel como catalisador em várias reações, contribuindo para processos mais eficientes e sustentáveis.^{44, 45}

A determinação de níquel em diversas matrizes ambientais e industriais é crucial devido ao seu potencial impacto na saúde humana e no meio ambiente. Embora o níquel seja essencial em pequenas quantidades para algumas formas de vida, a exposição a níveis elevados pode ser tóxica. A inalação de poeira ou vapores contendo níquel, comum em ambientes industriais, pode causar problemas respiratórios e está associada a um maior risco de câncer de pulmão. A exposição ao níquel pode também levar a dermatite alérgica de contato em indivíduos sensíveis. No ambiente, a contaminação por níquel pode afetar a qualidade do solo e da água, impactando negativamente os ecossistemas aquáticos.⁴⁶

Para garantir a segurança e conformidade com os regulamentos ambientais, é essencial monitorar e determinar com precisão a concentração de níquel em amostras de água, solo, ar e produtos industriais. Existem vários métodos analíticos para a determinação de níquel, incluindo AAS, espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) e métodos colorimétricos.^{46,47}

Entre os métodos colorimétricos, a determinação de níquel utilizando diacetiloxima é um método específico e sensível. Este método é baseado na formação de um complexo colorido entre o níquel e a diacetiloxima, que pode ser quantificado por espectrofotometria UV/vis. A reação entre o níquel e a diacetiloxima em meio alcalino forma um complexo de cor amarela, a intensidade da cor observada é diretamente proporcional à concentração de níquel na amostra. A reação pode ser observada na Figura 4.^{44,45,46}

Figura 4: Reação níquel com diacetiloxima. Fonte: Elaborado pelo autor



O procedimento para a determinação de níquel consiste, primeiramente, em ajustar o pH para uma faixa próxima de 10, o que favorece a formação do complexo. Em seguida, uma solução de diacetiloxima é adicionada à amostra, permitindo a reação com o níquel presente. Após o período de reação, a concentração da espécie de cor amarela formada é medida utilizando um espectrofotômetro, geralmente a um comprimento de onda de 470 nm.^{47,48}

Este método possui sensibilidade satisfatória podendo quantificar até concentrações de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ além de possuir alta especificidade para níquel. Graças à simplicidade de execução, facilidade no acesso aos reagentes e leitura dos resultados, esse método é apreciado em laboratórios de controle ambiental e qualidade de produtos industriais. No entanto pode sofrer com algumas limitações, como a interferência de outros íons metálicos, principalmente Fe, presentes na amostra, que podem necessitar de etapas adicionais de separação ou mascaramento.^{44,47,48}

3.4.5 Sólidos dissolvidos totais

A determinação de sólidos dissolvidos totais (SDT) é crucial para diversas aplicações ambientais, industriais e de saúde pública. SDT refere-se à concentração total de substâncias inorgânicas e orgânicas dissolvidas em uma determinada quantidade de água, incluindo minerais, sais, metais, cátions ou ânions dissolvidos.^{49,50}

A importância da determinação de SDT está relacionada principalmente à qualidade da água potável. Altos níveis de SDT podem afetar o sabor, odor e cor da água, além de potencialmente impactar a saúde humana. Certos sólidos dissolvidos, como nitratos e metais pesados, podem ser prejudiciais se ingeridos em quantidades

elevadas. No tratamento de água, a monitoração de SDT é essencial para garantir a eficácia dos processos de purificação, como osmose reversa e desmineralização.^{49, 51,52}

Em ecossistemas aquáticos, níveis elevados de SDT podem afetar a vida aquática, impactando a flora e fauna. A salinidade é um fator crucial para a sobrevivência de certas espécies. Na indústria, o controle de SDT é vital para operações que utilizam água, como na fabricação de eletrônicos, onde a água de alta pureza é necessária.^{49,50}

Um dos métodos mais comuns para determinar SDT é através da medição da condutividade elétrica da água. Este método é baseado no princípio de que os sólidos dissolvidos conduzem eletricidade. Utiliza-se um medidor de condutividade, que consiste em uma sonda conectada a um dispositivo de leitura. A condutividade medida é convertida em concentração de SDT usando um fator de conversão, geralmente entre 0,5-0,7.^{49,52}

A medição de condutividade é rápida, fácil e não exige preparações complexas. Equipamentos de medição são relativamente baratos e podem ser usados em campo ou laboratório. No entanto, o método fornece uma estimativa indireta de SDT. A precisão da conversão depende da natureza dos sólidos dissolvidos e pode variar para diferentes tipos de águas. Além disso, a condutividade é dependente da temperatura, necessitando de compensação para leituras precisas.^{49,50,52}

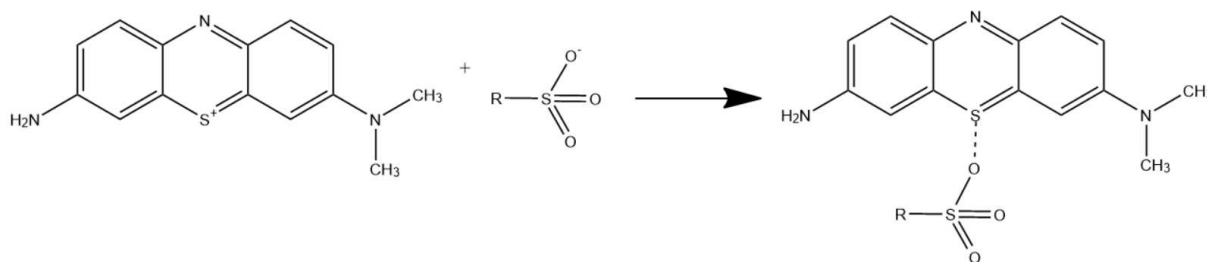
3.4.6 Surfactantes aniônicos

Os surfactantes desempenham um papel crucial em diversas indústrias, sendo essenciais na formulação de emulsões, espumas e suspensões. A quantificação precisa dos surfactantes é fundamental, e métodos como a titulação, cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e espectrofotometria são comumente empregados para essa finalidade. A determinação de surfactantes utilizando o método do azul de metileno e clorofórmio é uma técnica analítica eficiente para quantificar a presença de surfactantes aniônicos em soluções aquosas.^{53,54,55}

O princípio fundamental deste método envolve a reação específica entre surfactantes aniônicos e o azul de metileno, um corante catiônico. O azul de

metileno ($C_{16}H_{18}N_3SCl$) possui carga positiva e, quando em solução aquosa, pode formar um par iônico com surfactantes aniônicos, como os lauril sulfatos ($C_{12}H_{25}SO_4Na$), que possuem carga negativa. A reação é representada na Figura 5.^{56,57}

Figura 5: Reação Azul de Metileno com Surfactante aniônico. Fonte: Elaborado pelo autor



Onde RSO_3 representa o surfactante aniônico. Este par, é insolúvel em água, mas solúvel em solventes orgânicos como o clorofórmio ($CHCl_3$).⁵⁸

Após a formação do íon pareado, a solução aquosa contendo o surfactante e o azul de metileno é misturada com clorofórmio. Devido à solubilidade da espécie em clorofórmio, ocorre a extração da fase aquosa para a fase orgânica. A fase orgânica, agora contendo o par, é então analisada por espectrofotometria, permitindo a quantificação precisa do surfactante aniônico na amostra original.^{56,58}

Este método é comumente empregado em análises ambientais e no controle de qualidade de produtos industriais, tais como detergentes e cosméticos. Embora apresente algumas limitações, como a interferência de compostos catiônicos e a toxicidade do clorofórmio, sua especificidade para surfactantes aniônicos e a facilidade de execução contribuem para sua popularidade em diversas aplicações analíticas.^{56,57}

4.OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Realizar análises em amostras de efluentes e águas residuais, com o intuito de acompanhar alguns parâmetros físico-químicos e comparar com as legislações vigentes.

4.2 Objetivos específicos

- Compreender o funcionamento e rotina de trabalho do laboratório de análises físico-química de efluentes desde a sua coleta até a entrega do laudo ao cliente;
- Determinar os parâmetros físico-químicos das amostras quanto à concentração de cromo hexavalente, fosfato, níquel, nitrato, sólidos dissolvidos totais e surfactantes aniônicos.

5. Parte Experimental

Todas as análises foram feitas seguindo a metodologia do "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*". Outro ponto importante é que todos os reagentes que formam as espécies que foram medidas no espectrofotômetro estão presentes nos kits que são adquiridos prontos, diretamente da fabricante do espectrofotômetro.

5.1 Preparo de amostras e Amostragem

A parte de laboratório da empresa é organizada em três grupos distintos para otimizar suas operações: o Comercial, a Logística e o Laboratório propriamente dito. O grupo Comercial é responsável por manter o contato com os clientes, gerenciar pedidos e assegurar que todas as necessidades dos clientes sejam atendidas de maneira eficiente. A Logística, por sua vez, planeja e executa a rota diária dos coletores, garantindo que as coletas de amostras sejam realizadas de forma sistemática e pontual. Já o Laboratório é encarregado de executar as análises detalhadas das amostras coletadas.

Para cada análise, são coletados dois frascos: um de 1000 mL e outro de 250 mL, ambos de polipropileno transparente. Durante a coleta em campo, são realizadas análises preliminares de cloro livre, condutividade, oxigênio dissolvido e pH, utilizando equipamentos portáteis. As amostras são então armazenadas em bolsas térmicas para manter sua integridade e transportadas para a empresa no final do dia, onde são acondicionadas na geladeira de amostras, garantindo que permaneçam em condições ideais até a análise no dia seguinte.

Ao chegar no laboratório, a primeira etapa é a separação das amostras. Esse processo envolve a verificação detalhada de quais análises precisam ser realizadas em cada amostra. Inicialmente, são conduzidas as análises físicas, que incluem a determinação de cor, turbidez e SDT.

Em seguida, se necessário, são realizadas as análises microbiológicas. Estas análises são cruciais para identificar a presença de organismos patogênicos que podem afetar a saúde humana e ambiental. Finalmente, são realizadas as análises físico-químicas detalhadas, que podem incluir uma ampla gama de testes para determinar a presença de diversos compostos químicos e metais.

Após a conclusão de todas as análises, os resultados são registrados no sistema de gestão de dados do laboratório. Esses dados passam por um processo rigoroso de conferência dupla: primeiramente, o supervisor do laboratório revisa os resultados para assegurar a precisão e a conformidade com os padrões estabelecidos. Em seguida, o responsável técnico faz uma revisão final antes que os relatórios sejam liberados.

Os relatórios finais são publicados no site da empresa, onde cada cliente pode acessar os resultados de forma segura usando uma senha exclusiva. Este sistema garante que os clientes tenham acesso rápido e fácil aos seus dados, permitindo uma tomada de decisão informada baseada em resultados precisos e confiáveis. Essa abordagem metódica e estruturada assegura a alta qualidade e confiabilidade das análises realizadas pela empresa.

5.2 Cromo Hexavalente

Para determinação de Cromo Hexavalente primeiramente as amostras são retiradas da geladeira e deixadas aclimatando até que atinjam a temperatura ambiente. Depois de atingida a temperatura ambiente, o pH é corrigido para ficar entre 6 e 8. Então 1 colher medidora do reagente 1, difenilcarbazida, e 0,8 mL do reagente 2, ácido fosfórico, são adicionados ao tubo. Após isso com auxílio de uma micropipeta 8 mL de amostras são adicionados, o tubo é fechado e agitado e depois o tubo fica em repouso por 15 minutos para que a reação ocorra. Após o tempo de reação as amostras são medidas no espectrofotômetro em 540 nm.

Os materiais utilizados para determinação de Cromo são:

Kit de reagentes Chromium Macherey-Nagel

Micropipeta de 10 mL

Espectrofotômetro Macherey-Nagel Vis II

pHmetro MS Tecnozon mPA 210

Solução Ácido Sulfúrico 0,1 mol.L⁻¹

Solução Hidróxido de Sódio 0,1 mol.L⁻¹

Água deionizada

Tubos de ensaio

5.3 Fosfato

Para determinação de fosfato primeiramente as amostras são retiradas da geladeira e deixadas aclimatando até que atinjam a temperatura ambiente. Depois de atingida a temperatura ambiente, o pH é corrigido para ficar entre 6 e 8. Então com auxílio de uma micropipeta 8 mL de amostra são adicionados, 0,4 mL do reagente R1, ácido sulfúrico, e 0,4 mL do reagente R2, ácido sulfúrico e heptamolibdato de amônio, são adicionados. O tubo é fechado e agitado, depois o tubo fica em repouso por 15 minutos para que a reação ocorra. Após o tempo de reação as amostras são medidas no espectrofotômetro em 690 nm.

Os materiais utilizados para determinação de Cromo são:

Kit de reagentes Orto-Phosphat Macherey-Nagel

Micropipeta de 10 mL

Espectrofotômetro Macherey-Nagel Vis II

pHmetro MS Tecnozon mPA 210

Solução Ácido Sulfúrico 0,1 mol.L⁻¹

Solução Hidróxido de Sódio 0,1 mol.L⁻¹

Água deionizada

Tubos de ensaio

5.4 Níquel

Para determinação de níquel primeiramente as amostras são retiradas da geladeira e deixadas aclimatando até que atinjam a temperatura ambiente, depois de atingida a temperatura ambiente, o pH é corrigido para ficar entre 6 e 8, depois disso com auxílio de uma micropipeta 5 mL de amostra são adicionados, 1 colher medidora de reagente 1, diacetiloxima, e 5 gotas de reagente 2, hidróxido de amônio, são adicionados, o tubo é fechado e agitado, depois o tubo fica em repouso por 15 minutos para que a reação ocorra, após o tempo de reação as amostras são medidas no espectrofotômetro em 470 nm.

Os materiais utilizados para determinação de Níquel são:

Kit de reagentes Nickel Macherey-Nagel

Micropipeta de 10 mL

Espectrofotômetro Macherey-Nagel Vis II

pHmetro MS Tecnozon mPA 210

Solução Ácido Sulfúrico 0,1 mol.L⁻¹

Solução Hidróxido de Sódio 0,1 mol.L⁻¹

Água deionizada

Tubos de ensaio

5.5 Nitrato

Para determinação de Nitrato, primeiramente as amostras são retiradas da geladeira e deixadas aclimatando até que atinjam a temperatura ambiente. Depois de atingida a temperatura ambiente, o pH é corrigido para ficar entre 1 e 7. Então são adicionados 4 mL de reagente 1, ácido fosfórico e ácido sulfúrico, 0,5 mL de amostra e 0,5 mL de reagente 2, 2,6-dimetilfenol e 2-propanol. O tubo é fechado e agitado e depois o tubo fica em repouso por 15 minutos para que a reação ocorra. Após o tempo de reação as amostras são medidas no espectrofotômetro em 345 nm.

Os materiais utilizados para determinação de Nitrato são:

Kit de reagentes Nitrate Macherey-Nagel

Micropipeta de 10 mL

Espectrofotômetro Macherey-Nagel Vis II

pHmetro MS Tecnocon mPA 210

Solução Ácido Sulfúrico 0,1 mol.L⁻¹

Solução Hidróxido de Sódio 0,1 mol.L⁻¹

Água deionizada

Tubos de ensaio

5.6 Sólidos Dissolvidos Totais

Para determinação de sólidos dissolvidos totais primeiramente as amostras são retiradas da geladeira e deixadas aclimatando até que atinjam a temperatura ambiente. Depois de atingida a temperatura ambiente, em torno de 50 mL de amostra são transferidos para um béquer, e a sonda do multiparâmetro já lavada e seca é inserida, aguarda-se até que o valor fique estável.

Os materiais utilizados para determinação de Sólidos Dissolvidos Totais são:

Multiparâmetro AKSO AK50

Béquer de 50 mL

Água destilada

5.7 Surfactantes

Para determinação de surfactantes aniônicos primeiramente as amostras são retiradas da geladeira e deixadas aclimatando até que atinjam a temperatura ambiente. Depois de atingida a temperatura ambiente, com auxílio de uma pipeta 5 mL de clorofórmio são adicionados ao tubo, em seguida 5 mL da amostra, 3 gotas de solução lavadora e 5 gotas de solução de azul de metileno 30 mg.L^{-1} . O tubo é fechado e agitado no vórtex, depois o tubo fica em repouso por 15 minutos para que ocorra a extração do par azul de metileno - surfactante e a separação de fase. Após o tempo de separação das fases as amostras são medidas no espectrofotômetro em 654 nm.

Os materiais utilizados para determinação de Surfactantes aniônicos são:

Solução lavadora ($0,246 \text{ mol.L}^{-1}$ de Ácido Sulfúrico + 50 g.L^{-1} fosfato monobásico de sódio)

Solução de azul de metileno 30 mg.L^{-1}

Clorofórmio

Pipeta de vidro de 5 mL

Micropipeta de 10 mL

Espectrofotômetro Macherey-Nagel Vis II

Água deionizada

Tubos de ensaio

5.8 Segurança e Resíduos

O laboratório de análises físico-químicas da empresa Scaba Química, onde tive a oportunidade de realizar estágio, segue rigorosamente todas as normas de segurança. A entrada é permitida apenas para os funcionários do laboratório, devidamente equipados com calça comprida, sapato fechado e equipamentos de proteção individual (EPI 's), como jalecos e luvas.

As soluções e reagentes utilizados no laboratório são devidamente rotulados, guardados e identificados com informações sobre a data de preparo, validade, concentração e responsável pelo preparo. O laboratório também dispõe de diversos equipamentos de segurança, incluindo máscaras, óculos de proteção, luvas e capelas de exaustão para o manuseio seguro de reagentes e solventes P.A.

Os resíduos químicos são segregados em barris apropriados e destinados corretamente a uma empresa especializada, responsável pelo tratamento adequado desses materiais.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o estágio na Scaba Química buscou-se acompanhar a qualidade do tratamento em algumas estações de tratamento de empresas do estado de Santa Catarina, levando em consideração principalmente as resoluções CONAMA n° 357/2005, CONAMA n° 420/2009, CONAMA n° 430/2011 e CONSEMA n° 181/2021 para tal foi comparado os valores obtidos na entrada e na saída do tratamento, os parâmetros físico-químicos escolhidos foram as concentrações de: cromo hexavalente, fosfato, níquel, nitrato, sólidos dissolvidos totais e surfactantes aniônicos.

A determinação de metais em geral é feita utilizando técnicas de análises mais modernas como por exemplo absorção atômica, utilizando principalmente a atomização em forno de grafite devido à maior sensibilidade e processo de ionização mais eficaz, outro método muito utilizado é o uso do espectrômetro de massas que possui maior sensibilidade e rapidez nas análises.

Já a determinação de ânions inorgânicos em efluentes industriais é frequentemente realizada utilizando a técnica de cromatografia iônica. A cromatografia iônica é amplamente utilizada devido à sua alta sensibilidade e capacidade de separar e quantificar diferentes ânions simultaneamente.

Porém devido ao elevado custo de aquisição e manutenção desses equipamentos, além da necessidade de mão de obra especializada na operação desses equipamentos, uma solução mais barata e com eficácia suficiente é o uso da espectrofotometria UV/Vis. Os efluentes foram analisados tanto na entrada quanto na saída do tratamento que é feito dentro da empresa.

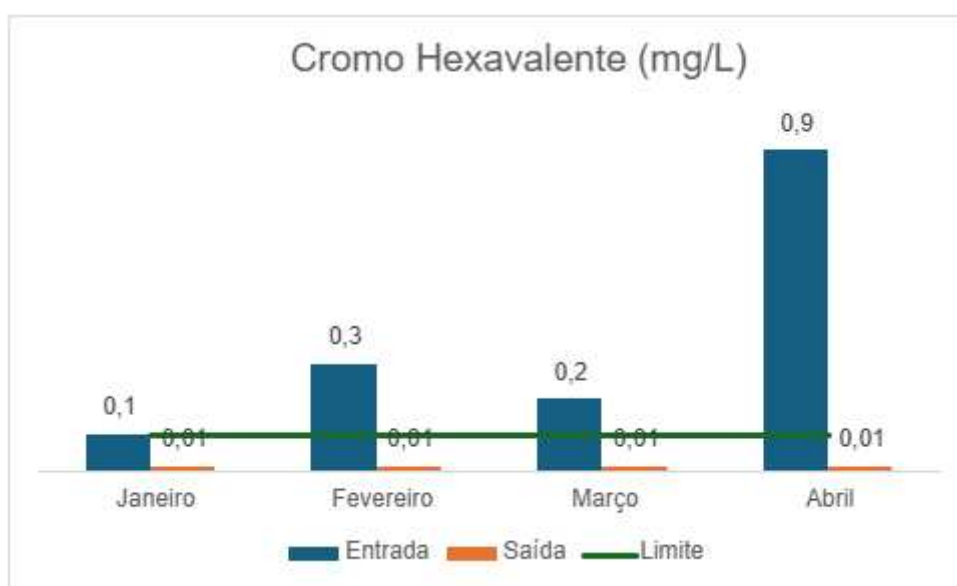
6.1 Cromo Hexavalente

O cromo é um metal encontrado principalmente nos efluentes das indústrias de couro e usinagem. Este elemento pode existir em duas formas principais: Cr(III) e Cr(VI). Devido à sua elevada carcinogenicidade, o Cr(VI) é considerado o mais perigoso.

A presença de cromo nos efluentes dessas indústrias é motivo de preocupação ambiental e de saúde pública, pois o Cr(VI) pode causar graves problemas de saúde, incluindo câncer. Portanto, é essencial monitorar e controlar as

concentrações de cromo na entrada e na saída dos processos de tratamento de efluentes. A figura 6 ilustra as concentrações de cromo em diferentes etapas do tratamento, permitindo avaliar a eficácia dos métodos utilizados para a remoção deste contaminante. A legislação brasileira, especificamente a resolução CONAMA n° 430/2011, estabelece um limite máximo de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ para a concentração de Cr(VI) em efluentes, que pode ser observado como a linha verde na figura 6.

Figura 6: Acompanhamento de Cromo Hexavalente em efluentes. Fonte: Elaborado pelo autor



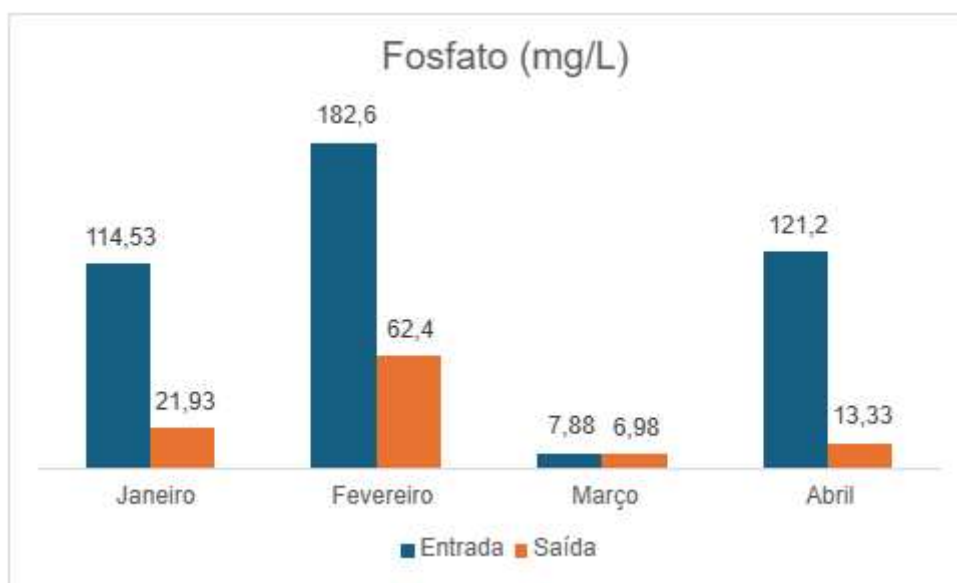
O tratamento realizado demonstra uma elevada eficiência na remoção de Cr(VI), o que nos permite liberar os efluentes tratados em corpos d'água sem comprometer o meio ambiente. Inicialmente, a concentração de Cr(VI) na entrada do tratamento pode chegar a $0,9 \text{ mg/L}$. No entanto, após o processo de tratamento, essa concentração é reduzida consistentemente para valores próximos a $0,01 \text{ mg/L}$. Essa significativa redução indica que o tratamento está dentro dos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA n°430/2011, que estabelece limites rigorosos para a presença de metais pesados nos efluentes lançados em corpos hídricos. Assim, além de atender às exigências legais, o tratamento contribui para a preservação ambiental e a saúde das comunidades que dependem desses recursos hídricos.

6.2 Fósforo

Embora não exista uma legislação específica que regule os níveis de fósforo nos corpos d'água, muitas indústrias, especialmente as de fertilizantes, monitoram rigorosamente os valores de fósforo em seus efluentes. Essa prática visa mitigar os possíveis impactos negativos causados pela elevada concentração de fósforo. As empresas de fertilizantes adotam essas medidas preventivas para evitar problemas ambientais significativos que poderiam comprometer ecossistemas inteiros.

Os valores obtidos das medições de fósforo podem ser observados na Figura 7. Esses dados foram coletados no período de janeiro a abril em uma empresa do estado de Santa Catarina, ilustrando as concentrações encontradas. Essas medições servem como uma referência crucial para os controles adotados pela empresa, destacando a importância do monitoramento contínuo para evitar impactos ambientais negativos.

Figura 7: Acompanhamento de Fósforo em efluentes. Fonte: Elaborado pelo autor



Os valores observados na saída do tratamento dos efluentes foram 21,93 mg.L⁻¹, 62,4 mg.L⁻¹, 6,98 mg.L⁻¹ e 13,33 mg.L⁻¹. Esses valores são preocupantes, especialmente considerando que, embora o fósforo não tenha um limite específico, o fósforo é regulado pela Resolução CONSEMA n° 181/2021, que estabelece um limite máximo de 4 mg.L⁻¹ ou uma remoção mínima de 75%.

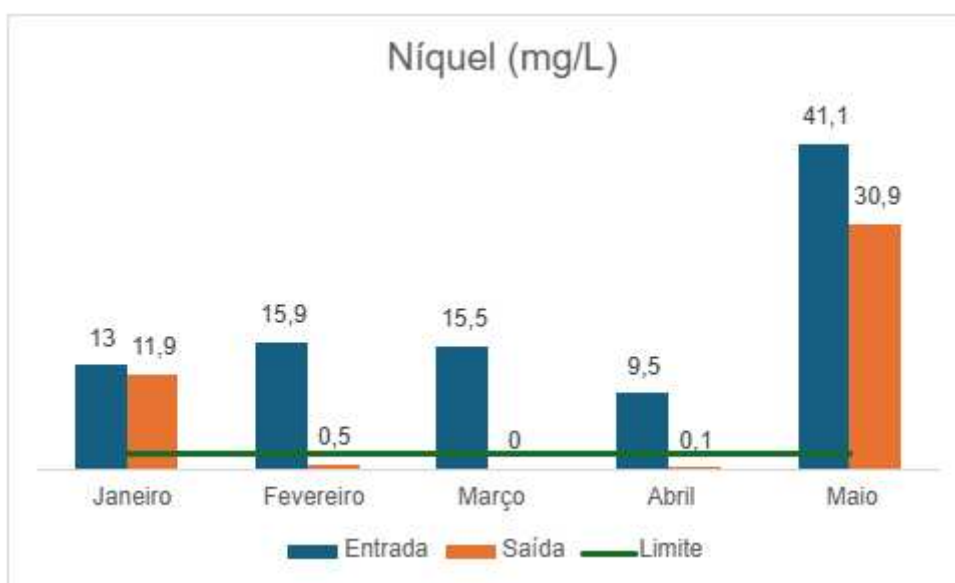
Em fevereiro, os valores observados indicam que houve um problema no tratamento dos efluentes, já que houve um aumento muito grande na quantidade de fosfato. No entanto, em março, houve uma redução muito significativa nos valores tanto na entrada quanto na saída, o que sugere que alterações eficazes foram implementadas no processo de tratamento. Essas mudanças continuaram a apresentar os efeitos desejados em abril, indicando uma melhoria contínua e eficiente no tratamento dos efluentes.

Pode-se apontar que é fundamental continuar monitorando e ajustando o processo de tratamento dos efluentes para assegurar que ele permaneça eficaz e dentro dos padrões regulamentares. Manter essas melhorias é essencial para evitar impactos ambientais negativos e garantir a conformidade com a legislação vigente, protegendo assim os corpos d'água receptores e a qualidade ambiental.

6.3 Níquel

Foi realizado o acompanhamento mensal da concentração de níquel nos efluentes de uma empresa do estado, no período de janeiro a maio. A Figura 8 ilustra a efetividade do tratamento dos efluentes ao longo desses meses. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 430/2011 regula a concentração máxima de níquel para lançamento em corpos d'água, estabelecendo o limite de 2 mg/L, representado na Figura 8 pela linha verde.

Figura 8: Acompanhamento Níquel em efluentes. Fonte: Elaborado pelo autor



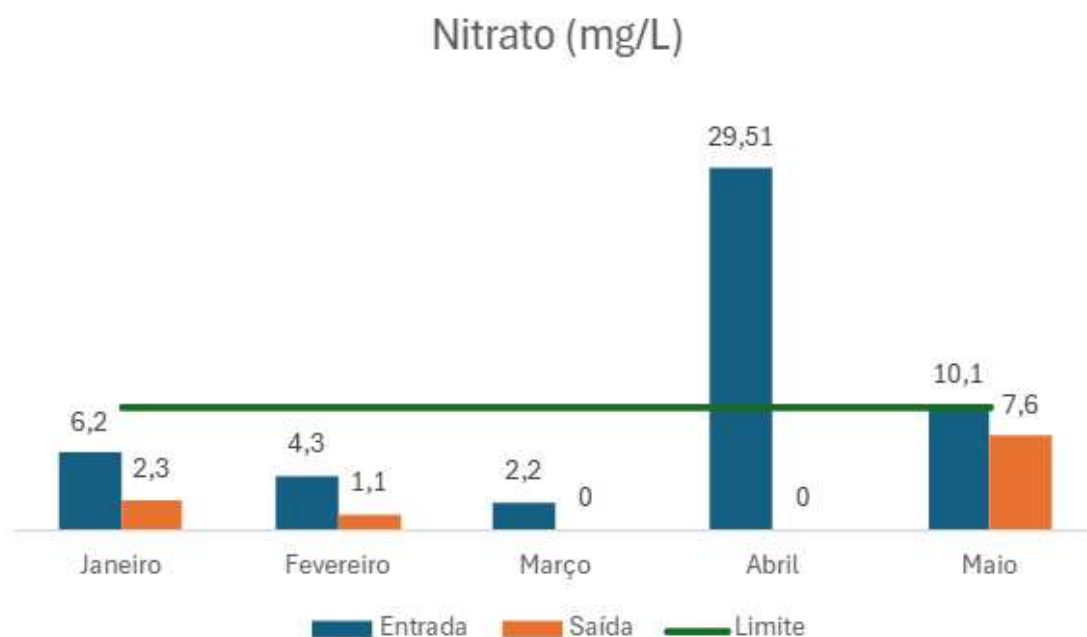
Pode-se observar que a concentração de níquel na saída do tratamento nos meses de janeiro e maio estava fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011. Esse desvio deve-se principalmente ao fato de que a principal metodologia utilizada para a remoção do níquel neste efluente envolve a utilização de zeólitas. Quando essas zeólitas estão saturadas, sua eficácia na adsorção do metal diminui significativamente, resultando em concentrações alteradas de diversos parâmetros, incluindo níquel nos efluentes tratados.

O acompanhamento mensal dos efluentes é essencial para identificar quando o tratamento começa a apresentar perda de eficiência, nesse caso as zeólitas atingem sua capacidade máxima de adsorção e necessitam ser substituídas. Os dados observados nos meses mencionados indicam claramente que as zeólitas estavam saturadas, comprometendo o desempenho do sistema de tratamento. Com base nesses resultados, foi recomendada a troca imediata das zeólitas, recomendação essa que já foi comunicada à empresa responsável. A substituição oportuna das zeólitas é crucial para assegurar a conformidade contínua com as normas ambientais e para proteger a qualidade dos corpos d'água receptores, garantindo que a concentração de níquel permaneça dentro dos limites seguros estabelecidos pela legislação.

6.4 Nitrato

Ao longo dos meses de janeiro a maio, foi realizado um monitoramento contínuo dos níveis de nitrato no efluente de uma empresa localizada no estado. Os dados obtidos nesse período foram cuidadosamente registrados e estão disponíveis para análise, tanto em relação à entrada quanto à saída do processo de tratamento, conforme detalhado na Figura 9. Esse acompanhamento constante permite uma avaliação precisa da eficácia dos processos de tratamento empregados, bem como a identificação de possíveis áreas de melhoria e otimização

Figura 9: Acompanhamento de Nitrato em efluentes. Fonte: Elaborado pelo autor



Ao analisar os valores dispostos na Figura 8, é notável que, apesar dos consideráveis teores de nitrato na entrada, o sistema de tratamento demonstra uma eficiente remoção desses compostos até o mês de abril. Contudo, em maio, há indícios de uma possível queda na eficácia desse processo. Esta diminuição na capacidade de remoção do nitrato aponta para a necessidade premente de uma investigação mais aprofundada acerca do funcionamento do sistema, a fim de identificar e abordar eventuais problemas emergentes

Além disso, uma análise mais detalhada revela que o mês de abril registrou o pico mais elevado de nitrato na entrada do sistema. Esta elevação súbita pode ter sobrecarregado a capacidade do sistema de tratamento, sugerindo a possibilidade de falhas nos processos produtivos, resultando em uma liberação excessiva de nitrato para o efluente. Diante desse cenário, é necessária uma abordagem sistemática para investigar e remediar quaisquer irregularidades, garantindo não apenas a eficiência contínua do sistema de tratamento, o cumprimento dos padrões regulatórios e a preservação ambiental, além da eficiência do processo produtivo.

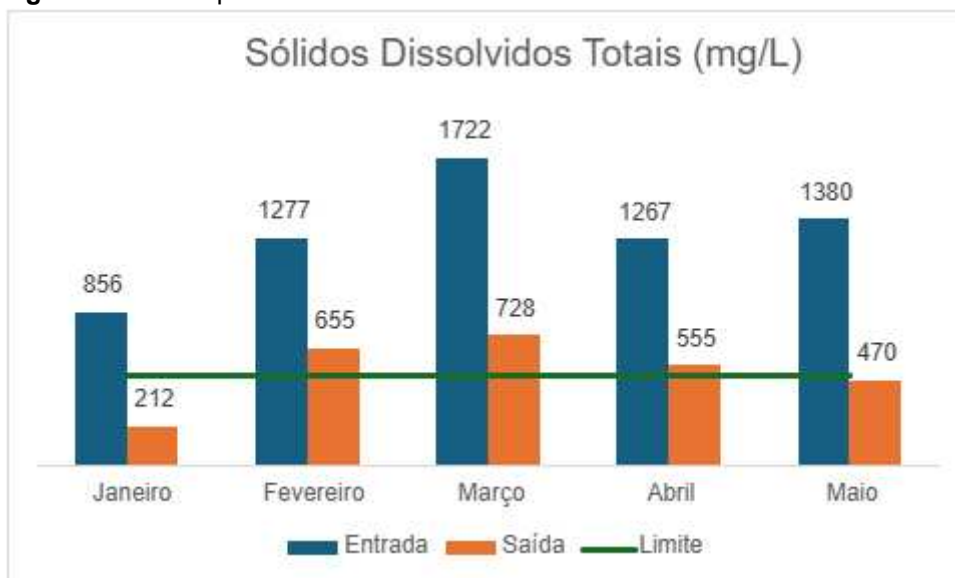
6.5 Sólidos Dissolvidos Totais

A determinação da concentração de sólidos dissolvidos totais em efluentes industriais é crucial devido aos diversos problemas ambientais e de saúde pública associados a esses compostos. Os sólidos dissolvidos podem incluir uma variedade de substâncias, como sais, minerais e materiais orgânicos, e sua presença em altas concentrações pode indicar a presença de poluentes nocivos.

No contexto regulatório brasileiro, não existe regulamentação em relação à efluentes, somente a Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece um limite máximo de 500 mg.L^{-1} para a concentração de sólidos dissolvidos totais em águas superficiais e água potável. Essa regulamentação visa proteger o meio ambiente e a saúde pública

Foi determinada a concentração de sólidos dissolvidos totais na lagoa de tratamento de uma empresa do estado, de janeiro a maio, os valores determinados e o limite estabelecido pela linha verde, podem ser observados na Figura 10.

Figura 10: Acompanhamento Sólidos dissolvidos totais em efluentes. Fonte: Elaborado pelo autor



É evidente que, na maioria dos meses, os valores dos sólidos dissolvidos totais (SDT) estão elevados. No entanto, à medida que esse efluente é liberado no ambiente, ele se dilui e a concentração de SDT diminui. Contudo, uma análise mais detalhada da concentração de SDT nos rios ou lagos onde esse efluente é liberado poderia fornecer indicações sobre a ocorrência de contaminação ou potenciais impactos ambientais.

6.6 Surfactantes aniônicos

A presença de surfactantes em efluentes industriais pode desencadear impactos indesejados na qualidade da água, inclusive afetando a Demanda Química de Oxigênio (DQO). Esses compostos podem agir como agentes tensoativos, promovendo a formação de espumas e a estabilização de emulsões, o que pode aumentar indiretamente a DQO do corpo receptor de água.

Além disso, os surfactantes podem ter um efeito negativo sobre a eutrofização dos corpos d'água. Os surfactantes, ao contribuírem para a carga orgânica e nutricional dos efluentes, podem servir como alimento e contribuir para o crescimento descontrolado de algas e outras plantas aquáticas, levando à eutrofização. Isso, por sua vez, pode resultar em diminuição do oxigênio dissolvido na água, formação de zonas mortas e deterioração da qualidade geral do habitat aquático. A Resolução CONAMA nº 430/2011 estabelece um limite máximo de 2 mg.L⁻¹ para a concentração de surfactantes em efluentes industriais, que pode ser observado como a linha verde na Figura 11.

Foi feito o acompanhamento da concentração de surfactantes aniônicos no efluente de uma empresa, no período de janeiro a maio, e os resultados obtidos podem ser observados na Figura 11.

Figura 11: Acompanhamento de Surfactantes em efluentes. Fonte: Elaborado pelo autor.



Este é o parâmetro mais controlado dentre todos os analisados com valores dentro da legislação já na entrada e uma redução na saída do tratamento,

entretanto, nos últimos dois meses de acompanhamento, Abril e Maio, surge uma preocupação já que a eficiência do tratamento está declinando, indicada pela similaridade dos valores observados tanto na entrada quanto na saída. Esta tendência sugere uma possível perda de eficácia no processo de tratamento, o que demanda uma análise mais aprofundada para identificar e corrigir quaisquer falhas ou deficiências no sistema. Porém como os parâmetros ainda estão de acordo com a CONAMA nº430/2011 o efluente pode ser descartado sem problemas.

7. CONCLUSÃO

A análise dos efluentes é de extrema importância, especialmente quando consideramos que esses efluentes são despejados em rios. Se os parâmetros de qualidade não estiverem dentro das legislações vigentes, os impactos podem ser significativos tanto na saúde pública quanto no ecossistema.

Quando os efluentes não são tratados adequadamente, contaminantes entram nos cursos d'água que eventualmente serão usados para abastecimento de cidades. Isso representa um risco direto à saúde pública, pois a água contaminada pode causar uma série de doenças e problemas de saúde.

Além disso, a presença de contaminantes nos efluentes afeta diretamente os ecossistemas aquáticos. Substâncias tóxicas, nutrientes em excesso e patógenos podem alterar o equilíbrio natural dos ambientes aquáticos, causando a morte de espécies, a proliferação de algas nocivas e a degradação geral da qualidade da água. Esses impactos podem se propagar ao longo da cadeia alimentar, afetando não apenas a vida aquática, mas também animais terrestres e seres humanos que dependem desses recursos.

Durante o estágio, além de aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula, aprofundi meu entendimento sobre a rotina de um laboratório e as práticas diárias. Também adquiri um conhecimento detalhado sobre as legislações do setor e os processos de tratamento de efluentes, o que foi fundamental para consolidar minha formação acadêmica.

Analisando os resultados obtidos durante o estágio, é possível inferir que, na sua grande maioria, os parâmetros estavam dentro dos padrões exigidos pelas legislações vigentes. No entanto, em alguns meses, desvios foram observados que resultaram em parâmetros fora do permitido, o que constitui um problema significativo. Felizmente, essas situações foram rapidamente resolvidas, destacando a importância do monitoramento constante dos efluentes para garantir que a qualidade seja mantida e que não haja impactos negativos na saúde pública e no meio ambiente. Essa experiência reforçou a necessidade de um acompanhamento contínuo e rigoroso para assegurar a conformidade com as normas e a proteção dos recursos hídricos.

8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL

Estagiar na SCABA Química me proporcionou uma experiência ampla e enriquecedora, permitindo-me trabalhar na área de química analítica. O contato direto com o ambiente de laboratório foi significativamente mais intenso, e a oportunidade de utilizar equipamentos de última geração aprimorou consideravelmente os conhecimentos que adquiri durante a graduação. Este estágio não apenas consolidou minha formação teórica, mas também ampliou minha capacidade prática, especialmente ao manusear tecnologias avançadas e metodologias modernas.

A rotina em um laboratório de controle de qualidade na SCABA Química permitiu-me adquirir uma experiência valiosa em diversas etapas do processo analítico. Desde a coleta das amostras até a aplicação rigorosa das normas e legislações que regem as análises químicas, cada fase do trabalho proporcionou um aprendizado prático significativo. Adicionalmente, a responsabilidade de fornecer resultados precisos e confiáveis, que têm um impacto direto nas decisões analíticas, foi uma parte fundamental do meu desenvolvimento profissional.

Além disso, durante o estágio, aprendi muito sobre legislações ambientais, o que ampliou ainda mais minha compreensão das responsabilidades e normas que regem o trabalho no setor químico. Esse conhecimento é crucial para assegurar que todas as práticas laboratoriais estejam em conformidade com as regulamentações vigentes, contribuindo para a sustentabilidade e segurança ambiental.

Enfrentar problemas reais do laboratório e buscar soluções eficientes para superá-los fez parte do meu dia a dia no estágio, proporcionando uma experiência prática inestimável. Esta vivência direta com desafios cotidianos de um ambiente laboratorial reforçou minha capacidade de lidar com situações complexas e aprimorar minhas habilidades de resolução de problemas.

9. REFERÊNCIAS

- 1 QUEIROZ, Júlio Ferraz de; SILVA, Mariana Silveira Guerra Moura e; TRIVINHO-STRIXINO, Susana. **Ecossistemas Aquáticos e seu Manejo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 92 p.
- 2 MACIEL FILHO, Albertino Alexandre; CARNEIRO, Mara Lúcia Oliveira; COSTA, Silvano Silvério da; CANCIO, Jacira Azevedo (org.). **VIGILÂNCIA E CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**. Brasília: Ms, 2006. 212 p.
- 3 SÃO PAULO. Maria Helena R. B. Martins. Gerente do Departamento de Qualidade Ambiental (org.). **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo: Feeling Propaganda, 2022. 287 p. CETESB.
- 4 BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Coordenação de Controle da Qualidade da Água (org.). **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 150 p.
- 5 COSTA, Patrick Amaral da. **GESTÃO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SUBSTRATO AGRÍCOLA: ESTUDO DE CASO**. 2014. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- 6 REIS, José Antonio Tosta dos; MENDONÇA, Antônio Sérgio Ferreira. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 353-362, set. 2009. FapUNIFESP
- 7 FIGUEIREDO, Maria Cléa Brito de; ARAÚJO, Lúcia de Fátima Pereira; GOMES, Raimundo Bemvindo; ROSA, Morsyleide de Freitas; PAULINO, Walt Disney; MORAIS, Lúcia de Fátima Sabóia de. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 167-174, jun. 2005.
- 8 GIORDANO, Gandhi. **TRATAMENTO E CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**. 2004. 78 f., UERJ, Rio de Janeiro, 2004.
- 9 Brasil. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Publicada no Diário Oficial nº 92 em 16 de maio de 2011
- 10 Brasil. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Publicada no Diário Oficial nº 53 em 18 de março de 2005.
- 11 Brasil, 2008. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009.
- 12 CISLAGHI, Adriano Araujo. **LICENCIAMENTOS AMBIENTAIS EM SANTA CATARINA**. 2014. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- 13 SANTA CATARINA. Resolução nº 181, de 2021. **Resolução Consema Nº 181**. Florianópolis, 02 ago. 2021.

- 14 VASCONCELOS, Nadja Maria Sales de. **Fundamentos de Química Analítica Quantitativa**. 2. ed. Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará – Eduece, 2019. 190 p.
- 15 **CUNHA, Ricardo Bastos**. Apostila de Química Analítica Quantitativa. 1ª ed. Brasília: Editora CopyMarket.com, 2001.
- 16 LACRUZ, Alex Ruben Huamán de. **Quantificação de ferro em minério de ferro por Espectrometria de Fluorescência de raios-X por dispersão de Energia: Estudo comparativo de desempenho metrológico e impacto econômico**. 2013. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metrologia, Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2013.
- 17 SKOOG, WEST, HOLLER, CROUCH, **Fundamentos de Química Analítica**, Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.
- 18 MERTZ, Walter. Cromo na Nutrição Humana. **The Journal Of Nutrition**, [S.L.], v. 123, n. 4, p. 626-633, abr. 1993. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1093/jn/123.4.626>.
- 19 VINCENT, John B.. A Bioquímica do Cromo. **The Journal Of Nutrition**, [S.L.], v. 130, n. 4, p. 715-718, abr. 2000. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1093/jn/130.4.715..>
- 20 A ANDERSON, Richard. Cromo como nutriente essencial para humanos. **Regulatory Toxicology And Pharmacology**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 35-41, ago. 1997. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/rtp.1997.1136>.
- 21 WILBUR, Sharon; ABADIN, Henry; FAY, Mike; YU, Dianyi; TENCZA, Brian (org.). **PERFIL TOXICOLÓGICO PARA CROMO**. Atlanta: Division Of Toxicology And Human Health Sciences, 2014. 592 p.
- 22 KOTAŚ, J.; STASICKA, Z.. Ocorrência de cromo no meio ambiente e métodos de sua especiação. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 107, n. 3, p. 263-283, mar. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491\(99\)00168-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491(99)00168-2).
- 23 KIMBROUGH, David Eugene; COHEN, Yoram; WINER, Arthur M.; CREELMAN, Lynn; MABUNI, Clayton. Uma avaliação crítica do cromo no meio ambiente. **Critical Reviews In Environmental Science And Technology**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 1-46, jan. 1999. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10643389991259164..>
- 24 B. WELZ, M. SPERLING, **Espectrometria de Absorção Atômica**, 3rd Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH, 1999.
- 25 CAROLI, S.; ALIMONTI, A.; CONI, E.; PETRUCCI, F.; SENOFONTE, O.; VIOLANTE, N.. avaliação de valores de referência para elementos em tecidos e fluidos biológicos humanos: uma revisão sistemática. **Critical Reviews In Analytical Chemistry**, [S.L.], v. 24, n. 5-6, p. 363-398, jan. 1994. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408349408048824>.
- 26 FANTINEL, Lucas Antônio. **AVALIAÇÃO DO USO DE ADSORVENTES A BASE DE ÓXIDO DE GRAFENO E CELULOSE PARA A REMOÇÃO DE ÍONS CROMO HEXAVALENTE DE SOLUÇÕES AQUOSAS**. 2021. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2021.

27 American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. In: Lipps WC, Braun-Howland EB, Baxter TE, eds. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 24th. ed. Washington DC: APHA Press; 2023.

28 MATOS, Wladiana Oliveira. **Estudo de procedimentos analíticos para determinação de Cr(III) e Cr(VI) em amostras sólidas**. 2006. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Ufscar, São Carlos, 2006.

29 MARCZENKO, Z.; BALCERZAK, Maria. **Separação, Pré-concentração e Espectrofotometria em Análise Inorgânica**. Amsterdã: Elsevier Science, 2000. 528 p.

30 Braga, B. et al. (2005). **Introdução à engenharia ambiental** (2ª ed.). São Paulo: Pearson Prentice Hall.

31 Macedo, J.A.B. (2007). **Águas e águas** (3ª ed.). Minas Gerais: CRQ-MG.

32 MENDONÇA, Fernanda de. **“Avaliação dos métodos colorimétrico e espectrométrico (ICP-OES) na determinação de fósforo total em amostras ambientais**. 2013. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Universidade Federal do Abc, Santo André, 2013.

33 SOARES, Alexandre Mioth; CARVALHO, Tiago Gomes Barroso. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e da eficiência operacional de estações de tratamento de esgoto na região das Baixadas Litorâneas, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 89-111, 2 jan. 2023. Essentia Editora.

34 BRAGA, Erika de Almeida Sampaio. **DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS INORGÂNICOS NITROGENADOS (AMÔNIA, NITRITO E NITRATO) E FÓSFORO TOTAL, NA ÁGUA DO AÇUDE GAVIÃO, E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A EUTROFIZAÇÃO**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

35 Almeida, M.R.S. (2012). **Validação de um Método Analítico: Determinação de fósforo total**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

36 ASSUNÇÃO, Edilane Alice de Alcântara. **ESTUDO DO EFEITO DE MATRIZ NA DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO EM ESPÉCIES ARBÓREAS DE FLORESTA TROPICAL SECA POR ESPECTROFOTOMETRIA COM AZUL DE MOLIBDÊNIO**. 2019. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019..

37 Sigma-Aldrich (2021). Fosfato em águas subterrâneas e superficiais: Método de determinação colorimétrica. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/technical-documents/technical-article/environmental-testing-and-industrial-hygiene/soil-solid-waste-and-groundwater-testing/phosphate-in-groundwater-surface-water>.

38 FARIA, Joana Menezes de. **USO DE CALCÁRIOS PARA REMOÇÃO DE FOSFATO DA ÁGUA E MITIGAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO DE AÇUDES DO**

SEMIÁRIDO BRASILEIRO. 2022. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

39 Bostelmann, E. (2006). **Avaliação da concentração de metais em amostras de sedimento do reservatório Billings, braço Rio Grande**, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares.

40 FONSECA, André Lemos. **DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE NITRATO, NITRITO E NITROGÊNIO AMONÍACAL NA ÁGUA DA LAGOA DE EXTREMOZ/RN**. 2017. 48 f. TCC (Bacharel) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

41 FIORI, Raquel, MARQUES, Tiago Queiroz, AYRES, Cleiton Jaques, BOHN, Barbara, BACK, Bruna, FIORI, Raquel. Et al. **Presença de íons nitrato em amostras de água de 26 regiões do Rio Grande do Sul**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 06, Ed. 10, Vol. 02, pp. 79-98. Outubro 2021.

42 SCHWIND, Katrin. **Fosfato em águas subterrâneas e superficiais: Método de determinação rápida e confiável usando o teste fotométrico Spectroquant®**. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/technical-documents/technical-article/environmental-testing-and-industrial-hygiene/soil-solid-waste-and-groundwater-testing/phosphat-e-in-groundwater-surface-water>. Acesso em: 15 maio 2024.

43 MAZON, Elaine Marra de Azevedo; OLIVEIRA, Aline Cristine Garcia de; BRÍGIDO, Berenice Mandel; FREITAS, Valéria Pereira da Silva. Estudo comparativo de métodos para determinação de nitrato em águas para consumo humano. **Instituto Adolfo Lutz**, São Carlos, v. 1, n. 64, p. 110-116, jun. 2005

44 SANTOS, Elenir Souza. **DETERMINAÇÃO DE COBRE, FERRO, NÍQUEL E ZINCO EM MATRIZES ETANÓLICAS POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X COM ENERGIA DISPERSIVA APÓS PRÉ-CONCENTRAÇÃO EM PAPEL CROMATOGRÁFICO**. 2012. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

45 ANTUNES, Patrícia Alexandra; BREVIGLIERI, Susete Trazzi; CHIERICE, Gilberto Orivaldo; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes. Determinação simultânea de cobalto e níquel. **Química Nova**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 289-299, jun. 1998. FapUNIFES

46 ARAÚJO, Natália Carolina de. **DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA ELETROANALÍTICA PARA DETERMINAÇÃO DE NÍQUEL EM ALIMENTOS**. 2018. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2018.

47 RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 285p. 2001

48 NOBRE, Eva Michelly Carvalho Santana. **PROCEDIMENTO VOLTAMÉTRICO OTIMIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE Ni²⁺ EM AMOSTRAS PRÉ-TRATADAS**

DE BIODIESEL, USANDO ELETRODO MODIFICADO COM FILME DE MERCÚRIO. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011.

49 MAGALHÃES, Vanessa Souza. **Hidroquímica e Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas em Áreas sob Influência de Lavras Pegmatíticas nas Bacias dos Córregos Água Santa e Palmeiras, Município de Coronel Murta (MG).** 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

50 LIMA, José Ossian Gadelha de; FRANÇA, Antonia Mayza de Moraes; LOIOLA, Helena Gomes; LOPES, Francisco das Chagas da Costa; LIMA, Jonas Rodrigues. Os sólidos totais dissolvidos (STD) e a Condutividade Elétrica (CE) nas águas de poços do município de Crateús-CE. In: CONGRESSO NORTE E NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais [...]** . [S.L.]: Connepi, 2012. p. 5-12.

51 BORBA, Alexandre L. S.; COSTA, Margarida R.; D.C. FILHO, Waldir. VALORES MÉDIOS DOS SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS X VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO PARA O ESTADO DA PARAÍBA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais [...]** . Bento Gonçalves: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. p. 15-22.

52 **PIVELLI, Roque Passos.** Curso: Qualidade das águas e poluição, Capítulo 5. 1ª ed. Brasília: Editora CopyMarket.com, 2001

53 ABBOTT, Steven. **Surfactant Science: Principles and Practice.** Leeds: Steven Abbott, 2019. 263 p

54 LEAL-CALDERON, Fernando; SCHMITT, Véronique; BIBETTE, Jérôme. **Ciência da Emulsão: princípios básicos.** 2. ed. Berlim: Springer, 2007. 263 p.

55 AMADEI, Damien; CHATZIDAKI, Maria D.; DEVIENNE, Julia; MONTEIL, Julien; CANSELL, Maud; XENAKIS, Aristotelis; LEAL-CALDERON, Fernando. Processo de baixa taxa de cisalhamento para obter emulsões finas transparentes sem óleo como alimentos funcionais. **Food Research International**, [S.L.], v. 62, p. 533-540, ago. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.069>.

56 MAYERS, Drew. **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SURFACTANTE.** 3. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2006. 380 p.

57 ROSEN, Milton J.; KUNJAPPU, Joy T.. **SURFACTANTES E FENÔMENOS INTERFACIAIS.** 4. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2012. 580 p.

58 PATIST, A.; BHAGWAT, S. S.; PENFIELD, K. W.; AIKENS, P.; SHAH, D. O.. Medição de concentrações micelares críticas de surfactantes não iônicos puros e de grau técnico. **Journal Of Surfactants And Detergents**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 53-58, jan. 2000. Wiley.

10. Anexos



DECLARAÇÃO DE ESTÁGIO OBRIGATÓRIO

A **Scaba Química Ltda** inscrito no CNPJ nº. [REDACTED], localizado na Rua Argentina, número 33, bairro Centro, na cidade de Jaraguá do Sul/Santa Catarina, declara que o aluno **Thiago Schuler**, CPF [REDACTED], número de matrícula da UFSC 23150294, realizou estágio **OBRIGATÓRIO** referente a disciplina **Estágio Supervisionado (QMC 5515)** na **Scaba Química Ltda** entre o período de **23/02/2024 a 30/06/2024**, totalizando 450 horas.

A Instituição de Ensino UFSC em que o (a) aluno (a) estuda possui vínculo com esta empresa e o aluno tem seu projeto de estágio de conclusão de curso supervisionado pelo **Engenheiro Químico João Vitor Apolinário**, CRQ/SC [REDACTED], CPF [REDACTED].

Atenciosamente,

JOAO VITOR APOLINARIO
FERREIRA
13251980726:4495933100
0129

Assinado de forma digital por
JOAO VITOR APOLINARIO FERREIRA
[REDACTED] 44959331000129
Dados: 2024.07.11 07:48:14 -03'00'

João Vitor Apolinário
Scaba Química