

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS FELIZ
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

Giovani de Azevedo Andrade

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
CONVENCIONAL DE ÁGUA POTÁVEL EM ESCALA DE BANCADA
PARA SER UTILIZADA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O
ENSINO TÉCNICO DE QUÍMICA**

**Feliz
2023**

Giovani de Azevedo Andrade

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
CONVENCIONAL DE ÁGUA POTÁVEL EM ESCALA DE BANCADA
PARA SER UTILIZADA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O
ENSINO TÉCNICO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Cunha da Rosa

Feliz
2023

Giovani de Azevedo Andrade

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
CONVENCIONAL DE ÁGUA POTÁVEL EM ESCALA DE BANCADA
PARA SER UTILIZADA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O
ENSINO TÉCNICO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Cunha da Rosa

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Francisco Cunha da Rosa (IFRS – Feliz)

Prof.^a. Me. Cleonei Antônio Cenci (IFRS – Feliz)

Prof.^a. Dr.^a. Suyanne Angie Lunelli Bachmann (IFRS – Feliz)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, meu pai e minha mãe, que sempre instauraram em mim a magnitude deste caminho, e ao meu irmão por ser um exemplo a seguir.

Ao meu orientador, por acreditar em mim desde sempre.

RESUMO

A experimentação tem papel fundamental para o ensino de química, materializando conceitos absorvidos pelos alunos com vistas a permitir seu pensamento crítico mesmo a frente de um caráter de abstração inerente a esta ciência. Para um futuro profissional de química, torna-se de grande valia manusear instrumentos e realizar análises como profissionalmente fará, emancipando seu conhecimento de uma aula simplesmente conceitual, aliando esse saber com possíveis problemas, discussões e propostas que devem surgir em sua vida cotidiana. Várias são as vertentes que reforçam a educação com este papel, sendo grande a quantidade de teorias construtivistas que defendem essa interação para um ensino mais completo. Sendo assim, este trabalho visou proporcionar uma vivência experimental de uma estação de tratamento convencional de água potável (ETA) a futuros técnicos em química, com vistas a avaliar a formação teórica e prática dos estudantes para atuação neste segmento. Para tal, foram usadas duas turmas com níveis escolares semelhantes: uma submetida a uma aula teórica-expositiva associada à aplicação de uma ETA em escala de bancada (denominada turma alvo) e outra submetida a apenas a aula teórica expositiva sobre o tema (denominada turma controle), ambas pertencentes a cursos técnicos integrados ao ensino médio de uma mesma instituição. Após a aplicação das intervenções propostas, verificou-se que a turma alvo apresentou melhores resultados evolutivos quando submetidas a questões objetivas de pré e pós teste, assim como também qualitativamente demonstrou maior segurança em respostas a questionamentos abertos sobre o tema, quando comparada ao controle. Isso corrobora com a principal hipótese deste trabalho, pois realmente verificou-se uma melhor compreensão das etapas práticas de uma ETA aos futuros técnicos em química, quando estes são submetidos a uma vivência prática aliada à teoria.

Palavras-chave: Experimentação. Construtivismo. ETA. Ensino técnico.

ABSTRACT

Experimentation plays a fundamental role in the teaching of chemistry, materializing concepts absorbed by students to enable their critical thinking, even in the face of the inherent abstract nature of this science. For a future chemistry professional, it is of great value to handle instruments and perform analyses as they will professionally do, emancipating their knowledge from a purely conceptual class, combining this knowledge with possible problems, discussions, and proposals that may arise in their daily lives. There are several perspectives that reinforce education with this role, and there are numerous constructivist theories that advocate for this interaction for a more comprehensive education. Therefore, this study aimed to provide an experimental experience of a conventional drinking water treatment plant (DWTP) for future chemical technicians, with the goal of evaluating the theoretical and practical formation of students for work in this field. To achieve this, two classes with similar educational levels were used: one subjected to a theoretical-expository class associated with the application of a bench-scale DWTP (referred to as the target group) and another subjected only to a theoretical-expository class on the topic (referred to as the control group), both belonging to technical courses integrated with high school education in the same institution. After the application of the proposed interventions, it was found that the target group showed better evolutionary results when subjected to pre and post-test objective questions. Qualitatively, it also demonstrated greater confidence in responses to open-ended questions on the topic when compared to the control group. This supports the main hypothesis of this study, as it was indeed observed that future chemical technicians have a better understanding of the practical steps of a DWTP when they are exposed to practical experience alongside theory.

Keywords: Experimentation. Constructivism. Water treatment. Technical education.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência nacional das águas
CONAMA	Conselho nacional do meio ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de saneamento
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA	Estação de tratamento de água
MEC	Ministério da Educação
OMS	Organização mundial da saúde
UNIÁGUA	Universidade da água

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema de uma ETA convencional.	24
Figura 2 - Imagem da ETA em escala de bancada que foi desenvolvida para este trabalho.	32
Figura 3 - Imagem aérea do IFRS Campus Feliz, compreendendo o ponto onde foram realizadas as coletas de água do Rio Caí.	33
Figura 4 - Imagens da aplicação experimental da ETA construída para este trabalho.	39
Figura 5 - Comparação de respostas de pré e pós-testes ao questionamento 7.	44
Figura 6 - Comparação de respostas de pré e pós-testes ao questionamento 11. ...	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do tratamento de água convencional para potabilidade.....	21
Quadro 2 - Dosagem de sulfato de alumínio em mg L-1.....	34
Quadro 3 - Respostas de cada grupo frente ao questionamento 12 do pós teste (Sobre fenômenos físicos e químicos, durante o tratamento de água convencional, cite quais são as etapas físicas e quais são as etapas químicas:):.....	47
Quadro 4 - Respostas de cada grupo frente ao questionamento 13 do pós-teste (Qual a importância de tratarmos a água para torná-la potável?):.....	48
Quadro 5 - Respostas de cada grupo frente ao questionamento 14 do pós-teste (Você acredita que uma aula teórica-expositiva é suficiente para que você aprenda bem as etapas necessárias ao tratamento de água para potabilidade?):.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns parâmetros e seus limites conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 para a classificação das águas visando seus possíveis usos.	19
Tabela 2 - Resultados das análises nos três encontros.	37
Tabela 3 - Comparação do percentual de acertos por questão de pré e pós testes para turma controle e para a turma alvo da pesquisa.	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
2.1. GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
2.3 HIPÓTESES	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DOCE.....	16
3.2 PRESSÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E PARÂMETROS DE CONTROLE	18
3.3 TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA POTABILIDADE	20
3.3.1 A importância do controle de parâmetros físico-químicos	25
3.4 VIVÊNCIAS EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA	27
3.5 ESTUDOS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS DE BANCADA PARA O ENSINO DE QUÍMICA	29
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
4.1 DESENVOLVIMENTO DA ETA EM ESCALA DE BANCADA.....	31
4.2 APLICAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA E SEU CONTROLE FÍSICO- QUÍMICO	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 RESULTADOS OBTIDOS COM O TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO CAÍ ..	37
5.2 APLICAÇÃO JUNTO AOS PESQUISADOS	39
5.2.1 Comparação das questões dissertativas no pós teste.....	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
7. REFERÊNCIAS	54
8. APÊNDICES	61
Apêndice I – PLANO DE AULA.....	61
Apêndice II - Pré-teste	64
Apêndice III- Pós-teste.....	70
Apêndice IV – TCLE	76

1. INTRODUÇÃO

A Teoria Evolutiva de Darwin preconiza que desde os primórdios da humanidade podemos encontrar a luta pela sobrevivência, garantindo a evolução e a seleção natural das espécies. Durante centenas de anos o objetivo humano era sanar suas necessidades básicas, dentre as principais cita-se a procura por água potável. Desde a Idade Antiga (3500 a.C. até 476), os chineses cavavam poços de centenas de metros na busca por água (SILVA, 2016). No Brasil, o primeiro registro de distribuição de água potável em áreas urbanas ocorreu em 1561, quando Estácio de Sá mandou escavar o primeiro poço para abastecer a cidade do Rio de Janeiro (BARROS, 2014).

Entretanto, com a colonização do território e com isso a intensificação do uso dos recursos hídricos, a contaminação das fontes de água potável tornou-se crescente e inevitável. Dentre as principais formas de contaminação, temos descarte de resíduos diversos em rios, contaminação dos lençóis freáticos por aterros sanitários mal elaborados, rejeitos de aterros industriais e contaminação por agrotóxicos e pesticidas, principalmente por ação da agricultura intensiva e dos esgotos em grandes cidades (RUSCHEINSKY;SCHONARDIE, 2011).

Frente à contaminação dos cursos d'água com seu uso cada vez maior, apresentaram-se graves consequências para seres vivos de todas as espécies (GARCIA, 2015). No que diz respeito à saúde humana, a água contaminada apresenta vários riscos. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), 80% das doenças que acometem a população de países em desenvolvimento são provocadas por águas contaminadas (PORTELA et al., 2013).

Todos esses efeitos maléficos são, portanto, associados a contaminações tanto advindas de substâncias químicas, quanto de microorganismos. A partir disso, evidencia-se a importância do tratamento de água devido para dirimir doenças e garantir saúde pública. Para tanto, torna-se necessário o conhecimento do tratamento de água, suas peculiaridades, adaptações e regionalismos (NORONHA,2019).

Nesse sentido, para o tratamento da água e sua potabilização, alguns tipos de tratamento são utilizados, podendo variar conforme a necessidade específica do

mesmo. Dentre os principais tratamentos, cita-se o higiênico para a remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros organismos, de substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos. Além deste, há o tratamento estético para correção da cor, sabor e odor, bem como o tratamento econômico para redução de corrosividade, cor, turbidez, ferro e manganês (TELLES, COSTA, 2010).

Em nosso país, normalmente adota-se o tratamento de água convencional. Por consequências políticas e de organização, o tratamento no Rio Grande do Sul é realizado pela Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN), empresa até então pública que visa uma questão social e igualitária no tratamento de água (COSTA, 2013).

Como etapas do tratamento convencional de águas superficiais realizado pela CORSAN, consideram-se captação (retirada de água bruta do manancial), adução (caminho percorrido pela água bruta até a estação de tratamento de água – ETA), mistura rápida (adição de um coagulante para remoção das impurezas), floculação (aglutinação das impurezas), decantação (etapa seguinte, em que os flocos sedimentam no fundo de um tanque), filtração (retenção dos flocos menores em camadas filtrantes), desinfecção (adição de cloro para eliminação de microorganismos patogênicos), fluoretação (adição de compostos de flúor para prevenção de cárie dentária) e finalmente bombeamento para as redes e reservatórios de distribuição (CORSAN, 2023).

Por consequência, a planta comum de uma ETA na CORSAN costuma contar com floculador, tanque de decantação, filtro, bombas de distribuição da água, três laboratórios (para análises químicas e correções na água) e reservatório para posterior distribuição (CORSAN, 2023).

A verificação da qualidade da água se dá em parâmetros físicos e químicos regulados através da portaria nº 888/2021, do Ministério do Meio Ambiente. Dentre os parâmetros físico-químicos principalmente monitorados, citam-se turbidez (limite de 5,0 NTU), pH (entre 6,0 e 9,5), cloro (entre 0,2 a 5 mg L⁻¹) e flúor (limite de 1,5 mg/L). Além destes, existem parâmetros microbiológicos que devem ser atentados para que seja determinada como potável a água após seu tratamento. Os principais

são coliformes totais, contagem de bactérias heterotróficas e Escherichia Coli (BRASIL, 2021).

A responsabilidade da manutenção da água nos padrões de potabilidade, bem como as análises necessárias para garantirem a qualidade da água, devem ser realizados por profissionais da área química. Por isso, normalmente em um laboratório de uma ETA convencional há um profissional contratado como técnico em tratamento de água (que é o responsável pelo tratamento geral) e agentes de tratamento de água, que desenvolvem os testes (PARRON et al., 2011).

No Brasil, especificamente para profissionais de Química, o Ministério da Educação (MEC) estabelece diretrizes para a formação desses profissionais. No documento, exige-se formação teórica e prática completa para tais tratamentos, bem como às análises associadas ao controle de qualidade, o que desencadeia a necessidade de componentes curriculares como as de química analítica em caráter teórico e experimental (BRASIL, 2021). Entretanto, embora haja esta determinação legal, poucos alunos dos cursos de química possuem acesso prático ao tratamento em uma ETA ou às técnicas analíticas para o controle físico-químico exigido, sendo oportunizado apenas para alunos que conseguem estágios nesse setor, quando conseguem (SILVA et al., 2020).

Diante desta lacuna, é muito importante que profissionais da química, sejam em nível técnico ou superior, tenham a oportunidade de vivências experimentais complementares à teoria do tratamento de água e das análises físico-químicas para o controle das suas etapas. Desse modo, uma alternativa viável para tal vivência pode ser realizada a partir de um protótipo simples em escala de bancada. Nesse sentido, a utilização de atividades experimentais nas aulas de Química, segundo Alves Filho (2000), possui o objetivo pedagógico de aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o interativo, no qual os estudantes podem participar de forma ativa, absorvendo-o como parte dele e não apenas recebendo um produto final.

Portanto, neste trabalho, foi desenvolvida uma ETA em escala de bancada laboratorial para aplicar em uma turma de química analítica instrumental de um curso técnico de química, visando que os futuros técnicos aprendam a calcular as dosagens do tratamento com base nas análises físico-químicas realizadas.

2. OBJETIVOS

Na sequência serão definidos os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

2.1. GERAL

Proporcionar uma vivência experimental de uma estação de tratamento convencional de água potável a futuros técnicos em química, com vistas a avaliar a formação teórica e prática dos estudantes para atuação em uma ETA.

2.2 ESPECÍFICOS

- Aprimorar o conhecimento teóricos dos alunos sobre o tratamento de águas contando com uma vivência experimental;
- Correlacionar as etapas de tratamento de águas com matérias teóricas estudadas ao longo do curso, tais como separações de misturas por exemplo;
- Enfatizar a importância das metodologias analíticas instrumentais no controle de qualidade do tratamento de águas potáveis;
- Avaliar a importância de uma vivência experimental para uma melhor aprendizagem de conteúdos teóricos que podem ser aplicados nas atribuições de técnicos em química;
- Fundamentar a importância dos testes analíticos e físico-químicos, que serão recapitulados para análise e tratamento da água.

2.3 HIPÓTESES

- Ao submeter os estudantes a uma vivência prática de tratamento convencional de água potável em escala de bancada, verifica-se uma melhor compreensão das etapas práticas de uma ETA aos futuros técnicos em química.
- A prática proporcionada permitirá a associação com assuntos já explicados de forma teórica em química I e em química analítica instrumental.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os estudos que se relacionam respectivamente com a importância da medida da turbidez da água para controle de sua qualidade, os princípios físico-químicos que se relacionam com essa medida, os aspectos técnicos que configuram um instrumento usado para essa medida, a relação desses princípios com conteúdos básicos da química aplicada aos segundos anos de ensinos médios tradicionais no Brasil e, por fim, a importância de vivências experimentais que viabilizem uma formação eficiente de futuros profissionais da área química em nível técnico.

3.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DOCE

Desde os primórdios da humanidade podemos encontrar a luta pela sobrevivência, garantindo a evolução e a seleção natural das espécies. Durante centenas de anos o objetivo humano era sanar suas necessidades básicas, dentre as principais cita-se a procura por água potável. Já na Idade Antiga (3500 a.C. até 476), os chineses cavavam poços de centenas de metros na busca por água (SILVA, 2016).

Em diversas partes do mundo os rios são denominados como sustentadores da vida, como verdadeiras mães. Como exemplos, na Índia central são denominados *Narmadai* (mãe Narmanda), na Rússia, *Mat Rodnaya* (Mãe da Terra) e na Tailândia, *mae nan* (mãe da água) (MACEDO, 2018).

Em tempos faraônicos (3100 a.C. - 332 a.C.) o Egito teve a sua importância assegurada pelo rio Nilo, a partir de sua via política e comercial. O rio proporcionou condições de plena integração de norte a sul por conta de seu curso navegável (MACEDO, 2018). Outro rio importante em suas disputas é o Danúbio, cujo os otomanos denominavam Tuna. Por conta deste, e pelo enfraquecimento do império Otomano no século 19, surgiram guerras importantes com a Guerra da Criméia (1853-1856) e a Guerra Russo-Turca (1877-1878), ambas motivadas pelo necessidade de controle da região do Danúbio e do sudoeste europeu que foram atizadas pelas ambições de russos e austríacos (FABER, 2011), cuja a primeira tem influência em nosso contexto contemporâneo na guerra entre Rússia e Ucrânia nos tempos atuais.

Durante o império Romano (século III d.C.), todas as grandes e médias cidades eram abastecidas por aquedutos. Esses eram canais cobertos de alvenaria ou de massame, revestido de *opus signinum*. Tratam-se, pois, de estruturas destinadas ao transporte da água, desde o local de captação (nascente ou albufeira) até ao local de utilização ou de distribuição (CARDOSO, 1997).

No Brasil, enquanto ocupado apenas por povos originários (pré-colonização, de 1500 a 1530), devido ao vasto território que esse povo possuía, não havia preocupação com saneamento. Com isso, a utilização da água sem contaminação permitiu hábitos de higiene que se tornaram traços culturais característicos desses povos e proporcionaram aos indígenas saúde relativamente estável (REZENDE; HELLER, 2002). Com isso, no Brasil, o primeiro registro de distribuição de água potável em áreas urbanas ocorreu em 1561, quando Estácio de Sá mandou escavar o primeiro poço para abastecer a cidade do Rio de Janeiro (BARROS, 2014).

Gomes (2011) defende a importância que a água tem para a humanidade em todos os sentidos e prevê que futuramente ela poderá ser fruto de mais disputas geopolíticas. O autor afirma que “no dia 22 de março, foi comemorado o dia mundial da água. Se hoje os países lutam por petróleo, não está longe o dia em que a água será devidamente reconhecida como o bem mais precioso da humanidade”. Segundo o autor, são necessárias medidas urgentes de órgãos responsáveis pela correção e prevenção das agressões cometidas ao meio ambiente, caso contrário podem ocorrer grandes danos à qualidade da água para consumo humano.

O Brasil é responsável por, aproximadamente, 12% da produção de água doce no mundo ($1.488.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) e 53% da sul-americana, que é de $334.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, o que deixa demonstrar com clareza a grande riqueza hídrica disponível em nosso país, disposta tanto em águas superficiais, quanto em subterrâneas (TELLES, 2013).

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA), em nosso país, a utilização de águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e há evidências de que essa tendência deverá continuar. Este fato justifica o crescimento do número de empresas privadas e de órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação de recursos hídricos subterrâneos. No Brasil, a potencialidade de água subterrânea não é uniforme, ocorrendo regiões de escassez e de abundância. Exemplos de alta disponibilidade são o Aquífero Guarani e aquíferos sedimentares em geral (ANA, 2010).

De acordo com estatísticas do Projeto Brasil das Águas (2013), 70% do planeta é constituído de água, sendo que somente 3% são de água doce e, desse total, 98% é subterrânea. Isto indica que a maior parte da água disponível e própria para consumo é mínima quando comparada ao total de água existente na Terra.

O Brasil é o maior depositário natural de águas doces do planeta. Segundo dados do UNIAGUA (2012), o Brasil detém 11,6% de toda a água doce superficial do mundo, sendo que 70% da água disponível está localizada na região Amazônica, onde se encontra a menor densidade populacional. A região Nordeste, que é a mais pobre e também a mais árida, concentra 30% da população brasileira e possui apenas 5% da água doce. As regiões Sul e Sudeste, onde estão concentradas cerca de 60% da população, dispõem de 12,5% da água doce (AUGUSTO et al., 2012).

3.2 PRESSÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E PARÂMETROS DE CONTROLE

Entretanto, com a colonização dos territórios e, com isso, a intensificação do uso dos recursos hídricos, a contaminação das fontes de água potável tornou-se crescente e inevitável. Dentre as principais formas de contaminação, destaca-se o descarte de resíduos diversos em rios, contaminação dos lençóis freáticos por aterros sanitários mal elaborados, rejeitos de aterros industriais e contaminação por agrotóxicos e pesticidas, principalmente por ação da agricultura intensiva e dos esgotos em grandes cidades (RUSCHEINSKY;SCHONARDIE, 2011).

Frente à contaminação dos cursos d'água com seu uso cada vez maior, apresentaram-se graves consequências para seres vivos de todas as espécies. Dentre elas, existe a eutrofização, que se caracteriza pela presença excessiva de nutrientes, advinda de produtos químicos eliminados, e que provoca a proliferação de algas e cianobactérias, o que impede a entrada de luz nos rios e reduz a disponibilidade de oxigênio para organismos aquáticos (GARCIA, 2015).

No que diz respeito à saúde humana, a água contaminada apresenta vários riscos alarmantes. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), 80% das doenças que acometem a população de países em desenvolvimento são provocadas por águas contaminadas. Dentre as principais doenças estão hepatite, disenteria, cólera, malária, amebíase, esquistossomose, febre amarela, ascaridíase,

cisticercose, dengue, poliomielite, teníase e tricuriase, febre tifóide, infecções cutâneas e oculares e leptospirose (PORTELA et al., 2013).

Com o aumento da população mundial, o fornecimento de água limpa e segura, bem como a manutenção de sistemas de saneamento, se tornaram mais difíceis de alcançar. O deslocamento da população, das áreas rurais para as áreas urbanas, pressionou também estruturas que já eram inadequadas. Em 1955, 68% da população global vivia em áreas rurais e 32% em áreas urbanas. Quarenta anos depois, essas proporções se alteraram para 55% (áreas rurais) e 45% (áreas urbanas), com a previsão de que atingirão 41% e 59%, respectivamente, em 2025. Em quase todo o mundo em desenvolvimento a taxa de investimento nos sistemas de suprimento de água caiu em relação ao crescimento urbano. Além disso, dentro das cidades, as taxas de mortalidade são mais elevadas nos bairros de classe baixa, principalmente pela moradia inadequada e falta de acesso a água somada com a alta densidade demográfica (SELBORNE, 2001).

Todos esses efeitos maléficos são, portanto, associados a contaminações tanto advindas de substâncias químicas, quanto de microorganismos. Isso tornou necessária a identificação dos possíveis parâmetros físico-químicos e microbiológicos que podem interferir na qualidade das águas, tanto para sua captação a fim de torná-las potáveis, quanto na água potável produzida.

Para regulamentação dos padrões de potabilidade da água existem as resoluções CONAMA que determinam parâmetros de controle das águas. Desse modo, na Tabela 1 são apresentados alguns desses parâmetros que foram utilizados como referência durante as medidas executadas com os alunos neste estudo conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

Tabela 1 - Alguns parâmetros e seus limites conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 para a classificação das águas visando seus possíveis usos.

Parâmetros	Classe da água				
	Especial	1	2	3	4
DQO, mg L ⁻¹	Superior	3	5	10	-

Turbidez, NTU	Superior	40	100	100	-
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	-
Cloro livre, mg L⁻¹	250	250	250	250	-
Dureza, mg L⁻¹	300	300	300	300	-

Fonte: Adaptado de BRASIL (2005).

Conforme Telles (2013), o tipo das impurezas encontradas nas águas naturais depende, fundamentalmente, das características regionais onde se formam as nuvens, dos locais onde é precipitada, dos ambientes percorridos e do local onde se localiza sua fonte. Essas impurezas podem se encontrar dissolvidas na água (gases, líquidos ou sólidos solúveis) ou em um sistema em suspensão (partículas sólidas ou coloidais).

A partir disso, evidencia-se a importância do tratamento de água devido para dirimir doenças e garantir saúde pública. Para tanto, torna-se necessário o conhecimento do tratamento de água, suas peculiaridades, adaptações e regionalismos (NORONHA,2019).

3.3 TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA POTABILIDADE

Diante do exposto até aqui, percebe-se que o tratamento de águas apresenta-se não apenas como uma alternativa para os problemas enfrentados, mas como uma necessidade. Seja em áreas rurais ou em grandes centros urbanos, é de fundamental importância a execução de um tratamento de água adequado para que se garanta sua potabilidade.

Nesse sentido, para o tratamento da água e sua potabilização, alguns tipos de procedimentos são utilizados, podendo variar conforme a necessidade específica do mesmo. Dentre os principais tratamentos, cita-se o higiênico para a remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros organismos, de substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos. Além deste, há o tratamento estético para correção da cor, sabor e odor, bem como o tratamento

econômico para redução de corrosividade, cor, turbidez, ferro e manganês (TELLES, COSTA, 2010).

No Brasil, normalmente adota-se o tratamento de água convencional. Por consequências políticas e de organização, o tratamento no Rio Grande do Sul é realizado pela Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN), empresa até então pública que visa uma questão social e igualitária no tratamento de água (COSTA, 2013).

O tratamento de águas mais utilizado no Brasil é o denominado convencional, que contempla estética, higiene e paladar. As principais etapas do tratamento convencional estão dispostas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas do tratamento de água convencional para potabilidade.

Etapa	Finalidade
Captação	Retirada de água bruta do manancial
Adução	Caminho percorrido pela água bruta até a ETA
Mistura rápida	Adição de um coagulante para remoção das impurezas
Floculação	Onde ocorre a aglutinação das impurezas
Decantação	Etapa seguinte, em que os flocos sedimentam no fundo de um tanque
Filtração	Retenção dos flocos menores em camadas filtrantes
Desinfecção	Adição de cloro para eliminação de micro-organismos patogênicos
Fluoretação	Adição de compostos de flúor para prevenção de cárie dentária
Distribuição	Bombeamento para as redes e reservatórios de distribuição

Fonte: Adaptado de CORSAN (2023).

Os fenômenos físicos de separação de misturas associados ao tratamento são a decantação e a filtração. A decantação é um fenômeno físico natural e corresponde a etapa de deposição das impurezas, aglutinadas em flocos no processo das etapas anteriores do tratamento da água (coagulação e floculação), por conta da ação da força gravitacional (DI BERNARDO & COSTA, 1993).

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETA's, a filtração é acoplada como sendo um processo final de remoção de impurezas, logo, ela passa a ser praticamente a principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade (OMS, 2004).

A remoção dos sólidos no sistema de filtração direta é realizada nos filtros, sendo que o desempenho se deve da etapa de coagulação anterior a esta e a hidrodinâmica do fluido. Tal tecnologia apresenta algumas limitações quanto à qualidade microbiológica e físico-química da água bruta, especificamente quando esta apresenta valores elevados de turbidez. Para isto, deve-se estudar características da água a ser tratada para otimização do processo. (TEIXEIRA *et al*, 2005).

A filtração ocorre por conta dos mecanismos de transporte, além da aderência dos grãos ao filtro ou sua deposição sobre os mesmos. Além disso, a agregação dos flocos prossegue no interstício do material filtrante. Por conta disso, a porosidade e a relação entre a espessura do meio filtrante e o tamanho médio dos grãos refletem na eficiência da filtração. À medida que se aumenta o tamanho dos grãos e a espessura do meio filtrante, aumenta-se também o volume de vazios intergranulares destinado ao armazenamento de partículas. Em relação ao escoamento, a filtração ascendente, sob certas condições, pode resultar superior à descendente (DI BERNARDO & MATSUMOTO, 1987).

Na filtração direta ascendente, a retenção de impurezas ocorre em uma camada superficial. Sendo assim, o sentido de escoamento no meio filtrante coincide com o da diminuição do tamanho dos vazios intergranulares, resultando em uma condição favorável ao processo, pois permite a utilização de toda a espessura do leito. (TEIXEIRA *et al*, 2005).

Teixeira *et al* (2005), portanto compararam sistemas de filtração ascendentes versus descendentes. Neste trabalho de conclusão, optou-se pela filtração por gravidade, entretanto, a ordem de granulometria acabou sendo do maior para o menor, comum a um filtro ascendente. Pois, naquele momento considerou-se a avaliação de Teixeira *et al* (2005), em seu estudo de comparação de sistemas de filtração ascendentes versus descendentes, no qual os autores observaram que “em

termos de turbidez da água filtrada verificou-se melhor performance da unidade de escoamento ascendente para ambas taxas de filtração”.

O pH e a dosagem do agente coagulante (por exemplo sulfato de alumínio) estão estreitamente ligados, já que cada produto químico empregado com a finalidade de promover a coagulação apresenta uma faixa ótima de pH e a simples elevação da dosagem não garante uma eficiência maior. Portanto, o devido controle dos processos envolvidos nessa etapa do tratamento, permite obter maiores eficiências com menor volume de produtos químicos (HELLER & PADUA, 2006).

Nesse sentido, o sulfato de alumínio, um sal de hidrólise ácida, ao entrar em contato com a água em pH mais elevado (meio mais alcalino), primeiramente será dissociado para, na sequência, o cátion alumínio sofrer hidrólise e se transformar em uma base insolúvel gelatinosa que é o hidróxido de alumínio, com sua produção favorecida pelo meio alcalino. Essas partículas gelatinosas serão responsáveis por colidir e aglutinarem as partículas sólidas suspensas na água e coagulação formando flocos maiores e mais densos até que decantem (RICHTER & AZEVEDO NETTO, 2021).

Além das etapas de separação de misturas, há também etapas químicas que são fundamentais para a segurança microbiológica de uma água potável. Assim, de acordo com HELLER & PÁDUA (2006), a desinfecção na água tem o objetivo de corrigir e prevenir. Este método busca eliminar os organismos patogênicos que possam estar presentes. Para isso, é mantido um desinfetante na água fornecida à população, para prevenir algum tipo de contaminação posterior também.

O uso de cloro no tratamento da água pode ter como objetivos a desinfecção (destruição dos microorganismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes) ou ambas as ações ao mesmo tempo. A desinfecção é o objetivo principal e mais comum da cloração, o que acarreta, muitas vezes, o uso das palavras “desinfecção” e “cloração” como sinônimos (BAZZOLI, 1993).

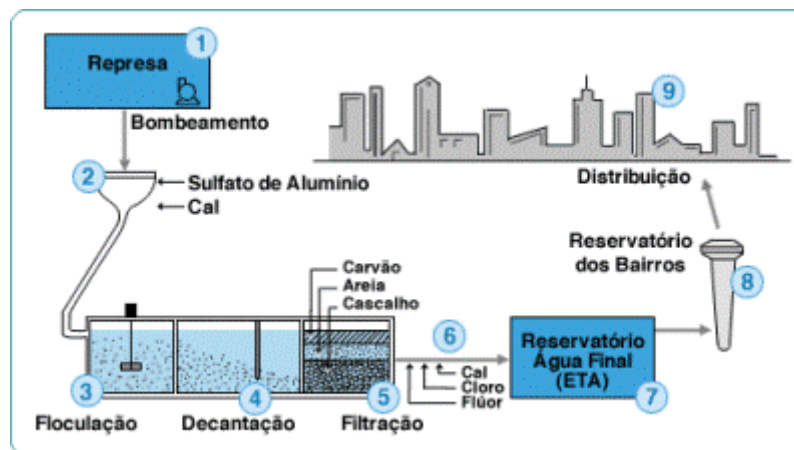
A reação do cloro com alguns compostos orgânicos leva à formação de trihalometanos (THM). A água bruta contém ácidos fúlvicos e húmicos, resultantes da decomposição de folhas da vegetação (OPAS, 1987). A maioria desses ácidos apresentam em sua composição radicais cetona, que podem formar posteriormente

halofórmios após a reação com o cloro, sendo assim, para que se evite esta reação ao longo do tratamento, o cloro é adicionado somente ao final do processo (VAN BREMEM, 1984).

Por fim, adicionalmente há a fluoretação, que não é considerada em suma uma forma de tratamento. Esta corresponde à adição de flúor, em geral na forma de ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, com a finalidade de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes, tendo em vista que essa é uma medida mais voltada para a saúde da população em geral do que para o tratamento da água em si (HELLER;PADUA, 2007).

Assim sendo, diante do que foi supramencionado, uma ETA deverá ser minimamente construída conforme o diagrama adaptado de Vaconcelos (2014) (Figura 1).

Figura 1 - Esquema de uma ETA convencional.



Fonte: Adaptado de Vasconcelos (2014).

Todas as etapas desse processo devem ser controladas por parâmetros, desde a água bruta, como mencionado no item 3.2 deste trabalho até as etapas intermediárias e finais do tratamento. Com isso, a verificação da qualidade da água produzida se dá em parâmetros físicos e químicos regulados através da portaria nº 888/2021, do Ministério do Meio Ambiente. Dentre os parâmetros físico-químicos principalmente monitorados, citam-se turbidez (limite de 5,0 NTU), pH (entre 6,0 e 9,5), cloro livre (entre 0,2 a 5 mg L⁻¹), dureza (até 250 mg L⁻¹) e flúor (limite de 1,5 mg L⁻¹), entre outros (BRASIL, 2011).

Além destes, existem parâmetros microbiológicos que devem ser atentados para que seja determinada como potável a água após seu tratamento. Os principais são coliformes totais, contagem de bactérias heterotróficas e *Escherichia Coli* (BRASIL, 2021).

3.3.1 A importância do controle de parâmetros físico-químicos

Neste trabalho, foram elencados alguns parâmetros a serem medidos durante a aplicação da estação de tratamento, buscando relacionar as medidas a serem feitas com a componente curricular de química analítica, sendo analisados pH, turbidez, condutividade, dureza, DQO e cloro livre. A escolha desses parâmetros tem relação com o que prevê a Resolução CONAMA 357/2005, a portaria de potabilidade vigente 888/2021 e a disponibilidade de métodos no laboratório de química do IFRS Campus Feliz.

O parâmetro pH está relacionado com a atividade do íon hidrogênio (H^+) em solução. A determinação do pH é feita com dois conjuntos de eletrodos (referência e indicador) combinados em um eletrodo de vidro ligado a um potenciômetro. No tratamento de água, o pH pode interferir na ação do coagulante, assim como na água tratada, que deve estar entre os parâmetros estabelecidos já mencionados para que se garanta qualidade da água (BITTENCOURT *et al*, 2014). Valores de pH acima ou abaixo destes limites são prejudiciais ou letais para a maioria dos organismos aquáticos, especialmente para os peixes. (VIEIRA, 2019).

A turbidez é uma medida da quantidade de partículas não dissolvidas que estão dispersas na água como possíveis contaminantes, compostos inorgânicos por exemplo. Esse parâmetro é determinado a partir de equipamentos que medem o acréscimo de intensidade de luz espalhadas pelas partículas suspensas (nefelômetros) ou pela redução da intensidade de luz transmitida através da suspensão mais turva (turbidímetros). Além disso, a turbidez também indica qualidade estética da água para o abastecimento (POZZA, 2017).

Na condutividade elétrica mede-se a capacidade de migração dos íons induzida pela presença de um campo elétrico. Essa medida pode nos indicar uma quantidade maior ou menor de íons diferentes na água, haja visto que a água pura não possui mobilidade por elétrons livres disponíveis e os íons provenientes desta são em baixa concentração tornando-a um meio isolante quando pura. Sendo assim,

ainda que não seletiva, essa medida indica um certo grau de pureza na água, e é feita por um condutivímetro composto por duas placas recobertas de negro de platina nas quais é aplicada uma corrente alternada, gerando um campo elétrico oscilante (VIEIRA, 2019).

A dureza pode ser entendida como uma medida da capacidade da água em precipitar ânions orgânicos provenientes de ácidos graxos (sabão). Em águas naturais, pode haver uma alta concentração de íons cálcio e magnésio, e sendo assim a medida da dureza é dada pela concentração total de cálcio e magnésio em amostras de água e é expressa na forma de carbonato de cálcio. Sua medida geralmente é feita por volumetria de complexação com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) como titulante, onde íons de cálcio e magnésio formam complexos vermelho-vinho com o indicador negro de eriocromo-T em valores de pH superiores a 7 (MENDONÇA *et al*, 2017).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) permite estimar a quantidade de matéria orgânica presente em águas e efluentes. Esta técnica serve para o monitoramento de carga orgânica em estações de tratamento. O procedimento baseia-se na quantidade de oxigênio necessária para oxidar toda a matéria orgânica contida na amostra e que seja suscetível a ação de um oxidante forte. Esta técnica geralmente faz uso de permanganato de potássio em meio ácido (agente oxidante) para a oxidação da matéria orgânica (BARCELLA, 2016).

A determinação de cloro livre é uma técnica que permite monitorar as características físicas, químicas e organolépticas da água. Ao final do tratamento, a cloração tem como principal função a desinfecção, mas se houver uma quantidade de cloro na água bruta pode haver a formação dos trihalometanos, compostos cancerígenos. Sua determinação é feita por um método iodométrico, na qual o cloro pode oxidar o iodeto presente no iodeto de potássio a iodo, em pH menor ou igual a 8 (SKOOG *et al.*, 2006).

Portanto, a partir da vivência prática de uma ETA, mesmo em escala de bancada, acredita-se que estudantes de um curso técnico em química terão uma excelente oportunidade para uma aprendizagem efetiva, seja pela revisão de conteúdos básicos como separação de misturas e dispersões envolvidas nas etapas do tratamento, ou seja pela compreensão da importância das técnicas analíticas

instrumentais no controle de qualidade do processo. Nesse sentido, é conveniente destacar que tais aprendizados teóricos e práticos são fundamentais para o trabalho de um técnico em uma ETA.

3.4 VIVÊNCIAS EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

O parecer CNE/CES 1303/2001 do Ministério da Educação (MEC) estabelece os principais aspectos de formação para um técnico em química, garantindo que ele tenha aptidão para sair do ensino técnico com o conhecimento necessário para exercer funções em empresas e indústrias, além de realizar testes em laboratório e realizar trabalhos em prol da comunidade (BRASIL, 2021).

No referido parecer fica determinado que os estudantes de cursos de química devem ser habilitados para a condução de análises físico-químicas por métodos clássicos e instrumentais, conhecendo devidamente as limitações e potencialidades das técnicas de análise (BRASIL, 2021).

Ainda, aproximando o parecer com o objetivo da prática, podemos estabelecer a relação com análises que um profissional de química deve ser capaz de realizar, pois segundo o documento “[o aluno deverá...] Saber conduzir análises químicas, físico-químicas e químico-biológicas qualitativas e quantitativas e a determinação estrutural de compostos por métodos clássicos e instrumentais, bem como conhecer os princípios básicos de funcionamento dos equipamentos utilizados e as potencialidades e limitações das diferentes técnicas de análise.” (BRASIL, 2021).

Porém, na maioria das vezes, o contato e a vivência dos profissionais de química com estações de tratamento de águas ou efluentes (ETE), por exemplo, só se dá em casos esporádicos associados a atividades de estágios obrigatórios, exclusivamente aos que realizam estágios em tal setor. Dessa forma, os demais profissionais químicos formados e que podem vir a trabalhar com ETA ou ETE posteriormente acabam com formação limitada à teoria sobre o tema e possivelmente sem sua aprendizagem efetiva.

Com isso, a experimentação reforça sua importância para o ensino de química, uma vez que assume o papel de reunir informações acerca de conceitos aparentemente abstratos com conceitos experimentalmente comprovados. Além de toda a reunião de informações, ela pode adquirir um caráter de uma ferramenta

cultural didática ou técnica, internalizada em um contexto sociocultural (GOIS; BENTO MOSCONI, 2022). Nesse sentido, ganham força as palavras do pesquisador Bernard Charlot, ao afirmar que “quanto mais significativo for o que está sendo ensinado, mais o aluno se põe em movimento, se mobiliza para se relacionar com aquele conteúdo” (PINHEIRO, 2009).

Para a área das ciências exatas, principalmente para a química, as aulas em laboratórios são fundamentais para uma aprendizagem dos alunos relacionando conceitos, onde os conceitos científicos poderão ser aplicados no cotidiano de cada aluno. As atividades experimentais permitem ao estudante uma compreensão de como a química se constrói e se desenvolve, presencia a reação em toda sua abrangência, atendendo a vários aspectos da curiosidade e do interesse em relacionar com vários parâmetros. A experimentação pode ter um caráter indutivo ou dedutivo. No que tange ao seu caráter indutivo, o aluno pode controlar variáveis e descobrir ou redescobrir relações funcionais entre elas. Porém, é no caráter dedutivo que eles têm a oportunidade de testar o que é dito na teoria e ajustar suas dependências relacionais em termos de proporção e análise das consequências (ZIMMERMANN, 1993).

O aprendizado de química pelos alunos de ensino médio implica na plena compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo fatídico que eles vivem, inseridos na macro estrutura global, de forma abrangente e integrada. Tudo isso, para que possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Tal a importância da presença da Química em um ensino médio compreendido na perspectiva de uma educação básica (ZANON *et. al.*, 2004).

Nesse sentido, Santos e Amaral (2019) preveem que:

A experimentação no ensino de química desperta o interesse de alunos de diferentes níveis de escolarização e torna-se ferramenta imprescindível para que se estabeleça uma relação entre o mundo microscópico e macroscópico. Além disso, o trabalho experimental abre caminhos para a construção de ideias e conceitos acerca de um fenômeno e promove uma reflexão racionalizada sobre as

fontes de erro, assim como possíveis melhorias de um projeto de pesquisa (SANTOS; AMARAL, 2019).

3.5 ESTUDOS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS DE BANCADA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Diante dos desafios supracitados, pesquisadores buscam alternativas para proporcionar pelo menos uma vivência prática no estudo da química. Um exemplo disso, é o estudo realizado por Santos e Amaral (2019), que construíram parcialmente uma estação de tratamento de água com alunos do segundo ano do ensino médio, para verificarem se os mesmos conseguiam estabelecer conexões com seus conhecimentos teóricos prévios relativos ao tema. Entre os resultados obtidos, os autores reportaram que “foi possível estabelecer uma reconciliação integrativa entre os conceitos prévios e os conceitos científicos abordados no experimento”. Convém destacar que neste estudo, o foco se deu na provocação dos estudantes para a construção de pequenos filtros com garrafas de politereftalato de etileno pelos estudantes, sem um aprofundamento maior a respeito das etapas químicas do tratamento da água.

Por esse caminho, outras áreas de formação de profissionais de química também são exploradas experimentalmente para fins didáticos. Nesse sentido, Freitas (2018) desenvolveu um biodigestor didático para a Estação Ciências do Parque Tecnológico de Itaipu. Nesse estudo o autor teve como objetivo a popularização das ciências, através da dinamização de formas alternativas de produção de energia limpa e sustentável, além de garantir a formação crítica do aluno sobre tal tema. Como resultado, o autor cita uma grande participação dos alunos por inseri-los como sujeitos do conhecimento e sua produção, sendo possível entender a demanda da região e abordar com base na mesma.

A utilização de protótipos é algo extremamente interessante na área das exatas. Em concordância a isso, Horta (2017) utilizou protótipos de um elevador hidráulico, um braço hidráulico e um carneiro hidráulico, em uma instituição federal de ensino com ensino médio integrado, aplicado a componente de hidráulica, onde os alunos desenvolveram protótipos que, segundo a autora, lhes permitiu entender

algumas leis da física, química e outras envolvidas no processo. Contudo, a autora observou que o uso de protótipos e materiais palpáveis no processo de ensino-aprendizagem facilitou e incentivou os alunos sobre o tema.

Entretanto, até aqui não foram verificados estudos de desenvolvimento de uma ETA que vise simultaneamente a vivência experimental de uma estação associada ao controle físico-químico desse processo com métodos analíticos clássicos e instrumentais como se propõe neste trabalho.

Portanto, acredita-se que desenvolver uma ETA de baixo custo em que os estudantes se envolvam desde a coleta da água bruta, passando pelas etapas clássicas do tratamento e culminando nas análises físico-químicas de controle do processo pode ser uma poderosa ferramenta de ensino da química analítica e ambiental, principalmente para os futuros profissionais da química.

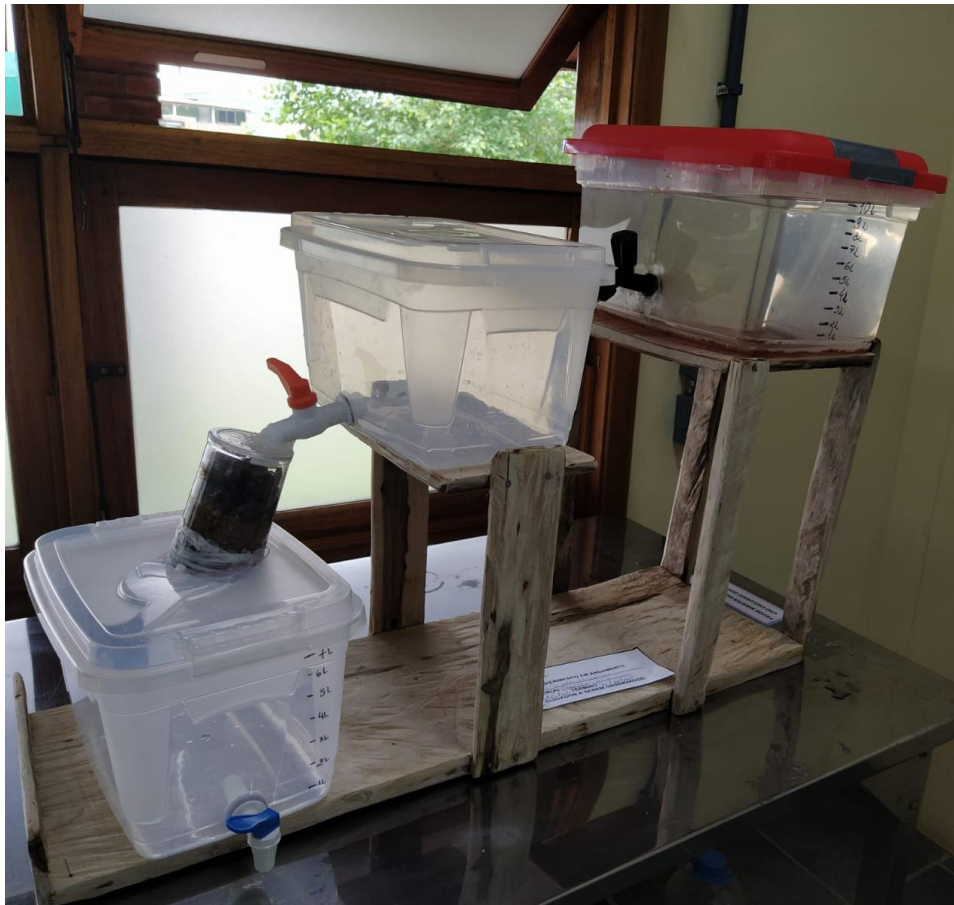
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste estudo foi desenvolvida uma pesquisa exploratória com sua execução em duas etapas. A primeira envolverá o desenvolvimento de uma pesquisa experimental para a construção de um protótipo de ETA visando tratamento convencional para potabilidade. Este protótipo poderá ser utilizado em escala de bancada para a aplicação neste trabalho e em aulas futuras. A segunda etapa prevê o desenvolvimento de uma pesquisa qualitativa para avaliação dos efeitos do uso deste experimento em escala de bancada sobre alunos de um curso técnico em química integrado ao ensino médio.

4.1 DESENVOLVIMENTO DA ETA EM ESCALA DE BANCADA

Para o desenvolvimento do protótipo de ETA foram utilizados materiais poliméricos. Foram elaborados três tanques, em que se utilizaram três caixas plásticas transparentes de polietileno (Plasútil, Brasil). A primeira caixa tem capacidade para 12 L e acondiciona a água bruta coletada e que passa por correção de pH e pelas etapas de coagulação, floculação e decantação. As outras duas caixas com capacidade para 8 L serão respectivamente responsáveis pelo acondicionamento da água sobrenadante após decantação do primeiro tanque e pelo acondicionamento da água sobrenadante que passará pela etapa de filtração. Neste último tanque com água filtrada, ainda será feita a correção do pH e a cloração da água para a conclusão do tratamento. Como a concentração não foi monitorada por ausência de equipamento para tal, optou-se por apenas mencionar que essa etapa poderia ocorrer ao final. Para os tubos e conexões entre os tanques foram utilizados materiais em polivinil cloreto (Tigre, Brasil). O filtro foi feito com um copo de politerftalato de etileno (PET) incolor. Dentro desse, os componentes sólidos para filtração foram cascalho, areias em diferentes granulometrias e carvão ativado em pó (Cubos, Brasil). O sistema de filtragem e os tanques, foram todos submetidos a uma lavagem prévia com água potável corrente. Todos os materiais aqui mencionados foram adquiridos no mercado local. Para suportar os tanques em diferentes alturas, visando uma melhor transferência da água entre os tanques por diferença de gravidade, foi construída uma base de madeira leve, com madeira reutilizada.

Figura 2 - Imagem da ETA em escala de bancada que foi desenvolvida para este trabalho.



Fonte: Autor (2023).

Como amostra para esta proposta, foi escolhida a água do rio Caí coletada em um ponto ao fundo do Campus Feliz do IFRS (Figura 3). Antes da aplicação junto à turma alvo do estudo, coletou-se 10 L da água para ensaios preliminares de dosagem de hidróxido de sódio (Labtech, Brasil) para ajuste de pH e de solução de sulfato de alumínio 20% m m⁻¹ (cortesia da CORSAN de São Sebastião do Caí) para a floculação. Esses ensaios foram realizados em um equipamento de Teste do Jarro (Milan, Brasil) disponível na instituição. As dosagens estabelecidas nesta etapa foram redimensionadas junto aos alunos depois para o volume adotado inicialmente no tanque de água bruta.

Figura 3 - Imagem aérea do IFRS Campus Feliz, compreendendo o ponto onde foram realizadas as coletas de água do Rio Caí.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

Após as estimativas das dosagens com base no teste e avaliação das conexões e filtro da ETA construída, iniciou-se a aplicação das aulas teórico-práticas propostas neste trabalho.

4.2 APLICAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA E SEU CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO

Para a aplicação da ETA desenvolvida em uma aula teórico-prática e consequente verificação dos efeitos desta na aprendizagem dos estudantes, foram propostos três encontros (aulas) com periodicidade semanal. Cada aula foi composta por 3 períodos consecutivos de 50 minutos cada. No primeiro período da primeira semana, foi feita a explicação da proposta aos participantes e foram entregues aos mesmos um termo de consentimento livre e esclarecido e um formulário pré-teste envolvendo os conteúdos a respeito dos parâmetros físico-químicos de controle no tratamento de águas e das etapas associadas a uma ETA convencional. Para a resolução deste pré-teste foram concedidos 30 minutos aos participantes, sendo recolhidos ao final. A seguir, os participantes foram para a trilha pré-existente ao lado do Campus Feliz do IFRS, parcialmente tracejada na Figura 3. No ponto identificado, com auxílio quatro de garrafas PET de 5 L, previamente descontaminadas e ambientadas, foram coletados ao todo 20 L de água do Rio Caí no dia 16 de outubro de 2023. Esta água foi levada junto aos participantes para o laboratório de química e inicialmente, com os estudantes divididos em grupos, foram realizadas as análises de

DQO, turbidez, pH, cloro livre, condutividade e dureza. Cada grupo recebeu um roteiro da sua prática e os resultados foram compartilhados na turma. A seguir, ao final deste primeiro encontro, os estudantes transferiram 10 L de água ao primeiro tanque e acompanharam o cálculo e as dosagens necessárias para a correção de pH e adição do agente floculante sob agitação manual.

Na semana seguinte, foram discutidos os resultados obtidos das análises do primeiro dia nos primeiros 30 min de aula. Na sequência ocorreu a aplicação de uma aula teórica expositivo-dialogada do conteúdo de classificação das águas naturais conforme CONAMA, seguido pelas etapas de tratamento convencional para obtenção de água potável e finalizando com uma exposição dos parâmetros físico-químicos mais importantes para o controle da qualidade da água. O plano de aula proposto está disponível no Apêndice I deste trabalho. Após a conclusão deste momento, nos 40 minutos finais deste segundo encontro, os estudantes acompanharam a transferência da fase sobrenadante separada para o segundo tanque e coletaram amostras para a realização de um segundo ciclo de análises instrumentais mais rápidas, neste caso apenas turbidez, pH e condutividade. Ao final, esta água foi liberada para ser transferida através do filtro para o último tanque.

Por fim, no terceiro encontro, com a água já filtrada no terceiro tanque, os estudantes realizaram o mesmo ciclo de análises inicial, obtendo-se os resultados que deveriam balizar as dosagens para ajuste de pH e teor de cloro livre. Essas dosagens foram calculadas conforme orientação do Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS, sendo a dosagem de sulfato de alumínio estimada de acordo com os dados do Quadro 2 (BRASIL, 2014).

Quadro 2 - Dosagem de sulfato de alumínio em mg L⁻¹.

Turbidez (NTU)	Mínima	Média	Máxima
10	5	10	17
15	8	14	20
20	11	17	22
40	13	14	25

60	14	21	28
80	15	22	30
100	16	24	32
150	18	27	37
200	19	30	42
300	21	36	51
400	22	39	62
500	23	42	70

Fonte: Brasil (2014).

A seguir, as análises foram repetidas agora na água definitivamente tratada e seus resultados foram comparados com os limites na portaria de potabilidade vigente. Quando concluída a experimentação, os participantes da pesquisa realizaram o pós-teste com tempo máximo de 30 minutos.

Para a aplicação do experimento junto à turma alvo, escolheu-se como amostra uma turma de quarto ano do curso técnico em química integrado ao ensino médio de uma instituição do ensino federal no Rio Grande do Sul. A turma possui 23 alunos, destes 15 participaram da atividade em função de suas presenças no dia inicial (n = 15) e a disciplina escolhida para essa proposta foi de química analítica II (equivalente à química analítica instrumental). Todos os participantes são maiores de 18 anos e assinaram previamente um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE - Apêndice IV) para participarem da pesquisa.

Como informado, para avaliar a eficiência da aprendizagem desta atividade prática de vivência experimental em escala de bancada junto à turma alvo, foram utilizados os formulários de pré (Apêndice II) e pós teste (Apêndice III). Estes formulários foram compostos por onze questões objetivas, sendo as quatro primeiras associadas às técnicas analíticas utilizadas para controle do tratamento de água. A seguir, mais seis questões voltadas à compreensão das etapas aplicadas no tratamento convencional em uma ETA. Além disso, no formulário de pós-teste, foram incluídas mais duas questões dissertativas com o objetivo de capturar as impressões dos pesquisados a respeito da proposta aqui desenvolvida. Como já mencionado, em

ambos os casos, os alunos tiveram 30 minutos para responderem aos testes. Antes da aplicação dos questionários, foi realizada uma avaliação prévia com colegas do curso de Licenciatura em Química para a identificação de possíveis problemas e coleta de sugestões a respeito dos questionamentos.

Além disso, toda essa proposta foi repetida com outra turma em nível escolar similar (química analítica instrumental) de um curso técnico em meio ambiente na mesma instituição. Neste caso, só foi realizada a aula teórico-expositiva idêntica à realizada na segunda semana da turma alvo, sem a parte prática. Os resultados de pré e pós testes com essa turma de 19 participantes ($n = 19$) foram utilizados como condição de controle para avaliação dos efeitos da aula prática agregada com a teoria. Estes pesquisados também assinaram o TCLE.

Com a análise dos resultados obtidos, através do tratamento estatístico dos dados, buscou-se responder às hipóteses e aos objetivos geral e específicos do trabalho. Ao final, ainda foi realizado um arrazoado a respeito dos recursos disponíveis para a aplicação desse estudo junto às turmas e do contexto dos sujeitos envolvidos no estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir deste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da proposta deste trabalho. Para tanto, apresenta-se brevemente os resultados das análises de controle da eficiência das etapas durante o tratamento da água do rio Caí. Na sequência, serão apresentados os dados obtidos de pré e pós-testes aplicados em ambas as turmas (alvo e controle), bem como a discussão da evolução do conhecimento dos pesquisados acerca dos conceitos transmitidos com a combinação de teoria e prática propostos.

Pois, conforme Silva *et al* (2013, p. 235), “a experimentação pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias” e, com isso, acredita-se que a proposta de vivência experimental auxiliou efetivamente para uma melhor aprendizagem dos conteúdos associados ao tratamento de águas e seu controle analítico.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS COM O TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO CAÍ

Como mencionado na metodologia deste trabalho, após a amostra ser coletada junto aos estudantes da turma alvo, a mesma foi conduzida ao laboratório e passou pelas análises de pH, turbidez, condutividade, DQO, dureza e cloro livre, disponíveis e já vivenciadas pelos estudantes em momentos anteriores, porém sem a conexão com o tema aqui proposto. Estes resultados para a água bruta no primeiro encontro, os obtidos para o sobrenadante no segundo encontro e os obtidos na água finalmente tratada (último encontro) estão apresentados na Tabela 2

Tabela 2 - Resultados das análises nos três encontros.

Parâmetros	1ª semana	2ª semana	3ª semana
	Água bruta	Sobrenadante	Tratada
pH	6,34	5,27	6,05
Turbidez, NTU	26,9	1,12	3,45
Condutividade, $\mu\text{S cm}^{-1}$	3,98	10,9	24,9
DQO, $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$	$1,36 \pm 0,23$	-	ND
Cloro livre, mg L^{-1}	ND	-	$2,66 \pm 0,25$
Dureza, $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	$30,7 \pm 12,2$	-	$52,0 \pm 11,3$

ND: Não detectado

Fonte: Autor (2023).

Como pode ser observado nos resultados obtidos, quando se compara aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2205 (vide capítulo 3.2 deste trabalho) para estes parâmetros físico-químicos em uma água bruta, percebe-se que os valores indicam uma água de Classe 1, ou seja, própria para o tratamento de água convencional, evidentemente que apenas quando se consideram exclusivamente estes parâmetros. Essa informação foi então transmitida aos estudantes para contextualização.

Ainda referente a esses resultados, percebe-se também que quando restritos a estes parâmetros, também pela portaria de potabilidade número 888/2021 (vide capítulo 3.3.1 deste trabalho), a água obtida após tratamento também pôde ser considerada potável. Essa informação foi também contextualizada junto aos pesquisados, enfatizando-se a necessidade de ensaios complementares que não haviam sido realizados, tais como o teste microbiológico, que não compunha o escopo da disciplina de aplicação.

As imagens do caminho da água desde a sua coleta até o seu aspecto final após tratamento foram compiladas na Figura

Figura 4 - Imagens da aplicação experimental da ETA construída para este trabalho.



Fonte: Autor (2023).

5.2 APLICAÇÃO JUNTO AOS PESQUISADOS

A partir da ETA em escala de bancada que foi construída, iniciou-se a etapa de aplicação da aula teórico-prática juntos aos estudantes da turma alvo e da aula exclusivamente teórica ministrada aos estudantes da turma controle.

Os resultados obtidos do índice de acertos na comparação das onze questões repetidas entre pré e pós testes são apresentados na Tabela 4. Nela é possível visualizar o percentual de acertos por questão em cada teste realizado por ambas as turmas.

Tabela 3 - Comparação do percentual de acertos por questão de pré e pós testes para turma controle e para a turma alvo da pesquisa.

Questão	Controle (n = 19)			Turma alvo (n = 15)		
	Pré-teste	Pós-teste	Evolução	Pré-teste	Pós-teste	Evolução
1	39%	6%	-33%	60%	66,7%	6,7%
2	78%	100%	22%	73,3%	93,3%	20%
3	67%	61%	-6%	73,3%	100%	26,7%
4	78%	78%	0%	0%	66,7%	66,7%
5	0%	94%	94%	86,7%	100%	13,3%
6	67%	72%	5%	80%	93,3%	13,3%
8	72%	94%	22%	66,7%	100%	33,3%
9	44%	94%	50%	40%	93,3%	53,3%
10	61%	78%	17%	86,7%	100%	13,3%

Fonte: Autor (2023).

Diante dos resultados apresentados na Tabela 3, é importante se destacar a evolução média de acertos na comparação entre os estudantes do público alvo quando comparados aos do grupo controle. A média de acertos do grupo controle passou de 67% no pré-teste para 78% no pós teste, enquanto no público alvo a mudança foi de 73,3% para 93,3%, o que representa uma evolução de 20% nos acertos após a intervenção teórico-prática.

Esse resultado significativamente maior de evolução para o público alvo corrobora com o que propõem Vilela et. al. (2007), ao mencionarem que o potencial didático de um experimento está relacionado mais precisamente com as várias possibilidades de exploração de conceitos às quais a sua interpretação pode nos conduzir. O uso do experimento como ferramenta didática não está limitado à sua presença concreta na sala de aula, pois tanto sua realização ao vivo, quanto a

reconstrução histórica de experimentos clássicos pode contribuir para superar os obstáculos associados à aprendizagem efetiva de conceitos.

Pois, como mencionam ZANON et. al. (2004), o aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Tal a importância da presença da Química em um Ensino Médio compreendido na perspectiva de uma Educação Básica.

Podemos observar que a diferença média de evolução da turma alvo foi de 20%, enquanto que na turma de controle foi de 11%. Além de o resultado na turma alvo ser mais expressivo em relação à prática, ainda é possível observar que houve evolução da turma frente a todas as questões, enquanto que na turma de controle houve questões com evolução e duas questões em que o número de acertos regrediu após a intervenção exclusivamente teórica. Isso pode estar associado à gama de informações que o trabalho de uma estação de tratamento carrega consigo. Sendo assim, ao passo que enquanto que uma aula conceitual dá uma evolução em várias questões, em algumas partes pontuais acaba sendo um pouco confusa pode levar a uma mistura de conceitos prejudicial aos alunos se não devidamente contextualizada com a vivência prática. Por outro lado, a aula associada com a prática de uma estação de tratamento segue uma crescente em todas as questões, pois ao mesmo tempo que retoma importantes conceitos e tópicos, demonstra seu desenvolvimento em termos práticos de uma ETA.

Como mencionado na metodologia deste trabalho, na aplicação do pré e pós testes houve dois grupos de questões para que fosse possível entender as dificuldades, as partes que pudessem agregar e ver a efetividade da prática para a resolução de questões teóricas. O primeiro grupo de questões (1 a 4) trata sobre aspectos mais conceituais e abstratos, falando sobre os testes e parâmetros a serem observados, onde somente a prática não iria abarcar. Enquanto que o segundo grupo de questões 5 a 11 referia-se à prática em uma ETA, com uma sequência de

desenvolvimento das etapas ao longo do tratamento, onde somente a aula conceitual poderia não ser suficiente para esclarecimento do tema ainda que a teoria proposta abordasse tais assuntos.

Na turma de controle, no primeiro grupo de questões, pode-se observar um retrocesso de acertos em duas das cinco questões. Sendo assim, podemos inferir que somente a aula teórico-expositiva pode não ser suficiente para a aprendizagem e fixação de conceitos abstratos. O mesmo não acontece com a turma alvo, que teve uma evolução mais consistente e reforça a importância da aplicação prática associada à teoria.

Em defesa disso, podemos interpretar que a abstração nem sempre se desenvolve facilmente somente com a aula conceitual, sendo possível maximizá-la ao expor os alunos a uma prática experimental, sendo possível então superar essa dificuldade, como definida por Fernandes (2014) como:

“O significado do termo *abstração* refere-se à oposição ao termo *concreto*, à característica não-palpável, à existência fora dos padrões sensíveis aos sentidos, à necessidade de utilização da mentalização e da imaginação para que se torne existente, no âmbito de estudo ou demais investigação, dado mecanismo, modelo ou conceito abstrato” (FERNANDES, 2014).

Nas questões referentes ao tratamento de água em si (, as duas turmas tiveram um desenvolvimento evolutivo quando comparamos o pré ao pós teste. A turma de controle teve um aproveitamento interessante quando pensar-se que não tiveram aula com a estação de tratamento, porém, durante a aula era notório o conhecimento dos alunos sobre o tema por conta do objetivo do curso mais restrito à área ambiental, também por alguns estagiarem em uma ETA, e por ser um dos conteúdos mais abordados, segundo os próprios alunos.

Ao se analisarem as questões de 5, 6, 8, 9 e 10, foi possível observar nas questões objetivas que desde o pré-teste pode ser observado um melhor desempenho da turma alvo em comparação ao controle. Nesta, inclusive pode ser observado índice nulo de acertos na questão 5 por exemplo. Assim sendo, como as evoluções são estimadas pela simples diferença de acertos de pré-testes para pós-teste (Evolução = Acertos pós – Acertos pré), era de se esperar que qualquer pequena melhora de acertos na turma controle aparentasse uma significativa evolução.

Sabendo disso, como esperado, a aparente evolução média da turma controle foi maior que a turma alvo para o segundo grupo de questões. Por outro lado, torna-

se interessante observar que mesmo a turma alvo tendo uma boa base inicial, ainda assim teve uma evolução consistente no pós teste, sendo que nas questões 5, 8 e 10 chegou a atingir 100% de acertos. Com isso, ainda é possível ainda destacar que a média de acertos de pós-teste nestas questões finais foi de 97% para a turma alvo contra 86% da turma controle.

Para a aplicação desta prática, esses dados são importantes, pois a aplicação da proposta prática também visava verificar o quão preparados os alunos estariam para aplicar conhecimentos obtidos anteriormente no contexto de uma ETA. Sendo assim, é um resultado muito satisfatório analisar as questões e ver que os alunos tinham um subsídio inicial para iniciar a prática com a estação, e que com a aplicação deste trabalho passaram a um nível maior ainda de excelência.

A questão de número 5 tem um caráter sobre os testes a serem feitos no tratamento de água, onde a turma alvo teve resultado inicial de 86,7% e após a aplicação da estação teve 100% de aproveitamento, mostrando a clareza dos alunos sobre os parâmetros observados durante o trabalho. Em contrapartida, a turma controle teve 0% de aproveitamento, mostrando um despreparo sobre o tema, e ao final tendo uma evolução satisfatória, mas não com total aproveitamento da turma, possivelmente associado ao desinteresse observado quando de uma aula exclusivamente expositiva sobre o tema.

Isso também é concordante com o que se observa na questão 6, que trata basicamente sobre o caminho percorrido desde a água bruta até a água tratada. A turma de controle começou com um desempenho de 60%, e após a aula prática teve 5% de evolução, enquanto que a turma alvo, que iniciou com 80% de aproveitamento, passou a 93,3%, com aproveitamento maior após terem passado pela aula experimental.

O questionamento 8 tratava sobre materiais presentes no filtro e apresentou um índice de acertos inicial satisfatório para a turma controle (72%), apresentando uma evolução satisfatória de 22%. Entretanto, quando comparado à turma alvo, ainda ficam abaixo, pois estes apresentaram 100% de acertos após a aplicação da ETA, mostrando que o trabalho agregou-lhes sobre tal tema.

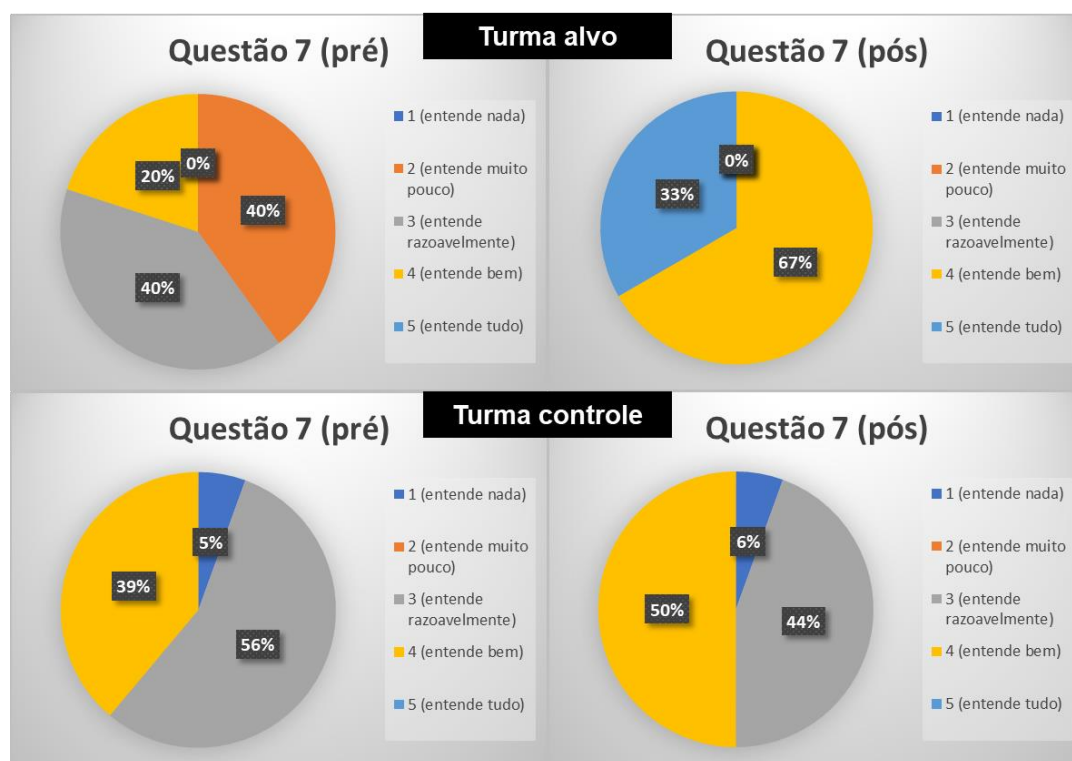
Sobre as substâncias adicionadas à água durante o tratamento (questionamento 9), novamente o desempenho da turma alvo chamou a atenção. Isso

ocorreu, provavelmente por terem visualizado na prática a adição das substâncias e sua potencialidade no tratamento, além de sua ação para a potabilidade da água. Pois, como infere Giordan (1999), o interesse dos alunos é despertado quando se faz uso da experimentação em sala de aula.

Por fim, a questão 10 falava sobre a relação entre a substância adicionada e sua finalidade para o tratamento. Mais uma vez fica clara a importância da experimentação sobre os alunos da turma alvo, que diante da vivência prática, todos acertaram a relação estabelecida.

Além das questões objetivas que comparam a evolução dos pesquisados de pré para pós teste, também foram incluídas as questões 7 e 11 que buscam capturar em níveis de entendimento de 1 (nenhum) a 5 (total). Na questão 7 os alunos foram questionados sobre sua autoavaliação de entendimento das fases do tratamento da água. Na Figura 5, são compiladas as respostas dos pesquisados.

Figura 5 - Comparação de respostas de pré e pós-testes ao questionamento 7.



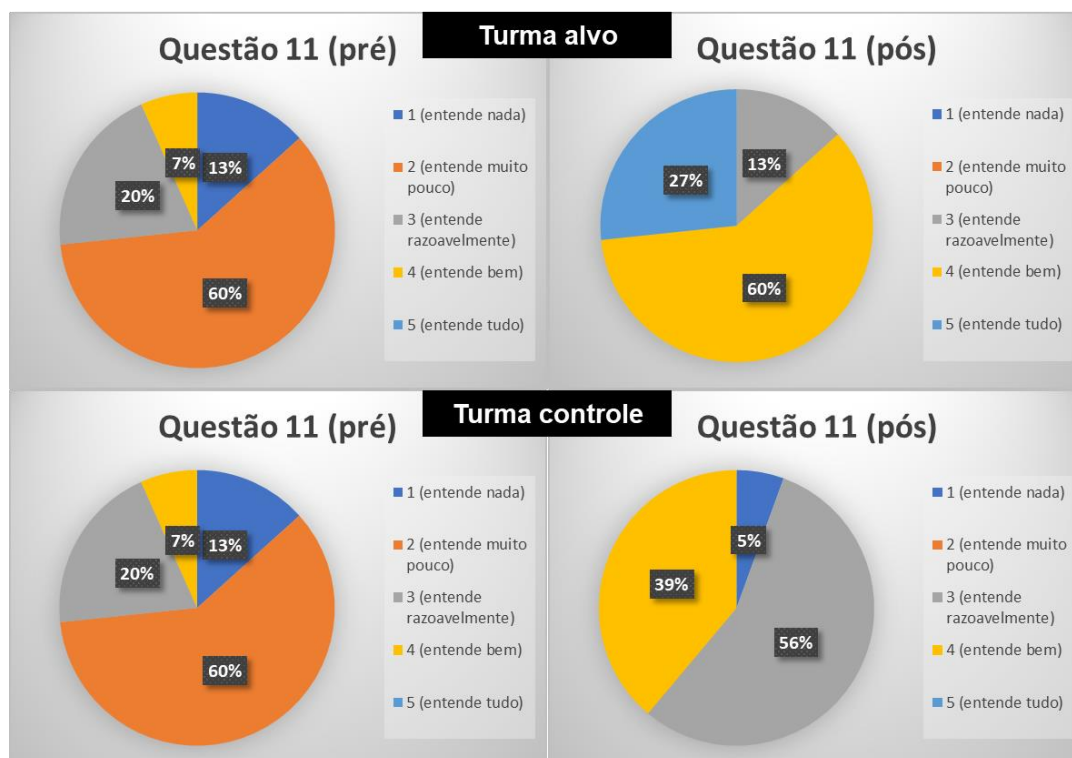
Fonte: Autor (2023).

Com base nesses resultados foi possível observar que os alunos da turma alvo entendem-se como mais preparados ao analisar as fases do tratamento, quando comparados aos alunos da turma controle, que apesar de indicarem uma evolução, esta é menor do que na turma alvo. Considera-se, neste caso, que a experimentação

possibilitou aos estudantes uma maior segurança a respeito dos conhecimentos adquiridos.

A questão 11 também pedia aos alunos uma autoavaliação sobre seus potenciais, caso fossem contratados para trabalhar como responsáveis técnicos de uma ETA. Na Figura 6 são apresentadas as evoluções.

Figura 6 - Comparação de respostas de pré e pós-testes ao questionamento 11.



Fonte: Autor (2023).

Após a análise do questionamento 11, novamente os alunos da turma alvo sentiram-se mais aptos para exercer tal função, apresentando maior segurança a respeito do domínio adquirido com a vivência experimental de uma ETA. Acredita-se que esta pequena vivência proporcionada neste trabalho compara-se ao fragmento de estágio supervisionado que, por vezes, os estudantes acabam não tendo oportunidade de executar neste setor. Com isso, percebe-se grande contribuição aos estudantes no sentido de conferir maior segurança para a tomada de decisão. O que é concordante com Lima e Pereira (2014), quando mencionam que essa vivência profissional “garante ao discente uma oportunidade de se autodescobrir como profissional, de conviver com outros colegas de profissão, de vivenciar habilidades como responsabilidades que lhes são conferidas e liderança de equipe, tão essenciais para a formação.”

5.2.1 Comparação das questões dissertativas no pós teste

Além das questões objetivas, em ambas as turmas foram adicionadas questões dissertativas no pós-teste, para que fosse possível analisar o quão esclarecidos os alunos ficaram sobre o tema da aula.

A primeira questão dissertativa pretendia verificar a capacidade apresentada pelos pesquisados sobre conceitos básicos de etapas físicas e químicas do tratamento de águas convencional. Pois quando pede-se para elencar quais são os processos físicos e quais são os processos químicos, os alunos que foram submetidos à vivência experimental demonstraram maior domínio em suas respostas, conseguindo classificar processos intermediários também como físicos e químicos. No Quadro 1, são apresentadas quatro respostas de cada grupo frente ao questionamento 12 do pós teste.

Quadro 3 - Respostas de cada grupo frente ao questionamento 12 do pós teste (Sobre fenômenos físicos e químicos, durante o tratamento de água convencional, cite quais são as etapas físicas e quais são as etapas químicas:).

Alvo	Físicas: filtração, decantação; Química: floculação, correção de pH, desinfecção, fluoretação.
Alvo	Coagulação - químico, decantação - físico, filtração - físico, cloração - químico/bio, fluoretação - químico.
Alvo	Pré-cloração - química, floculação/coagulação: química, decantação - física, filtração - física, desinfecção - química.
Alvo	Químicos: coagulação, floculação, correção de pH. Físicos: decantação, filtração.
Controle	Físico: pH, turbidez. Químico: sulfato de alumínio - coagulante, cloro, óxido de cálcio, hipoclorito de sódio.
Controle	Físicos, por exemplo a filtração. Químicos quando adicionamos produtos químicos, como por exemplo, para mudar o pH.
Controle	Físicas: reter sólidos. Química: adição de cloro, por exemplo, para tornar a água potável.
Controle	São etapas físicas: captação, adição de coagulante, decantação e filtração. São etapas químicas: análises para correção de pH, coagulação e correção de parâmetros.

Fonte: Autor (2023).

A partir das respostas obtidas no pós-teste entende-se que a teoria associada com a prática garantiu maior compreensão de como se classificam as principais etapas do tratamento de água e também como os alunos entendem esses processos, sendo ainda possível observar que os alunos da turma alvo destacam etapas como fluoretação e cloração, sendo que ainda um deles cita a cloração como “químico/bio”, entendendo que a cloração também serve para eliminar organismos microbiológicos.

Outro ponto interessante a se observar nas respostas dos alunos, é que a turma alvo apresentou mais facilidade em separar e classificar as etapas conforme seu princípio, enquanto que os alunos da turma controle, em sua maioria, tem

dificuldade em descrever e classificar as etapas, algumas vezes citando pontos específicos que não chegam a classificar-se como processos físicos ou químicos.

Além disso, nota-se que os alunos da turma de controle tem uma noção conceitual sobre as partes do tratamento, retendo algumas partes das quais eles podem ter considerado como mais importantes para tal, mas que não representam fundamentalmente o tratamento em si, ou, em outras palavras, não são tão expressivas para a potabilidade da água. Quando analisamos a turma alvo, vimos que os alunos fixaram as partes principais do tratamento, tendo uma maior facilidade em classificar as etapas como sendo físicas ou químicas e atendo-se a etapas complementares ou que por vezes não tiveram tanta importância aos alunos da turma de controle, mas que garantem ao tratamento sua eficácia e proficiência dada sua necessidade.

A partir disso, discutem-se as respostas associadas ao questionamento 13 (Quadro 2). Novamente foram escolhidas as respostas que se considerou mais expressivas para cada grupo avaliado (alvo e controle).

Quadro 4 - Respostas de cada grupo frente ao questionamento 13 do pós-teste (Qual a importância de tratarmos a água para torná-la potável?).

Alvo	O tratamento da água é essencial para eliminar qualquer organismo patogênico que possa afetar a saúde, além de deixar a água em seu pH correto.
Alvo	Torná-la própria para consumo, para eliminar possíveis microrganismos patogênicos.
Alvo	A água sem tratamento possui diversos microrganismos e sujeiras que fazem mal ao corpo se consumido, ou até usado para lavar louça e tomar banho.
Alvo	Garantir a qualidade da água para consumo.
Controle	Esse tratamento tem a importância de prevenir possíveis doenças.
Controle	Para que não ocorram complicações ao longo do tempo.
Controle	Estar sem contaminantes que prejudicam a saúde humana.
Controle	É importante para não gerar riscos à saúde humana, já que a água é muito importante e usada no dia a dia.

Fonte: Autor (2023).

A segunda questão refere-se ao entendimento dos alunos sobre a importância do tratamento, onde novamente se vê uma maior profundidade nas respostas da turma alvo, associando o tratamento com a eliminação de microrganismos patogênicos, e outros fatores que possam prejudicar sua ingestão no que tange à

saúde. Mesmo que o grupo de controle refira-se às mesmas questões abordadas anteriormente, nota-se uma menor segurança ao discorrer sobre o tema, além de uma maior simplicidade em suas respostas sobre a importância de se tratar a água.

Aqui, ainda, outra questão chama a atenção, pois a turma alvo preocupa-se mais com a especificidade dos contaminantes que possam estar presentes (expressões como “microorganismos patogênicos”) e o caráter final da água (quando é citado o “pH correto da água”), enquanto que a turma controle preocupa-se mais com os possíveis riscos de uma ingestão a longo prazo de uma água indevidamente tratada, o que pode ser reflexo de uma identificação e preocupação do curso focado ao meio ambiente.

Ainda com esse questionamento é possível evidenciar nos alunos a bagagem desenvolvida pela aula prática, sendo aos alunos da turma alvo mais expressiva a importância da água receber um tratamento adequado, saindo de um contexto mais plano sobre simples prejuízos à saúde e entendendo de outro patamar as entrelinhas do tratamento e suas implicações em nossas vidas. Ao passo que ambos entendem e tem a preocupação com a saúde, os alunos que visualizaram a estação e realizaram o tratamento da água durante as aulas parecem entender melhor a causa e a consequência dos problemas caso esta mesma água não fosse tratada, enquanto que os alunos da turma controle parecem ter desenvolvido uma noção mais simplificada e conceitual sobre o tratamento.

Por fim, a terceira questão dissertativa pede aos alunos sua visão sobre como a aula pode ser mais proveitosa para o entendimento sobre o tema proposto. No Quadro 3, podem ser visualizadas as respostas a respeito deste questionamento.

Quadro 5 - Respostas de cada grupo frente ao questionamento 14 do pós-teste (Você acredita que uma aula teórica-expositiva é suficiente para que você aprenda bem as etapas necessárias ao tratamento de água para potabilidade?)

Alvo	Definitivamente não, a prática é bem diferente da teoria
Alvo	Não totalmente, a experiência prática possibilita maior entendimento da teoria e nos prepara para futuras vivências práticas.
Alvo	Acredito que as aulas práticas são essenciais para o entendimento do assunto.
Alvo	Acho que ver o sistema, fazer os testes nos integra melhor no processo. As coisas fazem mais sentido.
Controle	Acredito que difícil, de forma razoável, na prática seria muito melhor de se compreender, pois nela você põe em prática os conhecimentos obtidos na teoria.

Controle	Acredito que o conteúdo teria sido aprendido de melhor forma com aulas práticas, e que somente a aula teórica-expositiva não seja suficiente.
Controle	Não, aulas práticas são essenciais para aprendizagem e formação.
Controle	Não, embora a aula seja clara e bem realizada, creio que uma aula experimental seria necessária.

Fonte: Autor (2023).

Ao analisar as respostas de ambas as turmas, fica possível o entendimento da importância de trabalhar um tema mais extenso e complexo como tal, com uma prática experimental. Neste caso, a maior dificuldade se dá pela abstração ao entender cada técnica de medida, cada processo físico e químico e como isso acontece e implica no tratamento em sua totalidade. Em outras palavras, torna-se difícil estabelecer relação entre a base do conteúdo, seu desdobramento enquanto medida/parâmetro e sua correção/relação com o tratamento.

As respostas elencadas permitem entender a importância de estabelecer o aluno dentro do processo de ensino-aprendizagem. Para tal, essa linha pedagógica que se percebe na escola de forma ainda incipiente, é o construtivismo. Adotamos para construtivismo as idéias de Becker (2009, p.2):

A ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do indivíduo com o meio físico e social, com o simbolismo humano, com o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia, na bagagem hereditária ou no meio, de tal modo que podemos afirmar que antes da ação não há psiquismo nem consciência e, muito menos, pensamento (Becker, 2009).

Essa epistemologia é classificada por Piaget (2010) como um método ativo de aprendizagem, já que insere o próprio estudante no processo de sua aprendizagem de acordo com seu interesse em aprender. Trata-se da interação entre sujeito e objeto, de forma a transformar o objeto e assimilá-lo, já diferente do que era antes dessa interação. Dessa forma, pode-se atingir objetos mais complexos.

Dentro da epistemologia construtivista, a aprendizagem parte da reconstrução daqueles conhecimentos que o estudante já possui. Dessa forma, ao usar um objeto de aprendizagem, o professor não tem como objetivo que o estudante inicie seu uso sem saber nada sobre o conteúdo que será abordado, e que vá aprender tudo depois do seu uso. A estratégia de uso do objeto de aprendizagem parte do conhecimento que o estudante já apresenta, e o torna complexo durante a aula. Para cada novo

objeto de aprendizagem empregado, o estudante constrói uma nova rede de conhecimentos (FEINSTEIN, 2006). O objetivo do professor que escolhe um objeto de aprendizagem de natureza construtivista deve ser permitir que o próprio estudante construa sua rede de conhecimentos. Essa atividade possibilita que o indivíduo desenvolva competências como a criatividade, o pensamento crítico, a argumentação, a tomada de decisões, a motivação e a comunicação.

Tal postura desconsidera o fato de que os docentes também possuem concepções prévias sobre os processos de ensino e aprendizagem, baseadas em suas experiências enquanto alunos e em outras experiências de ensino formal, incluindo os cursos de formação. Dessa forma, "(...) os futuros docentes necessitarão passar por uma mudança conceitual com respeito às suas concepções sobre ensino, aprendizagem, ciência e/ou natureza do conhecimento" (HEWSON et. al., 1999).

A revisão acima pode mostrar a importante contribuição que as investigações dentro desse "paradigma construtivista" trouxeram para a Educação em Ciências. Observa-se a complexidade do caminho que as discussões sobre "mudança conceitual" experimentaram ao procurar atender às novas demandas que se fizeram presentes quando se passou a considerar e a contemplar vários outros fatores que intervêm nos processos de ensino e aprendizagem.

Essa contribuição também é mostrada em outras reflexões sobre o construtivismo como as de Matthews (2000), que mostra que os estudos nesta linha têm auxiliado a educação em ciências ao "re-enfatizar a importância do conhecimento prévio para o processo de aprendizagem de novos conteúdos, ao realçar a importância da compreensão como objeto do ensino de Ciências, ao promover o comprometimento do aluno na aula e outros avanços." Esses estudos parecem também ter levado os docentes à consciência para a "dimensão humana presente na Ciência, sua possibilidade de falha, sua conexão com a cultura e interesses, o lugar da convenção na teoria científica, a historicidade dos conceitos, os procedimentos complexos da avaliação da teoria e muito mais".

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao aplicar este trabalho foi possível investigar algumas questões que fazem parte do processo de ensino-aprendizagem na área de química. Para tal, foi proposta à turma uma vivência experimental em uma estação de tratamento de água para que fosse possível avaliar a formação teórica e prática dos estudantes.

Sendo assim, ao se compararam as duas turmas com caracteres semelhantes (alvo e controle) em seus resultados de pré e pós teste, verificou-se um aproveitamento melhor dos estudantes submetidos à teoria e prática (turma alvo), quando comparado ao da turma submetida especificamente à teoria (turma controle), tanto em questões objetivas quanto em questões dissertativas.

Nos questionamentos adicionais, voltados a capturar a impressão e confiança dos estudantes sobre o tema que lhes foi ensinado, mais uma vez a turma alvo apresentou resultados mais relevantes quando comparada ao controle. Tratara-se de respostas mais completas e estruturadas, o que leva a crer que a inserção da vivência experimental é de fato muito importante para o ensino de futuros profissionais, ainda que não elimine a necessidade de fundamentações teóricas.

Diante dos resultados observados e discutidos, ainda é possível assumir que a proposta de uma ETA em escala de bancada obteve êxito ao concluir seu papel. Visto que fica evidenciada a relação proposta aos educandos entre as metodologias analíticas para o controle de qualidade da água durante seu tratamento e os conteúdos teóricos básicos que os mesmos aprenderam durante seu curso. A vivência experimental certamente impactou na formação dos futuros técnicos em química, quando se trata de seu papel em uma ETA.

Se por um lado há uma grande tendência em abordar metodologias experimentais nas aulas como um pilar de sustentação para o processo de ensino-aprendizagem, não é possível dizer que ele por si só garanta maior desenvoltura nos alunos. Desse modo, acredita-se se depende também de uma base maior que há por trás, como o momento da aplicação e a sustentação conceitual que deve existir anteriormente ou posteriormente, visto que é natural nas ciências exatas o processo de abstração do conhecimento. Sua palpabilidade total não é algo comum e nem possível.

O que se observou também foi que ao montar essa sequência didática, associando uma ETA em nível de bancada com uma aula conceitual, os resultados foram maiores do que aplicando-se somente uma aula teórico-expositiva. Pois, ainda que esta sirva de subsídio para aquela, fica evidenciado que não a contempla em sua totalidade, que só é possível com a execução do tratamento. Acredita-se que essa é a real limitação de uma abordagem meramente teórica-expositiva no ensino de química. Por isso, percebeu-se que a união de teoria e prática, além de os alunos preferirem e engajarem-se, indicou resultados mais efetivos na compreensão dos pormenores associados ao tratamento de água.

Ainda, para o aluno licenciando, é de fundamental importância esse estudo frente a uma turma, buscando preocupar-se em estudar o processo de ensino-aprendizagem e conseqüentemente consolidar seu pensamento crítico para a docência em uma oportunidade futura, visto que a sua formação ocorre em um processo dialético repleto de interações humanas.

7. REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: . Acesso em: 30 jun. 2023.

AMARAL, C. L. C.; DA SILVA, I.; VASCONCELOS, T. N. H. Aplicação de uma atividade experimental investigativa para o ensino de tratamento de água. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 50–59, 2018. DOI: 10.26843/rencima.v9i1.1549. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1549>. Acesso em 5 de junho de. 2023.

AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, D. G. I.; CÂMARA NETO, F. H.; MELO, H. C.; COSTA, M. A. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. Revista Ciência e saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, Jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141381232012000600015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 nov. 2023.

BARCELLA, Rodrigo Araújo. Estudo comparativo entre diferentes técnicas analíticas para determinação da demanda química de oxigênio (DQO) de rios que recebem efluentes. 2016.

BARROS, Rodrigo. A história do saneamento básico na Idade Média. Rodo inside, 3 de dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-media/>. Acesso em: 28 maio de 2023.

BAZZOLI, N., 1993. O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera. Apostila da Fundação Nacional de Saúde – Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas. (Mimeo.)

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

BECKER, F. O que é construtivismo? 2009. Disponível em: http://www.matematicauva.org/disciplinas/teorias_aprendizagem/Texto_07.pdf.

Acesso em: 21 nov. 2023.

BITTENCOURT, CLAUDIA; DE PAULA, MARIA APARECIDA SILVA. Tratamento de água e efluentes Fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. Saraiva Educação SA, 2014.

BUENO FILHO, Deusdeditt de Souza. Abordagem de conceitos químicos por meio de uma estação de tratamento de água (ETA): uma sequência didática para o ensino da química. 2020. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

CARDOSO, João Luís; QUINTELA, António de Carvalho; MASCARENHAS, José Manuel. Os romanos e a água. Portugal romano: a exploração dos recursos naturais, p. 17-29, 1997.

COSTA, Cristina Alfama. “Águas do meu Rio Grande”: a universalização do acesso ao saneamento pelo CORSAN. 2013.

DE OLIVEIRA CARNEIRO, Marta Camila Mendes et al. A gestão do saneamento no Brasil e sua relação com a gestão de recursos hídricos. INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797), v. 6, p. 101-116, 2018.

DI BERNARDO, L.; PADUA, L.V. Ensaio de bancada para estimar a perda de carga e a influência da floculação na filtração direta descendente. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2000. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/i034.pdf>> Acesso em 25/05/2011.

DOS SANTOS SILVA, Railane; SILVA, Mara A. Alves; DA SILVA, José Gilberto. Os limites e potencialidades de uma oficina temática como estratégia para o ensino de química. Revista de Estudos em Educação e Diversidade-REED, v. 1, n. 2, p. 207-230, 2020.

FEINSTEIN, O. La evaluación como instrumento de aprendizaje. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE DESARROLLO HUMANO, 1., 2006. Madrid. Anais...Madrid, 14 a 16 nov. 2006.

FERNANDES, D. M. S. A utilização de Softwares educacionais na diminuição da abstração no ensino-aprendizagem de Química em nível superior. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química). IFCE, Quixadá, 2014;

FRANCISCO, Amanda Alcaide; POHLMANN, Paulo Henrique Mazieiro; FERREIRA, Marco Antônio. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. Eng. Ambient. Londrina, n. 1, p. 1-9, 2011.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, Flávio Ferreira. Construção de um biodigestor didático para a Estação Ciências do Parque Tecnológico de Itaipu. 2018.

GARCIA, Angelica Nunes. A atividade antrópica como acelerador de processos de eutrofização. São Paulo-SP, 2015.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010. GOMES, Marco Antônio Ferreira. Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. 2013. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf Acesso em: 17 jun. 2022.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Química Nova na Escola, 1999.

GOIS, J.; BENTO MOSCONI, T. C. EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA CULTURAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA. Revista Exitus, [S. l.], v. 12, n. 1, p. e022049, 2022. DOI: 10.24065/2237-9460.2022v12n1ID1805. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/1805>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GONÇALVES, Tatiane Alves Pereira. Tratamento de água: proposta de sequência didática para o curso técnico em Agropecuária integrado ao ensino médio. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2019.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

HEWSON, P. W., Tabachinick, B. R., Zeichner, K. M., Blomker, K. B., Meyer, H., Lemberger, J., Marion, R., Park, H., Toolin, R. (1999). Educating prospective teachers of Biology: introduction and research methods. *Science Education*, v.83, p. 247-273.

HORTA, Deborah Alves. O USO DE PROTÓTIPOS NO ENSINO: UMA EXPERIÊNCIA COM ALUNOS DE ENSINO MÉDIO INTEGRADO EM UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO. In: **Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão-CONEPE**. 2015.

LIMA, Daniele; PEREIRA, Olguimar. Contribuições do estágio supervisionado para a formação do profissional de enfermagem: expectativas e desafios. *Revista Enfermagem Contemporânea*, v. 3, n. 2, 2014.

LIMA, S. L. T.; MUNOZ, I. A. P.; JUVENCIO, L. R. F.; FRACETO, L. F.. Aspectos didáticos e implicações do uso de aulas demonstrativas de Química. Disponível em www.annq.org/congresso2007. Acesso em 22 maio 2023.

MACEDO, J. A. B. Águas & Águas. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007

MACEDO, Emiliano Unzer. Os rios e a história. *Revista Científica Foz*, v. 1, n. 1, p. 10-10, 2018.

MAIA, Alessandra de Souza e OLIVEIRA, Wanda de e OSÓRIO, Viktoria Klara Lakatos. Da água turva à água clara: o papel do coagulante. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 49-51, 2003 Tradução . . Acesso em: 03 jun. 2023. NORONHA, Thiago Henrique et al. Indicador de contaminação fecal alimentar e prevenção de doenças. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v. 2, n. 4, p. 150-157, 2019.

MATTHEWS, M. (2000) Editorial. *Science & Education*, n. 9, p. 491-505.

MENDONÇA, Jean Karlo Acosta; FLORES, Jéssica Soares. Desenvolvimento de uma metodologia simples para determinação da dureza da água. *ScientiaTec*, v. 4, n. 1, p. 133-142, 2017.

OPAS (Organización Panamericana de la Salud), 1987. *Guias para la Calidad del Agua Potable*. Volumes I, II e III. Genebra: Opas.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS(2004). Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 1, Geneva, SW. 494p.

PIAGET, J. Psicologia e pedagogia. Rio de Janeiro: Forense, 2010.

PINHEIRO, Tatiana. Bernard Charlot: ensinar com significado para mobilizar os alunos. São Paulo: Ed. Abril, 2009.

PORTELA, Regilene Alves et al. Comportamento das doenças diarreicas nas mudanças sazonais no município de Campina Grande-PB. Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, v. 9, n. 17, 2013.

POZZA, Simone Andréa; SANTOS, Carmenlucia. Monitoramento e caracterização ambiental. 2017.

Projeto Brasil das Águas. 2013. Disponível em: <http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua/> Acesso em: 17 jun. 2023.

RAMOS, I. de L.; VASCONCELOS, T. N. H. Prática Pedagógica a partir da aplicação de atividades contextualizadas sobre o tratamento de água no Ensino de Química e Educação Ambiental. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 72–90, 2015. DOI: 10.26843/rencima.v6i3.846. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/846>. Acesso em: 5 jun. 2023.

REZENDE, Sonaly Cristina; HELLER, Léo. O saneamento no Brasil: Políticas e interfaces. Belo Horizonte: UFMG, 2002. RUSCHEINSKY, Aloísio; SCHONARDIE, Elenise Felzke. A apropriação desigual dos bens naturais e a luta pela efetividade do direito à água. Revista Justiça do Direito, v. 23, n. 1, 2011. SELBORNE, Lord. A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento. Brasília: UNESCO, 2001. 80p.

RICHTER, Carlos A.; DE AZEVEDO NETTO, José Martiniano. Tratamento de água: tecnologia atualizada. Editora Blucher, 2021.

SKOOG, AD WEST et al. Tradução da 8ª Edição norte-americana. Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

SILVA, Antônio Pacheco. História do Saneamento Básico. Itu: Conselho de Regulação e Fiscalização, 2016. Disponível em: https://itu.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/ar_itu/conselho_regulacao_fiscalizacao/2016_11_09_6_reunia

o_ ord_consregfis_ar_itu.pdf. Acesso em: 24 de maio de 2023 SILVA, Francisca Fernanda Martins da. Processos físico-químicos no tratamento de água e educação ambiental. 2015. 37 f. TCC (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SIQUEIRA, I. C. Abordagem do tema “química da água” no ensino médio com base nos estilos de aprendizagem dos estudantes. 2022. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2022. TELLES, Dirceu D.'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. Reúso da água: conceitos, teorias e práticas. Editora Blucher, 2010. TELLES, Dirceu D'Alkmin. Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão. 2010. 1a edição – 2013. Editora Edgard Blücher Ltda.

TEIXEIRA, Ana Raquel et al. I-042–COMPARAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA COM BAIXA TURBIDEZ POR FILTRAÇÃO DIRETA ASCENDENTE E DESCENDENTE. 2005.

UNIÁGUA – Universidade da Água. Água no Planeta. Disponível em: <www.uniagua.org.br/aguaplaneta.htm>. Acesso em: 23 nov. 2023.

VASCONCELOS, Flávia. Estação de tratamento de água. Disponível em: <https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/estacao-de-tratamento-de-agua-eta-etapas/>. Acesso em 23 nov. 2023.

VAN BREMEM, J., 1984. Water Quality. International Course in Sanitary Engineering. Delft: IHE/International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering. (Mimeo.)

VIEIRA, Maurrem Ramon. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. Agencia Nacional das Aguas–ANA-2015, 2019.

VILELA, M. L. et al, Reflexões sobre abordagens didáticas na interpretação de experimentos no ensino de ciências. Revista da SBEnBIO – n.1. Santa Catarina, ago/2007.

ZANON, L. B. Química. Secretaria de Educação Básica – Parâmetros Curriculares Nacionais . Disponível em <<http://www.mec.gov.br/seb/ensmed/pcn.shtm>> acesso em 22/06/2023. ZIMMERMANN, A. O ensino de química no 2o. grau numa perspectiva interdisciplinar. Palotina. SEED, 1993.

ZÜGE, Silvana Retamoso. Sequência didática sobre os conceitos de mistura e métodos de separação utilizando um modelo experimental de estação de tratamento de água. 124 p. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2017.

8. APÊNDICES

Apêndice I – PLANO DE AULA

1. **Seriação (etapa do Ensino)**

4 ano técnico em química – Química Analítica II

2. **Tema**

Funcionamento de uma estação de tratamento de água – ETA (teoria e prática)

3. **Tempo previsto (quantos encontros ou períodos)**

3 encontros consecutivos, cada um com 3 períodos de 50 minutos.

4. **Objetivos específicos (o que se pretende atingir com o estudante neste período de tempo)**

Retomar com os alunos vários conceitos e parâmetros trabalhados ao longo do curso com vistas a avaliar a fluência dos alunos ao realizar testes físico-químicos do tratamento de água que busquem relacionar situações práticas vivenciadas em uma ETA, uma das possibilidades de trabalho para os técnicos formandos.

5. **Necessidade/justificativa (por que é importante que o estudante aprenda esse conteúdo?)**

Por conta das várias atribuições de um técnico a nível laboratorial e industrial e a grande demanda ambiental em voga, o tratamento de água aparece em diversos níveis. Para tal, é interessante colocar o aluno em uma situação prática que simule a sua fluência ao realizar tais testes.

6. **Metodologia: Partes: Mobilização para o conhecimento (contextualização do tema; sensibilização); Construção do conhecimento (ação do estudante); Elaboração do conhecimento (sistematização do conhecimento construído). Relatar as atividades (técnicas, estratégias de ensinagem) que serão desenvolvidas.**

Para dar início à aula, será feita uma explanação sobre a importância do tratamento de água. Após, será feita uma instigação com os alunos sobre o que lhes foi vivenciado no estágio, buscando aproximar suas experiências com uma diferente, o tratamento de água. Será feita uma aula expositiva dialogada com os alunos

explicando as repartições de uma estação de tratamento. Os teste serão apenas recapitulados, pois espera-se que o aluno tenha a segurança de realizá-lo.

Após isso, começará a simulação de uma ETA, com um projeto de ETA a nível de bancada, realizada pelo aluno estagiário na turma. Para dar início ao tratamento, captar-se -á água bruta direto no rio (em torno de 15 litros) e será trazida ao laboratório. Será adicionada ao primeiro tanque, onde serão feitos os teste de turbidez, pH, oxigênio dissolvido e DQO, a fim de estipular o cálculo de coagulante a se adicionar nesta água. Será feito o cálculo da concentração a ser adicionada a tal quantidade de água e então será adicionado o sulfato de alumínio como coagulante.

Na próxima semana será feita a transferência da água do tanque 1 para o tanque 2, esta já sendo decantada, onde novamente serão realizados os testes de turbidez, pH, DQO e condutimetria.

Na semana posterior, a água passará por um filtro (entre os tubos 2 e 3), contendo areia, cascalho e carvão ativado. A passagem pelo filtro é um pouco lenta, mas que acontecerá na mesma aula ainda é novamente na água filtrado se analisarão os mesmos parâmetros, a fim de descobrir se deverão ser feitos ajustes de pH, cloro e flúor, conforme legislação vigente, sendo esta última então a água com o mesmo grau de potabilidade que a água da torneira.

7. Recursos necessários (quais os recursos materiais que precisam ser disponibilizados para que as atividades possam ser desenvolvidas).

Canetas, quadro branco, projetor para mostrar ilustrações e animações, ETA a nível de bancada desenvolvida pelo autor, sulfato de alumínio, cloro, flúor, jaleco de proteção e água a ser coletada do rio, turbidímetro, pHmetro.

8. Avaliação – CRITÉRIOS: o que avaliar; INSTRUMENTOS: como avaliar.

A avaliação será feita a partir da aplicação de pré e pós-teste, podendo a partir daí inferir tanto sobre a eficácia da aula como a clareza com que os alunos tenham os conteúdos trabalhados ao longo do curso, caso eles estivessem em uma situação de administrar testes desta natureza.

9. Referências (nas normas da ABNT)

BUENO FILHO, Deusdeditt de Souza. Abordagem de conceitos químicos por meio de uma estação de tratamento de água (ETA): uma sequência didática para o

ensino da química. 2020. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

GONÇALVES, Tatiane Alves Pereira. Tratamento de água: proposta de sequência didática para o curso técnico em Agropecuária integrado ao ensino médio. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2019.

10. Você enquanto estudante gostaria de participar dessa aula? Justifique.
Sim, pois aprenderia a parte teórica com a aplicação direta na vida cotidiana, além de poder simular o tratamento de água convencional para entender questões por trás do processo todo a partir de uma ETA a nível de bancada.

Apêndice II - Pré-teste

Pré-teste: Estação de tratamento de água a nível de bancada

Autor: Giovani de Azevedo Andrade

Orientador: Francisco Cunha da Rosa

Turma: 4 ano Técnico em Química

Nome do participante: _____

1) Um dos parâmetros físico-químicos necessários para monitorar a qualidade da água é a turbidez. Sobre esta análise é possível afirmar corretamente que:

- a) Envolve um instrumento capaz de relacionar a interação da luz com transições eletrônicas das partículas suspensas na amostra.
- b) Está diretamente relacionada aos contaminantes orgânicos solúveis na água.
- c) Quanto maior a turbidez da água maior é a absorvância da solução.
- d) Se relaciona com o maior número de contaminantes insolúveis dispersos na água.
- e) Não possui relação com contaminantes orgânicos na água.

2) Outro parâmetro físico-químico importante para analisar a água é o pH. Sobre esse teste podemos inferir que:

a) Nos permite identificar e classificar o nível de acidez da água, tanto bruta quanto tratada.

b) Garante a qualidade da água para ser filtrado.

c) Nos dá uma ideia da região de onde vem essa água, sendo então diferente seu tratamento e sua potabilidade duvidosa.

d) Legitima todo o tratamento de água, sendo que se o pH estiver em 7 o tratamento será apenas a filtração.

e) Expressa a acidez da água que se reflete em sua turbidez, o que demanda mais cuidado no tratamento.

3) Além destes, é importante medir a demanda química de oxigênio (DQO) da água. Sobre essa análise podemos inferir que:

a) Nos dá uma ideia sobre a turbidez que a água apresenta.

b) Indiretamente estima o teor de matéria orgânica presente na água.

c) Mede o quanto de matéria inorgânica está disponível na água.

d) Mede a relação com o número de vezes que deve ser filtrado.

e) Mede o quanto essa água tem tendência a estar turva.

4) A condutividade é um parâmetro importante a se analisar na água que vem do rio. A partir desta análise, podemos observar que:

a) Indica quais contaminantes estão presentes na água.

b) Não possui relação com a concentração de contaminantes na água após tratamento.

c) Permite inferir o teor de matéria orgânica presente na água.

- d) Confere uma estimativa do teor de contaminantes presentes.
- e) Quanto maior a condutividade maior será a turbidez da mesma.

5) No Rio Grande do Sul, o tratamento de água fica a cargo da Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN), entre outras companhias municipais em alguns casos. Por conta das diferenças geográficas, populacionais e industriais, a água tem diferentes características conforma a região do estado. Quais, dentre os parâmetros abaixo, podem e/ou devem ser realizados para caracterizar esta água?

- a) gosto, odor e turbidez.
- b) turbidez, absorção atômica e sua capacidade de oxidação.
- c) turbidez, salinidade e corrosão metálica.
- d) turbidez, cloro livre, DQO, condutividade.
- e) turbidez, e após passar pelo filtro a quantidade de cloro.

6) Sobre as etapas básicas do tratamento de água, podemos dizer que:

- a) São feitas análises somente ao final do tratamento para analisar as condições de potabilidade.
- b) Inicia pela filtração, a fim de melhorar a turbidez da água para outros testes.
- c) Após captação da água bruta, passando por análises que culminam e correção do pH, adição do coagulante/floculante, coagulação, decantação, filtração e terminando na correção de parâmetros como pH, cloro livre e fluoreto.
- d) Consta de diferentes etapas com análises da água bruta, filtrada e por fim tratada, para que seja possível verificar a evolução do tratamento e as condições finais de potabilidade.

e) Dependendo do clima, são feitas diferentes análises, e caso a água esteja pouco turva passa apenas pela filtração.

7) Em uma escala de 1 a 5, você entende as diferentes fases da água no tratamento convencional de potabilidade quando nos referimos a água bruta, decantada, filtrada e tratada?

(1) não entendo nada

(2) entendo muito pouco

(3) entendo razoavelmente

(4) entendo bem

(5) entendo totalmente

8) Sobre os componentes que estão presentes nos filtros para tratar a água, temos:

a) Arenito, basalto e uma tela porosa.

b) Areia grossa e fina, cascalho e carvão.

c) Pedrinhas, tijolo, terra e algodão.

d) Carvão, amido e uma tela com diferentes passagens pelo tamanho de grão.

e) Telas de metais onde as substâncias dissolvidas na água ficam retidas.

9) Quais são exemplos de substâncias que podem ser adicionadas à água durante o tratamento para potabilidade?

a) Hidróxido de sódio, cloreto de zinco e sulfato férrico.

b) Cloro, sódio e ferro, conforme condições da água analisada anteriormente.

c) Cloro e iodo,

d) Sulfato de alumínio, cloro, cal ou hidróxido de sódio e fluoreto.

e) Cloro, sódio, sulfato de alumínio e nitrato de potássio.

10) Relacione a primeira coluna com a segunda:

Coluna I - Substância		Coluna II - Finalidade	
1.	Carvão ativado	()	Adicionado para a etapa de coagulação e floculação.
2.	Sulfato de alumínio	()	Correção do pH.
3.	Hipoclorito de sódio	()	Retém contaminantes na etapa de filtração.
4.	Óxido de cálcio	()	Adicionado na etapa de

			desinfecção
--	--	--	-------------

- a) 2 – 4 – 3 – 1
- b) 1 – 3 – 2 – 4
- c) 1 – 2 – 3 – 4
- d) 4 – 3 – 2 – 1
- e) 2 – 4 – 1 – 3

11) Se ao concluir o curso você fosse contratado como responsável técnico por uma estação de tratamento de água, como você entende seu conhecimento sobre o tema:

- (1) não entendo nada
- (2) entendo muito pouco
- (3) entendo razoavelmente
- (4) entendo bem
- (5) entendo totalmente

Apêndice III- Pós-teste

Pós-teste: Estação de tratamento de água a nível de bancada

Autor: Giovani de Azevedo Andrade

Orientador: Francisco Cunha da Rosa

Turma: 4 ano Técnico em Química

Nome do participante: _____

1) Um dos parâmetros físico-químicos necessários para monitorar a qualidade da água é a turbidez. Sobre esta análise é possível afirmar corretamente que:

- a) Envolve um instrumento capaz de relacionar a interação da luz com transições eletrônicas das partículas suspensas na amostra.
- b) Está diretamente relacionada aos contaminantes orgânicos solúveis na água.
- c) Quanto maior a turbidez da água maior é a absorvância da solução.
- d) Se relaciona com o maior número de contaminantes insolúveis dispersos na água.
- e) Não possui relação com contaminantes orgânicos na água.

2) Outro parâmetro físico-químico importante para analisar a água é o pH. Sobre esse teste podemos inferir que:

- a) Nos permite identificar e classificar o nível de acidez da água, tanto bruta quanto tratada.
- b) Garante a qualidade da água para ser filtrado.

c) Nos dá uma ideia da região de onde vem essa água, sendo então diferente seu tratamento e sua potabilidade duvidosa.

d) Legitima todo o tratamento de água, sendo que se o pH estiver em 7 o tratamento será apenas a filtração.

e) Expressa a acidez da água que se reflete em sua turbidez, o que demanda mais cuidado no tratamento.

3) Além destes, é importante medir a demanda química de oxigênio (DQO) da água. Sobre essa análise podemos inferir que:

a) Nos dá uma ideia sobre a turbidez que a água apresenta.

b) Indiretamente estima o teor de matéria orgânica presente na água.

c) Mede o quanto de matéria inorgânica está disponível na água.

d) Mede a relação com o número de vezes que deve ser filtrado.

e) Mede o quanto essa água tem tendência a estar turva.

4) A condutividade é um parâmetro importante a se analisar na água que vem do rio. A partir desta análise, podemos observar que:

a) Indica quais contaminantes estão presentes na água.

b) Não possui relação com a concentração de contaminantes na água após tratamento.

c) Permite inferir o teor de matéria orgânica presente na água.

d) Confere uma estimativa do teor de contaminantes presentes.

e) Quanto maior a condutividade maior será a turbidez da mesma.

5) No Rio Grande do Sul, o tratamento de água fica a cargo da Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN), entre outras companhias municipais em alguns casos. Por conta das diferenças geográficas, populacionais e industriais, a água tem diferentes características conforma a região do estado. Quais, dentre os parâmetros abaixo, podem e/ou devem ser realizados para caracterizar esta água?

- a) gosto, odor e turbidez.
- b) turbidez, absorção atômica e sua capacidade de oxidação.
- c) turbidez, salinidade e corrosão metálica.
- d) turbidez, cloro livre, DQO, condutividade.
- e) turbidez, e após passar pelo filtro a quantidade de cloro.

6) Sobre as etapas básicas do tratamento de água, podemos dizer que:

- a) São feitas análises somente ao final do tratamento para analisar as condições de potabilidade.
- b) Inicia pela filtração, a fim de melhorar a turbidez da água para outros testes.
- c) Após captação da água bruta, passando por análises que culminam e correção do pH, adição do coagulante/floculante, coagulação, decantação, filtração e terminando na correção de parâmetros como pH, cloro livre e fluoreto.
- d) Consta de diferentes etapas com análises da água bruta, filtrada e por fim tratada, para que seja possível verificar a evolução do tratamento e as condições finais de potabilidade.
- e) Dependendo do clima, são feitas diferentes análises, e caso a água esteja pouco turva passa apenas pela filtração.

7) Em uma escala de 1 a 5, você entende as diferentes fases da água no tratamento convencional de potabilidade quando nos referimos a água bruta, decantada, filtrada e tratada?

(1) não entendo nada

(2) entendo muito pouco

(3) entendo razoavelmente

(4) entendo bem

(5) entendo totalmente

8) Sobre os componentes que estão presentes nos filtros para tratar a água, temos:

a) Arenito, basalto e uma tela porosa.

b) Areia grossa e fina, cascalho e carvão.

c) Pedrinhas, tijolo, terra e algodão.

d) Carvão, amido e uma tela com diferentes passagens pelo tamanho de grão.

e) Telas de metais onde as substâncias dissolvidas na água ficam retidas.

9) Quais são exemplos de substâncias que podem ser adicionadas à água durante o tratamento para potabilidade?

a) Hidróxido de sódio, cloreto de zinco e sulfato férrico.

b) Cloro, sódio e ferro, conforme condições da água analisada anteriormente.

c) Cloro e iodo,

d) Sulfato de alumínio, cloro, cal ou hidróxido de sódio e fluoreto.

e) Cloro, sódio, sulfato de alumínio e nitrato de potássio.

10) Relacione a primeira coluna com a segunda:

Coluna I - Substância		Coluna II - Finalidade	
1.	Carvão ativado	()	Adicionado para a etapa de coagulação e floculação.
2.	Sulfato de alumínio	()	Correção do pH.
3.	Hipoclorito de sódio	()	Retém contaminantes na etapa de filtração.
4.	Óxido de cálcio	()	Adicionado na etapa de desinfecção.

a) 2 – 4 – 3 – 1

b) 1 – 3 – 2 – 4

c) 1 – 2 – 3 – 4

d) 4 – 3 – 2 – 1

e) 2 – 4 – 1 – 3

11) Se ao concluir o curso você fosse contratado como responsável técnico por uma estação de tratamento de água, como você entende seu conhecimento sobre o tema:

(1) não entendo nada

(2) entendo muito pouco

(3) entendo razoavelmente

(4) entendo bem

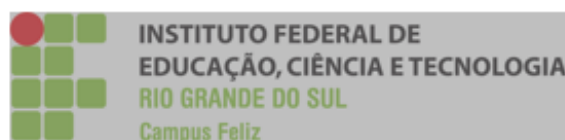
(5) entendo totalmente

12. Sobre fenômenos físicos e químicos, durante o tratamento de água convencional, cite quais etapas são físicas e quais são químicas:

13. Qual é a importância de tratarmos a água para torná-la potável?

14. Você acredita que uma aula teórica-expositiva é suficiente para que você aprenda bem as etapas necessárias ao tratamento de água para potabilidade?

Apêndice IV – TCLE



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Feliz

Rua Princesa Isabel, 60 | Bairro Vila Rica | CEP: 95770-000 | Feliz/RS

E-mail: gabinete@feliz.ifrs.edu.br Telefone: (51) 3637-4400

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, CPF _____ declaro saber e concordar colaborar como participante na pesquisa “DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUA POTÁVEL EM ESCALA DE BANCADA PARA SER UTILIZADA NO ENSINO TÉCNICO DE QUÍMICA”, desenvolvida junto ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Feliz pelo(a) pesquisador(a) Giovani de Azevedo Andrade, aluno(a) do curso de Licenciatura em Química, orientada pelo(a) Prof. Francisco Cunha da Rosa, os(as) quais podem ser contatados/as pelos e-mails giazevedoandrade057@gmail.com e Francisco.rosa@feliz.ifrs.edu.br ou telefones (51)980587165. O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem por objetivos:

- Proporcionar uma vivência experimental de uma estação de tratamento de água potável aos futuros técnicos em química;
- Enfatizar a importância das metodologias analíticas instrumentais no controle de qualidade no tratamento de água potável;
- Avaliar a importância de uma vivência experimental para a aprendizagem de conteúdos atribuídos ao técnico em química;
- Aprimorar o conhecimento teórico dos alunos sobre o tratamento de água contando com uma vivência experimental.

Feliz, ____ de _____ de 2023.

Nome legível do responsável: _____

Assinatura do responsável: _____

