

,INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL - IFRS *CAMPUS FELIZ*

MAYSA THAÍS PELLENZ

MISTURAS DIGITAIS:
desenvolvimento e utilização de um recurso didático digital para o ensino e a
aprendizagem do conteúdo de separação de misturas no Ensino Médio

FELIZ

2023

MAYSA THAÍS PELLEZ

MISTURAS DIGITAIS:

desenvolvimento e utilização de um recurso didático digital para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de separação de misturas no Ensino Médio

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 - IFRS *Campus* Feliz, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientadora: Profa. Márjore Antunes

Feliz

2023

MAYSA THAÍS PELLENZ

**MISTURAS DIGITAIS:
desenvolvimento e utilização de um recurso didático digital para o ensino e a
aprendizagem do conteúdo de separação de misturas no Ensino Médio**

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 - IFRS Campus Feliz, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Márjore Antunes

Aprovado em 06 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a Dr^a Márjore Antunes (orientadora - IFRS - Campus Feliz)

Prof^a Dr^a Andreia Veridiana Antich (IFRS - Campus Feliz)

Prof. Dr. Josimar Vargas (IFRS - Campus Caxias do Sul)

Dedico este trabalho aos meus pais Marilise e Gilnei, à minha irmã Ana Luysa, ao meu padrinho Volnei e minha avó Delci por me criarem como uma filha. Obrigada por sempre demonstrarem todo seu apoio e incentivo a mim.

AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão que dedico este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) a todas as pessoas e instituições que contribuíram para tornar possível a sua realização. Cada passo dado nesta jornada acadêmica foi marcado por apoio, incentivo e sabedoria compartilhada por pessoas especiais, as quais merecem todo meu reconhecimento.

Agradeço primeiramente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS *Campus* Feliz, por proporcionar um ambiente propício ao aprendizado e crescimento pessoal. O conhecimento adquirido aqui servirá como base sólida para os desafios futuros e para a minha formação como cidadã.

Aos professores, expresso minha profunda gratidão pela dedicação incansável em transmitir conhecimento e estimular a minha curiosidade. Suas orientações e críticas construtivas foram fundamentais para aprimorar este trabalho e expandir meus horizontes acadêmicos. Em especial a minha orientadora Márjore Antunes pelas incansáveis dicas que tornaram a execução deste trabalho possível e ao coordenador do curso de Licenciatura em Química, Francisco Cunha da Rosa, por sempre incentivar e fazer com que não desistisse dos estudos em meio às fases difíceis que se fizeram presentes durante este período.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Alexandre Rodrigues Soares por sua orientação crucial e esclarecimento de dúvidas sobre o simulador no desenvolvimento deste trabalho. Seu apoio durante a aplicação do mesmo foi fundamental, contribuindo significativamente para o sucesso do processo de aprendizagem. Agradeço sinceramente pela paciência, orientação e inspiração ao longo desta jornada.

Aos colegas de curso que na verdade se tornaram grandes amigos que levarei para a vida, sendo verdadeiros companheiros de jornada, agradeço pelas risadas, pelo apoio mútuo e pela amizade sincera. Vocês tornaram os desafios mais leves e fizeram dessa caminhada uma experiência inesquecível. Juntos enfrentamos desafios e comemoramos conquistas, e essa experiência foi enriquecedora.

Aos meus queridos pais, agradeço de todo coração por serem os meus maiores exemplos de força, determinação e perseverança. Vocês sempre estiveram ao meu lado, oferecendo seu carinho e orientação em todos os momentos. Obrigado por acreditarem em mim, por me encorajarem a seguir em frente e por fazerem de tudo para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Sei que este TCC também é uma conquista de vocês, e tudo que alcancei até aqui é graças ao amor e apoio que sempre me deram.

Por fim, expresso meu profundo agradecimento a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho, seja através de conversas, debates ou inspirações. Este TCC não é apenas meu, mas sim, o resultado de um esforço coletivo e de um ambiente de aprendizagem rico em trocas de conhecimento. A todos vocês, o meu muito obrigada.

Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.

Paulo Freire

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo o desenvolvimento e utilização de um recurso didático digital, mais especificamente um simulador virtual, para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de separação de misturas no Ensino Médio, sob uma abordagem voltada à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). O que motivou a realização desse trabalho foi a verificação de que, apesar de existirem diversos recursos educacionais digitais para o ensino de Química, há uma lacuna de simuladores virtuais no âmbito do conteúdo de separação de misturas. Para a realização deste trabalho, foi utilizada a pesquisa-ação como abordagem metodológica e todo o processo de criação, desenvolvimento, testagem e utilização do simulador virtual se deu de forma colaborativa com o professor da escola parceira. O público-alvo da aplicação desse trabalho foi duas turmas de segundo ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Professor Jacob Milton Bennemann: uma delas fez uso do simulador e a outra fez uso de um texto; ambas participaram de uma mesma sequência didática sobre a Reciclagem de Plásticos. O simulador virtual foi desenvolvido utilizando a plataforma Scratch, tendo como base o processo de tratamento de águas residuais (efluentes) de uma empresa que realiza a reciclagem de plásticos no município de Feliz (RS). A avaliação da aprendizagem dos estudantes foi realizada comparando os pré e pós-testes respondidos por ambas as turmas. Os resultados evidenciaram que o simulador virtual desenvolvido proporcionou o desenvolvimento de habilidades diversas nos estudantes, comparável ao uso do texto. Ambas as ferramentas didáticas, embora distintas, apresentaram complementaridade: enquanto o texto oferece uma abordagem mais teórica, estimulando análise crítica e conexão conceitual, o simulador destaca-se ao proporcionar compreensão prática e visual, promovendo a aplicação dos conhecimentos em contextos simulados. Vale destacar que a escolha de duas abordagens distintas, uma turma utilizando um texto e outra um simulador, foi motivada pelo interesse em avaliar se o emprego de um simulador contextualizado com uma abordagem CTSA teria impactos positivos no processo de ensino e de aprendizagem dos estudantes.

Palavras-chave: Simulador virtual. Separação de Misturas. Ensino de Química.

ABSTRACT

This work aims to develop and use a digital learning object, more specifically a virtual simulator, for teaching and learning mixture separation content in high school, under an approach focused on Science, Technology, Society and Environment (STSE). What motivated this work was the verification that, although there are several digital educational resources for teaching Chemistry, there is a lack of virtual simulators within the content of mixture separation. To carry out this work, action research was used as a methodological approach and the entire process of creation, development, testing and use of the virtual simulator took place collaboratively with the teacher at the partner school. The target audience for applying this work was two second-year high school classes at Colégio Estadual Professor Jacob Milton Bennemann: one of them used the simulator and the other used a text; both participated in the same didactic sequence on Plastics Recycling. The virtual simulator was developed using the Scratch platform, based on the wastewater (effluent) treatment process of a company that carries out plastic recycling in the municipality of Feliz (RS). The assessment of student learning was carried out by comparing the pre- and post-tests answered by both classes. The results showed that the virtual simulator provided the development of diverse skills in students, comparable to the use of text. Both resources, although distinct, presented complementarity: while the text offers a more theoretical approach, stimulating critical analysis and conceptual connection, the simulator stands out by providing practical and visual understanding, promoting the application of knowledge in simulated contexts. It is worth highlighting that the choice of two different approaches, one class using a text and the other a simulator, was motivated by the interest in evaluating whether the use of a simulator contextualized with a STSE approach would have positive impacts on the students' teaching and learning process.

Keywords: Virtual simulator. Separation Methods. Chemistry Teaching.

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
JMB	Colégio Estadual Professor Jacob Milton Bennemann
TDICs	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Primeiro esboço para a criação das cenas existentes no simulador virtual.....	27
Figura 2	Escolha da peneira apropriada para a peneiração.....	29
Figura 3	Escolha do coagulante.....	30
Figura 4	Critérios de avaliação.....	30
Figura 5	Escala de pH.....	30
Figura 6	pH de itens do cotidiano.....	30
Figura 7	Etapa de decantação.....	31
Figura 8	Etapa da filtração.....	31
Figura 9	Filtro montado errado.....	31
Figura 10	Uma das páginas da biblioteca virtual do simulador.....	32
Figura 11	Comparação entre a média de acertos de cada uma das turmas no pré e pós teste.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Método de separação de misturas	14
Quadro 2	Perguntas existentes no pré e pós-teste e os objetivos de aprendizagem atrelados a elas.	23
Quadro 3	Percentual de estudantes de cada turma que desenvolveu habilidades relacionadas ao conteúdo de tratamento de água residual (efluente) ou, em outras palavras, respondeu de forma correta a questão relacionada a cada habilidade	33

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: ASPECTOS GERAIS E SEU USO NA ÁREA DA EDUCAÇÃO.....	5
3.2 SIMULADORES VIRTUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA EM UMA ABORDAGEM CTSA.....	7
3.3 SIMULADORES VIRTUAIS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM SOBRE SEPARAÇÃO DE MISTURAS.....	12
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
4.1 MÉTODO ESCOLHIDO E PÚBLICO-ALVO.....	19
4.2 DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR VIRTUAL.....	20
4.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR VIRTUAL.....	26
5.2 UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR VIRTUAL E DO TEXTO.....	32
5.2.1 Potencialidades do uso do simulador virtual.....	34
5.2.2 Lacunas no uso do simulador virtual.....	37
5.3 MELHORIAS POSSÍVEIS NO SIMULADOR VIRTUAL.....	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	44
APÊNDICE A - Sequência didática sobre Plásticos e Separação de Misturas.....	48
APÊNDICE B - Folha-guia para a utilização do simulador virtual.....	60

1 INTRODUÇÃO

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) desempenham um papel essencial na vida cotidiana. Essas referem-se ao conjunto de recursos tecnológicos que utilizam as ferramentas digitais para promover a comunicação, o acesso à informação e o desenvolvimento de habilidades. As TDICs têm se tornado cada vez mais presentes na sociedade, impactando diversas áreas como a educação, o trabalho, a saúde e o entretenimento. Englobam dispositivos eletrônicos, aplicativos, softwares e plataformas online, permitindo assim a interação e a troca de informações de forma rápida e eficiente. O uso dessas ferramentas proporciona novas oportunidades de aprendizado, colaboração e inovação, contribuindo para a ampliação do conhecimento e o desenvolvimento de competências indispensáveis na era digital.

Quando se dá um enfoque maior ao ensino de Química, as TDICs proporcionam recursos e ferramentas que podem tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo. Por meio de softwares educacionais, simulações, jogos, vídeos e outros recursos audiovisuais, por exemplo, as TDICs permitem a visualização e a experimentação de conceitos químicos de forma virtual, facilitando a compreensão dos alunos e estimulando seu interesse pela Química. Além disso, também proporcionam a oportunidade de explorar fenômenos químicos complexos de maneira segura em laboratórios virtuais, por exemplo.

Apesar de todas as possibilidades e potencialidades a respeito do uso de TDICs na educação, há que se levar em consideração que ainda faltam recursos didáticos digitais adequados para a utilização no ensino e na aprendizagem de alguns conteúdos que são mais específicos de cada área do conhecimento, que estejam em consonância com a faixa etária dos estudantes ou com o currículo das escolas. Assim, apesar de existirem diversos materiais digitais disponíveis, nem sempre eles são adequados para serem utilizados conforme a realidade dos estudantes que farão uso desses recursos.

Nesse contexto, é relevante destacar que o desenvolvimento desses recursos digitais pelos próprios docentes da educação básica é uma tarefa que demanda tempo, que é um recurso frequentemente escasso na realidade do dia a dia, além de conhecimentos que muitas vezes só são acessíveis por meio de formação continuada que também por vezes é um empecilho. Diante dessa realidade, o desenvolvimento de recursos didáticos digitais pelas Universidades ou Institutos Federais, em parceria com os professores das escolas de educação básica, pode auxiliar nessa lacuna ao uso das TDICs na educação.

É nessa perspectiva que esse trabalho de conclusão de curso se insere. Por meio de uma abordagem metodológica de pesquisa-ação, desde a elaboração do projeto da pesquisa em colaboração com o professor da escola parceira, foi verificada uma lacuna no que diz respeito à existência de simuladores virtuais para o ensino e aprendizagem do conteúdo de separação de misturas. Essa lacuna se torna ainda maior quando se procura algum que possua uma abordagem contextualizada, que traga consigo situações que possam estar associadas ao cotidiano dos estudantes.

Ainda, somado a isso, o professor da escola parceira em seu plano de ensino necessitava abordar os conceitos químicos dentro do escopo de um dos percursos formativos do Novo Ensino Médio, intitulado "Industrialização e o Custo Ambiental". Neste percurso, a ementa foca no entendimento e na contextualização dos processos e sistemas produtivos dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável que na atualidade possui um grande enfoque. Diante desse contexto, surgiu a oportunidade de revisar o tema de separação de misturas, uma vez que, mesmo que tenha sido abordado durante o Ensino Fundamental, muitos estudantes não se recordavam de tal assunto. Isso pode ser devido ao fato de que suas escolas estavam em processo de implementação da Base Nacional Comum Curricular (o que fez com que alguns conteúdos tenham sido deixados de ser trabalhados) e também vivenciaram o período de ensino remoto, devido à pandemia de coronavírus (ocorrida entre 2019 e 2020), o que acarretou em lacunas na aprendizagem.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo principal desenvolver e utilizar um recurso didático digital, mais especificamente um simulador virtual, para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de separação de misturas, no Ensino Médio, contextualizado em uma abordagem voltada à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). O capítulo 2 apresentará os objetivos específicos relacionados a esse trabalho. No capítulo 3, serão apresentados os referenciais teóricos voltados ao uso das TDICs na educação, de modo geral, e em Química, de modo particular, bem como as simulações virtuais existentes para o ensino contextualizado de Química em uma abordagem CTSA. Além de serem destacadas algumas simulações que abordam o tema de separação de misturas.

No capítulo 4, serão apresentadas as etapas metodológicas do processo de criação, desenvolvimento e utilização do recurso digital. Por fim, o capítulo 5 apresentará os resultados obtidos com essa pesquisa, além de discutir suas implicações e impactos na aprendizagem dos estudantes, e o capítulo 6 trará as principais conclusões e perspectivas desse trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e utilizar um recurso didático digital, mais especificamente um simulador virtual, para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de separação de misturas, no Ensino Médio, contextualizado em uma abordagem voltada à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um estudo de caso que envolva conceitos químicos voltados ao conteúdo de separação de misturas, cujo assunto faça parte da realidade dos discentes do Colégio Estadual Jacob Milton Bennemann (JMB) da cidade de Feliz (RS);
- Fazer a transposição do estudo de caso para uma simulação virtual original, acessível por meio de dispositivos móveis, utilizando a plataforma Scratch;
- Comparar, de forma qualitativa, o engajamento e a compreensão do conteúdo de separação de misturas entre duas turmas de 2º ano do Ensino Médio do Colégio JMB, em que uma turma terá o uso do simulador durante as aulas enquanto a outra turma não o utilizará;
- Avaliar, qualitativa e quantitativamente, a aprendizagem dos estudantes das duas turmas que serão público-alvo, por meio de pré e pós-testes, sendo que uma delas fará uso do simulador virtual e a outra utilizará um texto como recurso didático.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: ASPECTOS GERAIS E SEU USO NA ÁREA DA EDUCAÇÃO

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) desempenham um papel fundamental na sociedade e estão revolucionando a forma como as pessoas interagem, comunicam-se, aprendem e trabalham. Essa evolução tecnológica tem sido uma das principais impulsionadoras do desenvolvimento humano e econômico nas últimas décadas, que passou a ser conhecida como Era Digital. As TDICs englobam diversas tecnologias, como a internet, os dispositivos móveis (celulares, tablets), redes sociais, inteligência artificial, computação em nuvem, realidade virtual, entre outras (Kenski, 2012).

Conforme essas tecnologias foram assumindo sua importância e foram sendo modificadas e aprimoradas, houve um aumento na inovação em diversos setores. Na área da medicina, por exemplo, a utilização de tecnologias avançadas têm permitido diagnósticos mais precisos e tratamentos mais eficazes ampliando o acesso aos cuidados de saúde. No ambiente de trabalho, a automação e a inteligência artificial têm impulsionado a eficiência e a produtividade, liberando seus profissionais de tarefas repetitivas e permitindo que se concentrem em atividades mais estratégicas, podendo ainda minimizar os acidentes trabalhistas em áreas que podem apresentar algum tipo de risco, como a elétrica. Na agricultura, os comandos online de maquinários vêm fazendo grande diferença para irrigação, adubação e outras técnicas essenciais para o plantio (Kenski, 2003). Kenski (2003) afirma ainda que:

As tecnologias transformam o modo como compreendemos e representamos o tempo e o espaço à nossa volta. Sem nos darmos conta, o mundo tecnológico invade a nossa vida e nos ajuda a viver com as necessidades e exigências da atualidade. Internet e serviços eletrônicos redimensionam nossa disponibilidade temporal e nosso deslocamento espacial (Kenski, 2003, p. 31).

Fróes (2009) complementa que:

[...] Os recursos atuais da tecnologia, os novos meios digitais: a multimídia, a Internet, a telemática trazem novas formas de ler, de escrever e, portanto, de pensar e agir. O simples uso de um editor de textos mostra como alguém pode registrar seu pensamento de forma distinta daquela do texto manuscrito ou mesmo datilografado, provocando no indivíduo uma forma diferente de ler e interpretar o que escreve,

forma esta que se associa, ora como causa, ora como consequência, a um pensar diferente (Fróes, 2009, p. 01).

No campo da educação, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) fomenta o uso das TDICs nos processos de ensino e aprendizagem de modo a desenvolver habilidades e competências nos estudantes, tais como a de:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (Brasil, 2018).

As TDICs têm proporcionado novas ferramentas para uso em sala de aula (e fora dela). Como exemplo, pode ser citada a ampliação do acesso às informações por meio da internet, a qual pode ser acessada em dispositivos eletrônicos e móveis. Nesse sentido, é papel da escola desenvolver o senso crítico nos estudantes para que confirmem se as fontes das informações são confiáveis, de modo a evitar o compartilhamento de *fake news* e de ideias negacionistas em relação à ciência.

Além do uso da internet para acesso a informações, o uso das TDICs também pode se dar por meio da utilização de plataformas de aprendizagem colaborativa, fóruns e ferramentas de compartilhamento de informações como o Padlet¹, a Plataforma Moodle² e o próprio Google Sala de Aula³, que possibilitam aos alunos e professores trocarem conhecimentos e ideias, incentivando a construção coletiva do saber. Há ainda plataformas educacionais, como o Khan Academy⁴, por exemplo, que permitem a adaptação de conteúdos e atividades de acordo com o nível de conhecimento e o ritmo de cada aluno e turma. Outra possibilidade de uso de TDICs na educação se refere ao emprego de animações, simulações, filmes, vídeos curtos e jogos virtuais como recursos didáticos, estimulando o interesse dos estudantes para o conteúdo a ser trabalhado.

Entretanto, de acordo com Valente e Almeida (1997, p. 12), o emprego dessas tecnologias “impõe mudanças nos métodos de trabalho dos professores, gerando modificações no funcionamento das instituições e no sistema educativo”. Em outras palavras, as TDICs têm assumido um papel cada vez mais importante, reforçando a relevância das reflexões e ressignificações sobre a maneira como se ensina e se aprende. Em sala de aula, a inovação

¹ <https://padlet.com/>

² <https://lang.moodle.org/>

³ <https://classroom.google.com>

⁴ <https://pt.khanacademy.org/>

não deve se restringir apenas ao uso da tecnologia. A inovação também deve estar na maneira como o professor vai se apropriar desses recursos para criar projetos metodológicos que superem a reprodução do conhecimento e levem à produção do conhecimento (Beherens, 2010).

Neste sentido, Lévy (2005) explica que:

Não se trata aqui de utilizar as tecnologias a qualquer custo, mas sim de acompanhar consciente e deliberadamente uma mudança de civilização que questiona profundamente as formas institucionais, as mentalidades e a cultura dos sistemas educacionais tradicionais e, sobretudo, os papéis de professor e de aluno (Lévy, 2005, p. 172).

Além disso, Coll, Mauri e Onrubia (2010) destacam que:

o potencial mediador das TDIC somente se torna efetivo quando essas tecnologias são utilizadas por alunos e professores no planejamento, na regulação e orientação das atividades no processo de ensino e aprendizagem, ou seja, “nas práticas educacionais que transcorrem nas salas de aula em função dos usos que os participantes fazem dela” (Coll *et al.*, 2010, p.77).

Em suma, as TDICs desempenham um papel importante na transformação e aprimoramento do cenário educacional. Ao integrar essas ferramentas inovadoras, as instituições de ensino podem proporcionar experiências de aprendizado mais dinâmicas, personalizadas e acessíveis. A utilização efetiva das TDICs não apenas enriquece o processo educacional, mas também prepara os alunos para os desafios contemporâneos, promovendo habilidades essenciais, como pensamento crítico, colaboração e competência digital.

3.2 SIMULADORES VIRTUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA EM UMA ABORDAGEM CTSA

Conforme indicado no item anterior, muitas TDICs podem ser utilizadas como recursos didáticos na área da educação. A utilização de TDICs no ensino de Química, em particular, pode ser um recurso valioso para explorar e abordar os três níveis de conhecimento químico propostos por Johnstone, na década de 1980, e reformulados pelo mesmo autor nas décadas seguintes, que são os níveis (i) descritivo e funcional (macro e tangível), que descreve os fenômenos observados e descritos; (ii) atômico e molecular (molecular e invisível), que oferece uma explicação para os fenômenos macroscópicos; e (iii)

representacional (simbólico e matemático), no qual são utilizadas equações químicas e símbolos para representar as interações químicas (Santos, 2023).

No primeiro nível, descritivo e funcional, as TDICs podem desempenhar um papel fundamental ao permitir que os alunos explorem a parte observável da Química de maneira interativa. Por meio de simulações e experimentos virtuais, por exemplo, os estudantes podem manipular substâncias, observar suas propriedades físicas e químicas, e compreender de forma mais concreta os fenômenos químicos.

No segundo nível, atômico e molecular, as TDICs podem auxiliar na visualização e compreensão das estruturas e comportamentos das partículas invisíveis ao olho nu. Modelos tridimensionais interativos, animações e vídeos explicativos permitem que os discentes tenham uma compreensão mais clara das relações entre as propriedades macroscópicas observadas e as interações a nível atômico e molecular.

Já no terceiro nível, representacional, a utilização das TDICs pode auxiliar a dominar o uso de equações químicas, símbolos e representações gráficas. Simuladores e ferramentas digitais podem proporcionar um ambiente de prática e experimentação para a manipulação dessas representações, permitindo a construção de conhecimentos e habilidades na linguagem química.

De acordo com Jucá (2006), os simuladores virtuais são uma classe de software educativo. Segundo Oliveira, Costa e Moreira (2001), um software educativo é um programa desenvolvido com o objetivo de promover a construção do conhecimento relacionado a um determinado conteúdo didático. Na área da Química, algumas teorias, como as utilizadas para explicar as reações químicas e a reatividade das substâncias em escala subatômica necessitam de um modelo, como, por exemplo, de orbitais atômicos e moleculares (Ferreira, 1998), conceitos que são muito abstratos e não observáveis, e que quando se faz uso de softwares que simulam o formato tridimensional desses orbitais, por exemplo, isso pode potencializar a aprendizagem (Pauletti, 2013). São exemplos os simuladores para a visualização tridimensional de moléculas e estruturas químicas o Jmol⁵ e o MolView⁶.

Há simuladores que proporcionam a realização de reações químicas virtuais, por exemplo, permitindo que os estudantes realizem experimentos, combinando diferentes reagentes e observando os produtos formados e o que acontece no frasco, como no ChemCollective⁷. Essas simulações oferecem a oportunidade de explorar vários cenários,

⁵ <https://jmol.sourceforge.net/>

⁶ <https://molview.org/>

⁷ <https://chemcollective.org/vlab/94>

testar hipóteses do porquê determinado fenômeno ocorreu ou não e entender conceitos como a estequiometria e a velocidade das reações fazendo com que o aprendizado de Química se torne mais dinâmico.

Vale ser enfatizado que outro ponto positivo destas simulações que oferecem exploração de experimentos, é que não são todas as escolas que possuem laboratórios para a execução prática dos mesmos e muitas que possuem não apresentam os equipamentos ou reagentes necessários para que os estudantes consigam realizar a prática. Também são exemplos de softwares educacionais empregados no ensino de Química:

- PhET Simulações Interativas⁸:

É um recurso pedagógico digital desenvolvido pela Universidade do Colorado, situada nos Estados Unidos. O simulador PhET apresenta uma interface bem desenvolvida, com um *design* de fácil entendimento e diversos idiomas para leitura. O mesmo apresenta muitas simulações envolvendo majoritariamente as áreas de química, biologia, física e matemática com acesso gratuito. Esse recurso foi criado a partir de pesquisas feitas com estudantes com a finalidade de que os mesmos conseguissem visualizar e explorar conceitos científicos abstratos por meio de modelos visuais interativos, podendo ser usados pelo professor em distintos momentos de seu planejamento como em uma discussão teórica dos conteúdos ou por meio de uma experimentação virtual (Costa, 2017).

Cada simulação é desenvolvida para representar situações reais que são comuns ao cotidiano e fenômenos científicos. As mesmas permitem que os alunos usem variáveis como pressão, temperatura e velocidade para realizarem os experimentos (que as possuem) e observarem como o produto final se modifica à medida que se alteram os valores de cada uma delas. Hoje o software possui cerca de 108 simulações, das quais 36 são voltadas à Química.

Na área da química ele aborda uma variedade de temas, dentre eles podem ser citados: reações químicas, propriedades dos gases, equilíbrio químico, pH, ligações químicas, cuidados no laboratório e muito mais. Outro ponto positivo da ferramenta é a disponibilização de um Guia do Professor nas simulações, em formato PDF, objetivando ajudar o professor a estruturar suas aulas com o uso do recurso digital.

⁸ https://phet.colorado.edu/pt_BR/

- Laboratório Didático Virtual (LabVirt)⁹:

O LabVirt é uma plataforma gratuita, desenvolvida pela Escola do Futuro da Universidade de São Paulo, que oferece aos estudantes a oportunidade de realizar experimentos e simulações em um ambiente virtual seguro, imitando atividades que acontecem nos laboratórios de indústrias ou até mesmo que podem ocorrer em seu cotidiano. Também busca estimular o pensamento crítico dos estudantes, visando uma reflexão e compreensão do mundo à sua volta.

A plataforma possui mais de 100 simulações de vários assuntos de física e química, que são abordados de forma contextualizada. Como por exemplo, na simulação “Radioatividade” o conteúdo é apresentado como uma história baseando-se na resolução de problemas. Segundo Silveira e Vasconcelos (2017), o tema é introduzido por um menino que acaba se machucando em um acidente e é levado ao hospital, lá ele começa a aprender sobre a radioatividade a partir dos raios-X que foram feitos em seu corpo. Para entreter ainda mais os estudantes, no decorrer da história vão sendo feitas perguntas sobre o conteúdo onde o aluno vai interagindo com a simulação para responder o problema proposto.

Outro exemplo prático da plataforma é feita na simulação “Concentração de cloro na água”, em que um menino vai ao sítio do seu tio que possui um poço para retirar água, entretanto é necessário tratá-la para o consumo. O menino então usa seus conhecimentos sobre concentração, soluto e solvente para ajudar o tio a calcular qual é a concentração ideal de cloro que se deve colocar na água, baseando-se nos parâmetros reais de qualidade da água. No site da ferramenta a mesma traz uma curiosidade interessante em sua descrição, informando que algumas de suas simulações foram baseadas em roteiros feitos por alunos do ensino médio da rede pública.

- ChemSketch¹⁰:

É um software que auxilia na criação de estruturas químicas e moléculas, tanto em duas como em três dimensões. Foi desenvolvido pela empresa ACD/Labs, sendo classificado como uma ferramenta multifuncional que ajuda na criação de diagramas químicos, na representação visual de compostos orgânicos e inorgânicos, além de disponibilizar o nome da molécula nas normas oficiais estabelecidas pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). O software também disponibiliza diversos desenhos para a representação de vidrarias e equipamentos de laboratório.

⁹ <http://www.labvirt.fe.usp.br/>

¹⁰ <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware>

- Ptable¹¹:

O Software Ptable foi criado por Michael Dayah e apresenta uma tabela periódica interativa e dinâmica, que funciona como uma página da internet facilitando cópias e acessos. A tabela contém os nomes dos elementos, configuração eletrônica, massa atômica, visualização de tendências de aumento ou diminuição do raio atômico, existência de isótopos, a temperatura nos quais os elementos podem ser encontrados, 16 propriedades, além de uma visão detalhada de cada elemento quando selecionado.

Ainda, quando acessada a aba “Orbital”, é exibida a distribuição dos elétrons nas camadas da eletrosfera e a configuração eletrônica por níveis de energia seguindo a regra de Hund. Os nomes dos elementos são apresentados em dezenas de idiomas, até mesmo em *scripts* asiáticos. O seu *design* é bem amplo, podendo optar por temas claros e escuros bem como o tamanho e a resolução que se quer visualizar a tabela.

Dentre os simuladores virtuais voltados ao Ensino de Química que foram apresentados neste trabalho, apenas o LabVirt traz simulações contextualizadas. Para Scafí (2010), contextualizar significa “realizar ações buscando estabelecer a analogia entre o conteúdo da educação formal ministrado em sala e o cotidiano do aluno ou de sua carreira” (p. 176). Ramos (2002) acrescenta que a integração do ensino no contexto pode ser entendida como uma maneira de ampliar as oportunidades para conectar as diversas disciplinas das áreas de conhecimento, ao mesmo tempo em que torna os saberes específicos mais acessíveis aos estudantes. Também destaca que, nessa abordagem, defende-se a introdução de conhecimentos disciplinares na vivência dos estudantes, visando incorporar aspectos presentes na sociedade, bem como suas interações com a ciência e a tecnologia.

Nesse contexto, contextualizar o ensino implica em aproximar o conteúdo científico dos conhecimentos não formais dos estudantes, abordando dimensões sociais, culturais e pessoais, enquanto também potencializa as questões cognitivas já presentes nos educandos. Quando se fala em ensino de Química, a aplicação dos conceitos em contextos reais, mesmo que simulados virtualmente, é importante para o desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica, auxiliando os estudantes na construção de conhecimentos, habilidades e valores que são necessários para a resolução de problemas e tomadas de decisão sobre temas práticos de relevância social (Santos e Mortimer, 2002) e para o desenvolvimento de sua cidadania (Fagundes *et al.*, 2009).

¹¹ <https://ptable.com/?lang=pt#Propriedades>

Essa integração entre o conhecimento científico com as dimensões sociais, tecnológicas e ambientais é o que se denomina de abordagem CTSA (Santos e Schnetzler, 1997). Essa abordagem é defendida pela BNCC (Brasil, 2018) para o ensino de Ciências da Natureza. Por meio da contextualização, é possível estabelecer uma conexão importante entre os conceitos químicos abstratos, que por vezes são muito difíceis de serem compreendidos na teoria, e as situações reais que são vivenciadas, facilitando a compreensão da importância e a construção dos conhecimentos químicos no dia a dia dos alunos.

Apesar de as simulações do LabVirt realizarem a contextualização dos conceitos químicos, elas não são mais compatíveis com o Google e não podem ser acessadas por dispositivos móveis, como celulares e tablets, o que restringe o seu uso em sala de aula. Além disso, algumas simulações apresentam erros que precisam ser levados em consideração no caso de serem utilizadas pelo professor. Já os simuladores do PhET e do ChemistryLab, por exemplo, podem ser aplicados em diferentes contextos, cabendo ao professor elaborar essa contextualização.

3.3 SIMULADORES VIRTUAIS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM SOBRE SEPARAÇÃO DE MISTURAS

O conteúdo de separação de misturas é fundamental na química e pode ser empregado em diversos contextos. Conforme Russel:

Uma mistura consiste em duas ou mais substâncias fisicamente misturadas. Algumas vezes, a mistura pode ser identificada por simples observação visual, já outras requerem o uso de lupas ou microscópios para a individualização de seus componentes (Russell, 1994, p. 24).

Dessa forma, as misturas podem ser homogêneas ou heterogêneas. Esses tipos de combinações se diferem entre si quando se retoma o conceito de fase, ou seja, uma mistura homogênea é caracterizada por possuir apenas uma fase, já a heterogênea possui duas ou mais fases distintas.

A maioria dos materiais presentes na natureza são misturas e pode ser necessário algum tipo de processo de separação para que se consiga obter os componentes individuais.

Uma vez que se saiba com quais substâncias se está trabalhando, pode-se associar um método para separar os componentes da mistura.

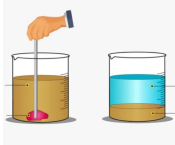

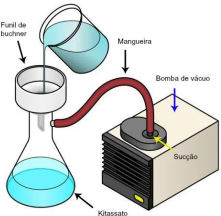
A separação de misturas é um conjunto de técnicas e processos que envolvem a análise e a manipulação de substâncias, permitindo o isolamento de cada uma delas. Esses processos são essenciais para compreender a composição dos materiais e para a produção de produtos em diversos setores industriais. Tendo em vista que a composição dos materiais varia, a separação de misturas também utiliza diferentes técnicas ou métodos para cada caso, levando em consideração as propriedades de seus componentes, tais como o ponto de ebulição, a solubilidade, a densidade. Os principais processos de separação estão resumidos no **Quadro 1**.


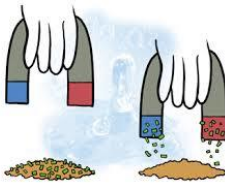
Assim, percebe-se que desde o preparo dos alimentos (iniciando pela separação dos grãos de feijão, por exemplo) até as complexas atividades industriais (como a destilação do petróleo), a compreensão e a aplicação das técnicas de separação de misturas são essenciais para garantir a pureza dos produtos, a reciclagem de materiais, o tratamento de águas e efluentes, a produção de medicamentos, entre outros processos. Isso faz com que esse assunto tenha um grande potencial para ser utilizado no Ensino de Química em uma abordagem CTSA.

Em se tratando do uso de simuladores virtuais para a abordagem do tema de separação de misturas, podem ser citados dois exemplos mais pontuais. Dentre eles, tem-se o OLabs¹², que é uma plataforma abrangente de experimentos nas áreas de ciências que incluem Física, Química e Biologia, direcionada a alunos do 9º ano ao ensino médio. O mesmo é disponível gratuitamente para escolas mediante inscrição no site www.olabs.edu.in. Por meio de exercícios *online*, os alunos podem familiarizar-se com equipamentos, realizar exercícios pré-laboratoriais e responder a questionários que abordam tanto o conteúdo do trabalho quanto a segurança do laboratório. As simulações são compatíveis com dispositivos como tablets, iPads e Androids, garantindo flexibilidade no acesso.

¹² <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=96&cnt=4>

Quadro 1 - Métodos de separação de misturas.

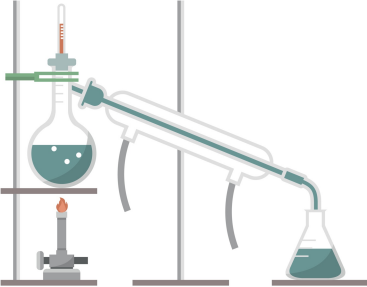
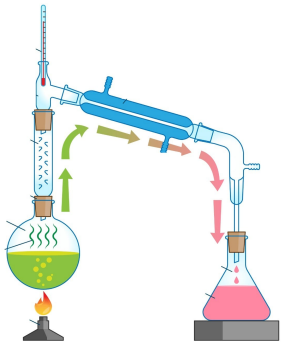
MÉTODO DE SEPARAÇÃO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO DO COTIDIANO
Decantação	<p>É uma técnica que se baseia na diferença de densidade dos componentes da mistura (Atkins; Jones, 2006). Deixa-se a mistura em repouso e os componentes mais densos vão para o fundo do recipiente.</p>	 <p>Fonte: https://decantacao.com/wp-content/uploads/2023/03/11-1024x561.webp Acesso em: 15 nov. 2023</p>
Filtração	<p>É usado principalmente na separação de misturas heterogêneas. Os componentes da mistura que são solúveis e estão dissolvidos no líquido passam pelo filtro, mas os componentes insolúveis ficam retidos nele (Atkins; Jones, 2006).</p>	 <p>Fonte: https://www.fq.pt/laboratorio/filtracao Acesso em: 15 nov. 2023</p>
Filtração a Vácuo	<p>É utilizada para separar misturas heterogêneas que apresentam partículas sólidas muito finas, que ocasionariam o entupimento dos poros do papel filtro (Atkins; Jones, 2006). Quando se liga a bomba de vácuo, o ar presente no kitassato é retirado, criando uma pressão negativa dentro dele, que faz com que o líquido seja puxado através do papel de filtro.</p>	 <p>Fonte: https://brasilescola.uol.com.br/quimica/filtracao-vacuho.htm Acesso em: 15 nov. 2023</p>

MÉTODO DE SEPARAÇÃO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO DO COTIDIANO
Catação	É um processo de separação dos componentes sólido-sólido de uma mistura heterogênea. É um processo utilizado somente quando as partículas são bem diferentes, podendo ser separadas com as mãos ou por meio de pinças (Sardella; Mateus, 1992).	 <p>Fonte: https://vaiquimica.com.br/separacao-de-misturas/ Acesso em: 15 nov. 2023</p>
Peneiração	É usada na separação dos componentes de uma mistura heterogênea constituída de materiais sólidos que possuem tamanho dos grãos diferentes e que, portanto, são retidos de forma diferente conforme a abertura da malha da peneira (Sardella; Mateus, 1992).	 <p>Fonte: https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/3188985-peneirar-areia-experimento-com-mao-s-acudindo-coador Acesso em: 15 nov. 2023</p>
Separação Magnética	É um processo de separação dos componentes sólidos que apresentam características magnéticas, podendo ser atraídos por ímãs (Sardella; Mateus, 1992).	 <p>Fonte: https://www.goconqr.com/mapamental/3247492/imantacion Acesso: 15 nov. 2023</p>

Remoção de Impurezas em Alimentos: Em algumas situações caseiras, as pessoas podem realizar a catação para remover impurezas, como pedras pequenas ou sujeiras de grãos como o feijão.

Preparação de Alimentos: Em cozinhas domésticas, a peneiração é muito usada para separar a farinha de grumos ou impurezas antes de cozinhar.

Remoção de Grampos de Papel em Escritórios: Algumas impressoras e máquinas de escritório utilizam a separação magnética para remover grampos magnéticos de pilhas de papel, evitando danos às máquinas.

MÉTODO DE SEPARAÇÃO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO DO COTIDIANO
Destilação Simples	<p>É utilizada para a obtenção do líquido a partir de uma mistura homogênea entre um líquido e um sólido. A mistura é aquecida e o líquido, por ter menor ponto de ebulição, é vaporizado e recolhido depois de percorrer o condensador sendo coletado como destilado. O sólido, no entanto, não vaporiza e permanece no balão de destilação (Lembo, 2000).</p>	 <p>Fonte: https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/2399309-modelo-de-destilacao-simples-em-laboratorio-de-quimica Acesso em: 15 nov. 2023</p>
Destilação Fracionada	<p>É usada para separar misturas homogêneas de líquidos com diferentes pontos de ebulição. A coluna de fracionamento, que possui um formato com obstáculos à passagem dos vapores, possibilita a passagem dos vapores do líquido mais volátil, com menor ponto de ebulição, ao passo que dificulta a passagem dos líquidos com maiores pontos de ebulição, permitindo a sua separação em etapas. (Lembo, 2000).</p>	 <p>Fonte: https://vestibulares.estrategia.com/portal/materias/quimica/destilacao-simples-e-fracionada/ Acesso em: 15 nov. 2023</p>

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Quando se trata do tema de separação de misturas, este simulador apresenta as técnicas de cromatografia, centrifugação, destilação simples, destilação fracionada e decantação, porém sem o uso de uma abordagem CTSA. O mesmo também permite selecionar o tipo de misturas que o estudante pretende simular com determinada técnica, por exemplo, se o mesmo selecionar a destilação fracionada pode ainda escolher entre misturas de acetona + hexano, metanol + etanol e 2-propanol + 2-butanol. Após essas seleções, o processo ocorre mostrando como cada mistura é separada. Além disso, o simulador apresenta a teoria envolvida com as técnicas, o procedimento, animação, simulador, vídeos explicativos e exercícios com posterior *feedback*.

Outro simulador virtual é o Labster¹³, que oferece uma variedade de simulações abrangendo métodos de separação de misturas, proporcionando aos usuários a oportunidade de conhecer e praticar o uso de equipamentos laboratoriais associados a esses procedimentos. Este simulador apresenta mais de 300 laboratórios virtuais, destacando-se com simulações científicas de alta qualidade. Vale ressaltar que o mesmo opera em um modelo de assinatura paga, com três planos distintos disponíveis para os usuários adquirirem acesso.

Cada simulação dentro do Labster é criada e revisada por cientistas especializados em suas áreas, garantindo a precisão e relevância dos conteúdos apresentados. Essas simulações não apenas proporcionam a prática, mas também expõem os alunos a cenários do mundo real e às diversas carreiras no campo STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Com base nisso, verifica-se uma lacuna de simuladores virtuais que abordem os processos de separação de misturas sob uma perspectiva voltada à CTSA e que sejam relevantes para serem aplicados no Ensino Médio. Incorporar as dimensões sociais, tecnológicas e ambientais das técnicas de separação de misturas permite que os estudantes compreendam onde as mesmas são utilizadas, estimulando a reflexão de como suas ações afetam a sociedade, como na separação de materiais recicláveis ou a importância de se tratar os efluentes oriundos das indústrias, por exemplo.

Vale ressaltar que os métodos de separação de misturas, apesar de serem uma prática experimental que pode ser realizada com materiais de baixo custo, oferecem vantagens para serem trabalhadas por meio de simulações virtuais. Primeiramente, o simulador proporciona uma abordagem segura, eliminando preocupações relacionadas à manipulação de substâncias químicas ou instrumentos de laboratório que possam representar riscos. Além disso, ao utilizar o simulador, os alunos têm a oportunidade de experimentar uma gama mais ampla de

¹³ <https://www.labster.com/simulations>

cenários, explorando diferentes combinações de substâncias e ajustar variáveis sem limitações físicas (Amaral *et al.*, 2011).

A simulação também permite a repetição ilimitada das práticas, promovendo uma compreensão mais aprofundada dos conceitos subjacentes. Isso é particularmente valioso, pois os alunos podem experimentar diferentes estratégias de separação e observar suas consequências sem restrições de tempo ou recursos. O uso do simulador como recurso adicional à aula experimental ou à aula expositiva dialogada enriquece o processo de aprendizagem, oferecendo uma abordagem complementar. Ele proporciona um ambiente virtual que amplia as possibilidades de experimentação, fortalecendo a compreensão teórica e prática dos discentes (Frota; Alves 2000).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 MÉTODO ESCOLHIDO E PÚBLICO-ALVO

Essa pesquisa é de natureza aplicada, possuindo um delineamento exploratório. O desenvolvimento e a elaboração do simulador virtual, utilizando a plataforma Scratch, seguiu como princípio a metodologia da pesquisa-ação, que Thiollent define como:

[...] um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com a ação ou com resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (Thiollent, 2007, p.16).

Essa abordagem metodológica foi escolhida porque se almejou que o simulador virtual fosse elaborado de forma colaborativa com o professor regente das turmas da escola parceira e com base nas necessidades evidenciadas para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de separação de misturas na perspectiva do componente curricular de Industrialização e o Custo Ambiental.

Essa pesquisa foi realizada com duas turmas do 2º ano do Ensino Médio do turno diurno (turmas A e B - nomes fictícios) no Colégio Estadual Professor Jacob Milton Bennemann (JMB), situado na cidade de Feliz (RS). O público-alvo foi composto por alunos com idades entre 16 e 18 anos. A turma A é composta por 15 alunos que geralmente trabalham em grupos durante as atividades e que por vezes se mostram um pouco desinteressados. Já a turma B apresenta 21 alunos com um comportamento mais extrovertido e que se envolvem mais prontamente nas atividades, apesar de se distraírem facilmente.

A utilização do simulador virtual desenvolvido neste trabalho ocorreu no componente curricular de Industrialização e o Custo Ambiental, que faz parte de uma das trilhas do Novo Ensino Médio. Conforme a ementa desse componente curricular, ele visa proporcionar aos estudantes o entendimento e a contextualização dos processos e sistemas produtivos dentro do modelo de desenvolvimento sustentável, além de analisar os impactos ambientais decorrentes de atividades industriais. Seu foco também inclui a identificação e classificação de resíduos resultantes da produção industrial, bem como a proposição de métodos adequados de seu descarte. Um aspecto importante deste itinerário formativo é incentivar os estudantes a aprenderem de forma autônoma e participativa, explorando problemas e situações reais,

buscando desenvolver competências e habilidades de argumentação, pensamento científico, pensamento crítico e criatividade (Rio Grande do Sul, [s.d.]).

4.2 DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR VIRTUAL

Todo o processo de planejamento, criação e testagem do simulador virtual, desenvolvido nesse trabalho, foi realizado em colaboração constante com o professor titular do componente de Industrialização e o Custo Ambiental das turmas A e B do Colégio JMB. Para tanto, foram seguidas as etapas propostas por Gasparotto e Menegassi (2016), que foram ajustadas de acordo com as necessidades específicas deste trabalho:

- 1) Definição do assunto relacionado ao conteúdo de separação de misturas que seria abordado com o simulador virtual por meio de conversa com o professor titular das turmas público-alvo; era necessário levar em consideração que o assunto abordado deveria dar sequência ao que o educador estava trabalhando;
- 2) Definição dos objetivos de aprendizagem que o simulador deveria abranger, bem como a que estudo de caso ele se relacionaria tendo em vista o assunto definido e que se pretende desenvolvê-lo em uma abordagem voltada à CTSA;
- 3) Elaboração de roteiro inicial para o desenvolvimento do simulador: foram criadas as “cenas” que seriam apresentadas no simulador, com a descrição dos pontos principais como o nome da cena, o cenário onde a mesma ocorreria, qual o personagem que apareceria no momento e a interação que o jogador teria na tela;
- 4) Levantamento de referenciais sobre o aplicativo Scratch¹⁴ que funciona em versão *online* e *offline*. O objetivo era adquirir um entendimento mais aprofundado sobre as melhores práticas e conceitos-chave para iniciar o projeto piloto. Entre essas referências consultadas tem-se Souza e Costa (2018), Vieira (2018), tutoriais do YouTube¹⁵ que explicavam os comandos, além dos fóruns da própria comunidade do Scratch¹⁶ onde é possível tirar dúvidas comuns, trocar ideias entre os usuários e receber orientações de especialistas;

¹⁴ <https://scratch.mit.edu/>

¹⁵ https://youtu.be/siZXmwYMy1k?si=T2W0PxsU_3NZ-Bb

¹⁶ <https://scratch.mit.edu/studios/5228690>

- 5) Desenvolvimento da versão piloto do simulador virtual usando o Scratch. Esta ferramenta foi escolhida por ter uma interface mais prática e simples de ser entendida, especialmente por quem não tem conhecimento prévio de programação. Os comandos prontos e com nomes simples tornam a criação dos *scripts* (cenas) mais simples de ser realizada. Além disso, o aplicativo oferece uma diversidade grande de blocos, sendo possível a criação de personagens interativos, cenários personalizados, adição de diálogos, efeitos sonoros e animações;
- 6) Realização de teste piloto em colaboração com alguns professores, de modo a identificar erros, falhas ou lacunas na simulação, bem como coletar *feedbacks* dos docentes sobre sua usabilidade. Esses *feedbacks* foram analisados e utilizados para corrigir *bugs*, realizar adaptações e implementar melhorias no simulador, garantindo sua qualidade e relevância;
- 7) Realização das melhorias sugeridas, seguida de novos testes, para posterior utilização com a turma público-alvo.

Em relação à utilização do simulador desenvolvido e tendo em vista que um dos objetivos específicos deste trabalho se refere a comparar, de forma qualitativa e quantitativa, o engajamento e a compreensão do conteúdo de separação de misturas entre duas turmas de 2º ano do Ensino Médio do Colégio JMB, uma delas fez uso do simulador virtual, contextualizado a partir de uma situação problema, enquanto que a outra turma recebeu um texto com a descrição dessa situação. No entanto, em ambas as turmas o conteúdo foi trabalhado de forma contextualizada por meio de uma sequência didática elaborada à luz da abordagem CTSA (**Apêndice A**).

4.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A coleta e análise dos dados desse trabalho combina as abordagens de caráter qualitativo e quantitativo. O uso do método quantitativo é caracterizado pelas medidas que são padronizadas e sistemáticas, o que pode ocasionar em um grupo de respostas pré-determinadas, objetivando, com isso, facilitar a comparação e a análise de medidas estatísticas de dados (Nascimento, 2016). O método qualitativo por sua vez, seguindo o estudo de Nascimento (2016), é baseado nas informações e fenômenos observados pelo pesquisador, pois é o pesquisador que interpreta os dados, incluindo a descrição de um cenário

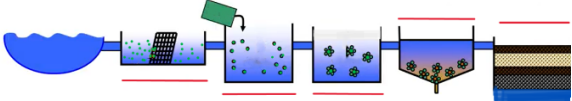
ou de uma pessoa. A escolha destes métodos em conjunto tem como objetivo obter uma visão mais aprofundada dos resultados, ao mesmo tempo que permite uma análise numérica das informações coletadas.

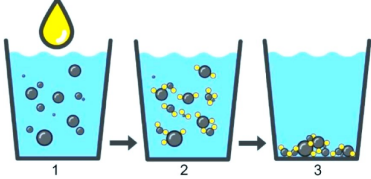
Dessa forma, a coleta dos dados foi realizada por meio de observações das aulas e da aplicação de questionários semi-estruturados, ou seja, pré e pós-teste, para avaliar o conhecimento dos estudantes sobre o conteúdo de separação de misturas (**Quadro 2**). De acordo com Anderson *et al.* (2001), o pré-teste ajuda a identificar lacunas no conhecimento, possíveis equívocos e áreas de maior dificuldade, o que possibilita ajustar o planejamento da intervenção de acordo com as necessidades dos alunos. Já o pós-teste fornece informações sobre os resultados obtidos e ajuda a determinar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados (Stufflebeam, 1983).

Neste sentido, de acordo com a teoria proposta por Crombach (1984), ao se comparar os resultados do pré e pós-teste se consegue compreender/analisar o processo de aprendizagem dos educandos. A diferença entre os resultados do pré e pós-teste demonstra o impacto da intervenção, seja ela um novo método de ensino, um recurso educacional ou uma abordagem específica. Além disso, como as turmas utilizaram recursos didáticos diferentes (uma usou o simulador e a outra usou um texto), a comparação do processo de aprendizagem das turmas permitirá avaliar as potencialidades e lacunas de cada um dos recursos na aprendizagem dos estudantes.

As perguntas dos pré e pós testes foram disponibilizadas por meio de um formulário *online*, que foi respondido individualmente, e de forma anônima, em aula. Os dados coletados por meio dos questionários foram organizados em uma planilha para o seu tratamento e análise. Esta etapa envolveu a separação das respostas dos pré e pós-testes de cada turma e a categorização de informações relevantes que fossem importantes para a análise do estudo. Foram realizadas medidas estatísticas, como cálculo de média e desvio-padrão para cada conjunto de respostas presentes nos questionários.

Quadro 2 - Perguntas existentes no pré e pós-teste e os objetivos de aprendizagem atrelados a elas.

QUESTÃO	OBJETIVO DE APRENDIZAGEM
<p>Quais métodos de separação de misturas você conhece?</p>	<p>Citar métodos de separação de misturas</p>
<p>Diga se a afirmação abaixo é verdadeira ou falsa. A coagulação e a floculação são etapas frequentemente combinadas, mas que têm diferentes funções. Na coagulação, os íons são adicionados para neutralizar cargas, enquanto na floculação agentes químicos são usados para aglomerar partículas.</p>	<p>Compreender a diferença entre coagulação e floculação</p>
<p>Indique a ordem das respectivas etapas indicadas pela linha vermelha na imagem abaixo:</p>  <p>a) Filtração - Floculação - Coagulação - Peneiração - Coagulação b) Peneiração - Coagulação - Floculação - Decantação - Filtração c) Coagulação - Decantação - Filtração - Floculação - Peneiração d) Decantação - Peneiração - Decantação - Filtração - Floculação e) Floculação - Filtração - Peneiração - Coagulação - Decantação</p>	<p>Identificar os processos de separação de misturas envolvidos no tratamento de água por meio de figuras</p>
<p>Selecione corretamente a descrição da separação de misturas com seu respectivo nome: (1) Processo usado para separar partículas sólidas de tamanhos diferentes. (2) Método de separação que se baseia na diferença de densidade. (3) É o processo químico de adição de substâncias, como coagulantes, a um líquido para aglomerar impurezas suspensas. (4) O processo no qual partículas suspensas em um líquido se juntam para formar aglomerados maiores chamados flocos. (5) É um processo de separação no qual um líquido é passado através de um material poroso, para remover partículas sólidas ou impurezas presentes no fluido, deixando passar apenas o líquido. () Decantação () Peneiração () Coagulação () Filtração () Floculação</p>	<p>Relacionar a descrição do conceito com o método de separação de misturas correspondente</p>

QUESTÃO	OBJETIVO DE APRENDIZAGEM
<p>A figura abaixo mostra uma seqüência de etapas na separação de uma mistura. Qual a seqüência correta que representa as etapas ilustradas abaixo?</p>  <p>a) Coagulação - Floculação - Decantação b) Adição de coagulante - Floculação - Coagulação c) Decantação - Floculação - Peneiração d) Adição de Ácido - Coagulação - Floculação e) Floculação - Peneiração - Decantação</p>	<p>Identificar os processos de coagulação, floculação e decantação por meio de figuras</p>
<p>Que fatores podem influenciar no tratamento de efluentes?</p> <p>a) Volume da Água, Cor do Coagulante e a Temperatura da Água. b) Temperatura da Água, Densidade dos Flocos e pH da Água. c) Tipos de Microrganismos, Tamanho dos Tanques e Salinidade da Água. d) Pressão do Ar, Cor da Tubulação e Taxa de Evaporação. e) Umidade do Ar, Volume de Nitrogênio e Densidade dos Flocos.</p>	<p>Indicar os fatores físico-químicos que podem interferir no tratamento de efluentes</p>
<p>Por que os flocos formados na floculação são tão importantes para a decantação?</p> <p>a) Para melhorar o sabor e odor da água tratada. b) Para promover uma correta dispersão dos flocos na água. c) Para garantir uma separação eficiente entre sólidos e líquidos durante a decantação. d) Para facilitar a filtração do efluente. e) Para promover uma correta dispersão dos flocos na água;</p>	<p>Compreender em que consiste o processo de floculação</p>
<p>Por que a ordem dos processos de separação de misturas no tratamento de efluentes é tão importante?</p>	<p>Compreender o porquê da importância da ordem correta dos processos envolvidos no tratamento de efluentes</p>

QUESTÃO	OBJETIVO DE APRENDIZAGEM
<p>Qual é a principal finalidade da filtração no tratamento de água residual (efluente)?</p> <p>a) Remover sólidos dissolvidos. b) Separar partículas sólidas maiores. c) Clarificar o líquido. d) Eliminar micro-organismos patogênicos. e) Eliminar minerais para deixar a água mais pura.</p>	<p>Compreender em que consiste o processo de filtração</p>
<p>O que favorece o processo de decantação?</p> <p>a) Aumento da Temperatura da Água. b) Diminuição da Pressão da Água. c) Diminuição da Temperatura dos Flocos. d) Aumento da Densidade dos Flocos. e) Aumento da Velocidade da Agitação.</p>	<p>Indicar fatores físicos que interferem no processo de decantação</p>
<p>Qual o principal fator que contribui para o coagulante fazer efeito na floculação?</p> <p>a) Temperatura b) Densidade c) Velocidade d) Pressão e) pH</p>	<p>Indicar fatores físico-químicos que afetam o processo de floculação</p>
<p>Diga se a afirmativa abaixo é verdadeira ou falsa: O processo de decantação no tratamento de efluentes remove todas as impurezas sólidas, deixando a água completamente pura e segura para consumo.</p>	<p>Compreender que são necessários processos adicionais à decantação no tratamento de efluentes</p>

Fonte: elaborado pela autora (2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio da pesquisa realizada no presente trabalho. Serão abordados os aspectos relacionados à construção do simulador, bem como a comparação dos resultados obtidos com o simulador em relação aos dados coletados por meio do texto. Além disso, serão avaliadas as hipóteses iniciais do projeto, buscando verificar sua validade diante dos resultados obtidos. Dessa forma, esta seção busca fornecer uma análise abrangente e aprofundada que é fundamental para a compreensão dos resultados e para sua contribuição no contexto do campo de estudo em questão.

5.1 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR VIRTUAL

Conforme indicado no item 4.2 da metodologia, o primeiro passo para a criação do simulador virtual foi definir qual seria o assunto abordado por ele dentro do tema de separação de misturas. Após alguns e-mails e reuniões com o professor regente das turmas que seriam público-alvo, chegou-se à conclusão de que o processo de reciclagem de plásticos era um tópico relevante e desafiador que valeria a pena ser explorado. Isso porque além de abordar conceitos químicos relacionados à separação de misturas, esse assunto também permitiria explorar um problema ambiental que precisa de uma maior sensibilização.

Complementarmente, na cidade de Feliz há uma empresa especializada no ramo de reciclagem de plásticos, mais especificamente de polietileno de baixa densidade (PEBD). Na ideia inicial do projeto, os alunos fariam uma visita técnica nesta indústria, após o uso do simulador virtual, para ver na prática como ocorria todo este processamento, pois esperava-se desenvolver o simulador a partir dos processos básicos envolvidos na reciclagem dos plásticos, inclusive no tratamento dos resíduos gerados pela indústria. A partir disso, foram estabelecidos os objetivos de aprendizagem, o esboço da simulação (**Figura 1**) e a primeira versão do simulador no Scratch.

Figura 1 - Primeiro esboço para a criação das cenas existentes no simulador virtual.

<p>Cena 1: Introdução</p> <p>→ Uma tela de boas-vindas com uma breve explicação sobre a separação de misturas de plásticos</p> <p>Um botão para começar para próxima cena</p>	<p>Cena 2: Tipos de Mistura</p> <p>→ Um animado diferente, com diferentes tipos de mistura envolvendo plásticos, como homogêneos e heterogêneos</p> <p>Os alunos pode clicar nas diferentes misturas para opinar sobre elas.</p> <p>Um botão para começar para outra cena</p>	<p>Cena 3: Métodos de Separação</p> <p>Série apresentando vários métodos de separação de mistura de plásticos, como peneiração, flotação, filtração, decantação...</p> <p>Os alunos pode arrastar e soltar os objetos na área correta para observar o método com a mistura. Um botão de verificação para ver se está correto</p>
<p>Cena 4: Perguntas → fácil</p> <p>Perguntas de múltipla escolha ou verdadeiro e falso sobre conceitos básicos de separação de misturas de plásticos</p> <p>Os alunos devem responder corretamente para a próxima cena.</p>	<p>Cena 5: Perguntas de Nível Médio</p> <p>Perguntas mais desafiadoras sobre o conteúdo</p> <p>Os alunos devem acertar para seguir de Nível</p>	<p>Cena 6: Perguntas de Nível Avançado</p> <p>Perguntas que exigem um conhecimento mais sobre o tema</p> <p>Os alunos recebem feedbacks sem dicas e terão mais tentativas para responder</p>
<p>Cena 7: Conclusão</p> <p>Uma mensagem de parabéns pela conclusão e uma recapitulação dos principais conceitos aprendidos</p> <p>Um botão para voltar os níveis e revisar o app se desejar</p>	<p>Exemplos de Cenários:</p> <p>→ reseta seletiva: mostrar uma área de coleta seletiva de resíduos, onde os alunos ajudam a separar os diferentes plásticos</p> <p>→ fábrica de reciclagem: onde os alunos aprendem sobre diferentes tipos de plásticos recicláveis e os métodos de separação</p>	<p>Exemplos de personagens:</p> <p>→ Estudante aventureiro: um estudante amigável e curioso que interage com o jogador, fazendo perguntas e respondendo perguntas</p> <p>→ Operador de repart: um personagem responsável um plástico que pode dar informações adicionais ou curiosidades sobre plásticos</p> <p>→ professor</p> <p>→ misturas de plásticos como soce ou gongora</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No entanto, após o desenvolvimento dessa primeira versão, foi marcada uma reunião para apresentar o simulador à orientadora deste trabalho e ao professor titular do componente de Industrialização e o Custo Ambiental do Colégio JMB. Essa apresentação permitiu que ambos avaliassem o progresso do projeto e propusessem modificações. Durante a reunião, os dois educadores mostraram preocupação de que o simulador poderia se tornar muito extenso e exaustivo para os alunos. Reconheceram também que a turma tinha um perfil agitado e que algo muito longo poderia ser muito desafiador para a concentração dos mesmos.

Diante dessa consideração, chegou-se à conclusão de que seria mais apropriado que o simulador focasse em alguma etapa ou processo específico. Além disso, o professor do Colégio JMB informou que não seria mais possível realizar a visita técnica que se pretendia que fosse complementar ao uso do simulador. A partir disso, foi escolhido focar no processo de tratamento da água residual (efluente) que é gerada no processo de reciclagem do plástico nessa empresa. Essa água é tratada em uma estação de tratamento presente nessa indústria; parte dela retorna ao processo produtivo e parte é descartada no Rio Cai.

O simulador virtual foi então elaborado no sentido de possibilitar aos estudantes “auxiliar” uma funcionária da empresa a realizar as etapas desse tratamento, escolhendo os melhores equipamentos, reagentes e técnicas a serem empregadas no processo. Dessa forma, a simulação teria um foco mais acentuado nos métodos de separação de misturas como: peneiração, coagulação, floculação, decantação e filtração.

Também é importante frisar que a ideia inicial de contar uma história ao longo do simulador (parecido com o que ocorre nas simulações do LabVirt) foi substituída por uma abordagem mais interativa, na qual os estudantes teriam a possibilidade de tomar suas próprias decisões e de se envolver diretamente com o simulador, tornando a experiência mais semelhante ao PhET. Com base nesse redirecionamento, começou-se a trabalhar na nova proposta aproveitando parte do que já tinha sido desenvolvido no projeto inicial, economizando tempo e recursos que já haviam sido criados, adaptando-os à nova estratégia.

Essa mudança de foco para o simulador exigiu a modificação dos objetivos de aprendizagem relacionados ao uso dessa TDIC, que foram definidos como:

- Identificar e aplicar os métodos de separação de misturas utilizados durante o tratamento de águas residuais (efluentes);
- Analisar e tomar decisões sobre as ações necessárias para garantir a eficiência do processo de tratamento de águas residuais (efluentes);
- Reconhecer a importância do tratamento de efluentes para a preservação do meio ambiente.

Tendo em vista que a contextualização inicial a respeito da reciclagem dos plásticos foi retirada do simulador, optou-se pela elaboração de uma sequência didática que teria esse assunto como tema gerador e que seria aplicada nas duas turmas de 2º ano do Ensino Médio que são público-alvo dessa pesquisa. A sequência didática elaborada envolveu quatro aulas de 50 minutos em cada turma, cujo planejamento pode ser verificado no **Apêndice A**, e abordou os seguintes tópicos:

- Aula 1 = aplicação do pré-teste e aula expositiva-dialogada sobre a Reciclagem de Plásticos, utilizando indústria local como estudo de caso (igual para ambas as turmas);
- Aula 2 = aula expositiva-dialogada sobre Tratamento de Efluentes e os Métodos de Separação de Misturas, com aplicação de jogo de bingo (igual para ambas as turmas);
- Aula 3 = utilização do Simulador virtual (turma B) ou de Texto (turma A) sobre os Métodos de Separação de Misturas envolvidos no processo de tratamento de água residual (efluentes) empregados na indústria local;

- Aula 4 = aplicação do pós-teste e atividade experimental de montagem de uma mini-estação de tratamento de água (igual para ambas as turmas).

A versão final do simulador virtual desenvolvido pode ser acessada no seguinte endereço: <https://scratch.mit.edu/projects/928391587>. De um modo geral, a simulação foi estruturada em cinco momentos baseados no contexto do Tratamento de Efluentes, que são eles: peneiração, coagulação, floculação, decantação e filtração. Em cada uma dessas etapas, os estudantes são desafiados a tomar decisões para solucionar os problemas propostos e passar por todas as etapas de separação de misturas.

No primeiro momento, na peneiração (**Figura 2**), os estudantes precisam escolher entre três tipos de peneiras, com aberturas de malhas diferentes, ou seja, com capacidade de reter diferentes tamanhos de partículas. Essa etapa visa promover a compreensão da seleção adequada de equipamentos para a remoção de impurezas sólidas no começo do processo.

Figura 2 - Escolha da peneira apropriada para a peneiração.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após a escolha certa da peneira, passa-se para a coagulação, em que a complexidade é um pouco mais elevada, porque os alunos precisam escolher um dos cinco coagulantes apresentados (**Figura 3**). Os estudantes são desafiados a analisar e refletir qual desses produtos químicos é mais eficaz no contexto da simulação. Para tal, os mesmos podem ainda clicar em cima do coagulante para obter algumas informações sobre ele, como custo, impacto ambiental e eficiência na formação dos flocos (**Figura 4**); por meio desses critérios, julgam qual o melhor em suas perspectivas.

Figura 3 - Escolha do coagulante.

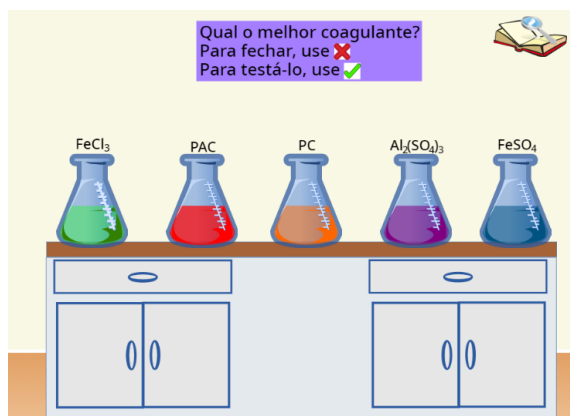
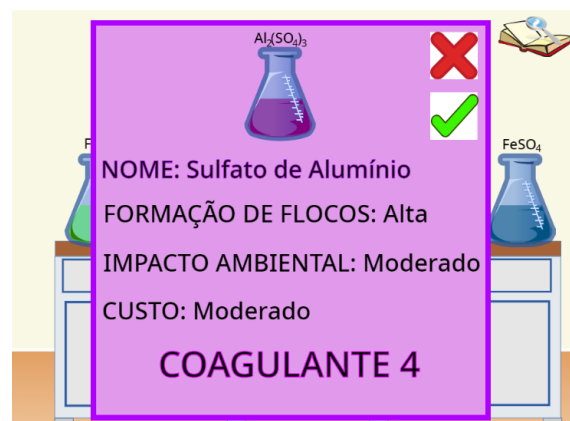


Figura 4 - Critérios de avaliação.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A etapa seguinte, que é a floculação, permite que os discentes observem os flocos se formando sob uma lupa, por meio de uma ótica microscópica. Entretanto, para que isso ocorra, os mesmos devem ajustar o pH da água, destacando a importância da condição química para a eficácia da floculação e só quando o mesmo estiver adequado é que os flocos se juntam em partículas maiores. Para isso, foram postas como forma de auxílio duas tabelas de pH que podem ser consultadas. Uma delas indica a acidez e basicidade conforme o valor do pH (**Figura 5**) e a outra apresenta desenhos que relacionam o pH com alguma substância/produto existente em seu cotidiano (**Figura 6**).

Figura 5 - Escala de pH.

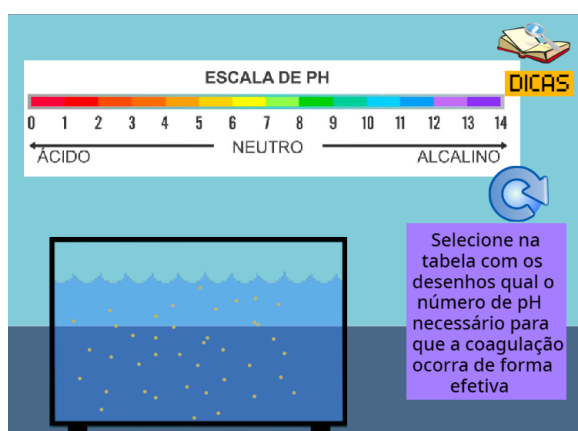
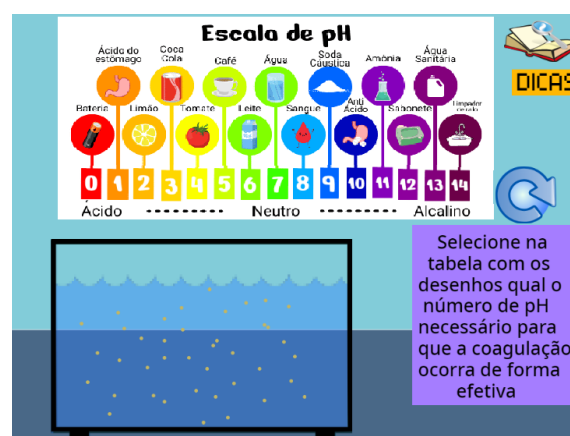


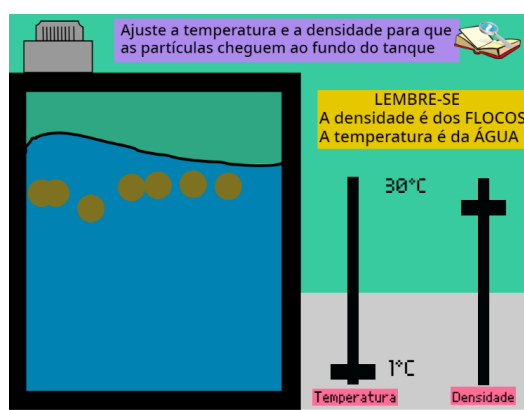
Figura 6 - pH de itens do cotidiano.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Posteriormente, na decantação (**Figura 7**), os alunos são desafiados a manipular duas variáveis que impactam diretamente este processo: a densidade dos flocos e a temperatura da água. Flocos mais densos decantarão de forma mais eficiente. Já em relação à temperatura da água, quanto menor for esse parâmetro, menor será a agitação das moléculas, o que facilitará a decantação dos flocos. É importante frisar que, na vida real, a densidade dos flocos pode ser manipulada por meio do processo de coagulação; já a temperatura não é um parâmetro controlado durante o tratamento de água.

Figura 7 - Etapa de decantação.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na última etapa do tratamento, há o processo de filtração. Nesta etapa, os estudantes enfrentam o desafio de montar um filtro na ordem correta utilizando os seguintes materiais: areia, pedras, carvão ativado e algodão (**Figura 8**). Quando o filtro é montado na ordem correta, obtém-se ao final uma água transparente e, caso o filtro esteja incorreto, o mesmo entope ou a água se mantém suja (**Figura 9**).

Figura 8 - Etapa da filtração.



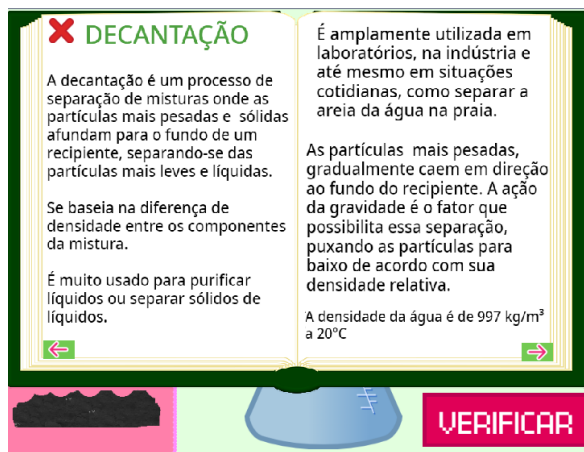
Figura 9 - Filtro montado errado.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Vale ressaltar ainda que durante toda a simulação, os alunos têm acesso a uma biblioteca virtual (**Figura 10**) dentro do simulador, contendo explicações detalhadas sobre cada processo e informações adicionais que podem lhes ser úteis durante a jornada.

Figura 10 - Uma das páginas da biblioteca virtual do simulador.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Além disso, em etapas com limitação de tentativas como a da filtração e floculação, os mesmos possuem um botão contendo algumas dicas estratégicas para orientar suas decisões, proporcionando uma experiência de aprendizado mais dinâmica e interativa. Para auxiliar no uso do simulador, também foi desenvolvida uma folha-guia com instruções, que pode ser visualizada no **Apêndice B**.

5.2 UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR VIRTUAL E DO TEXTO

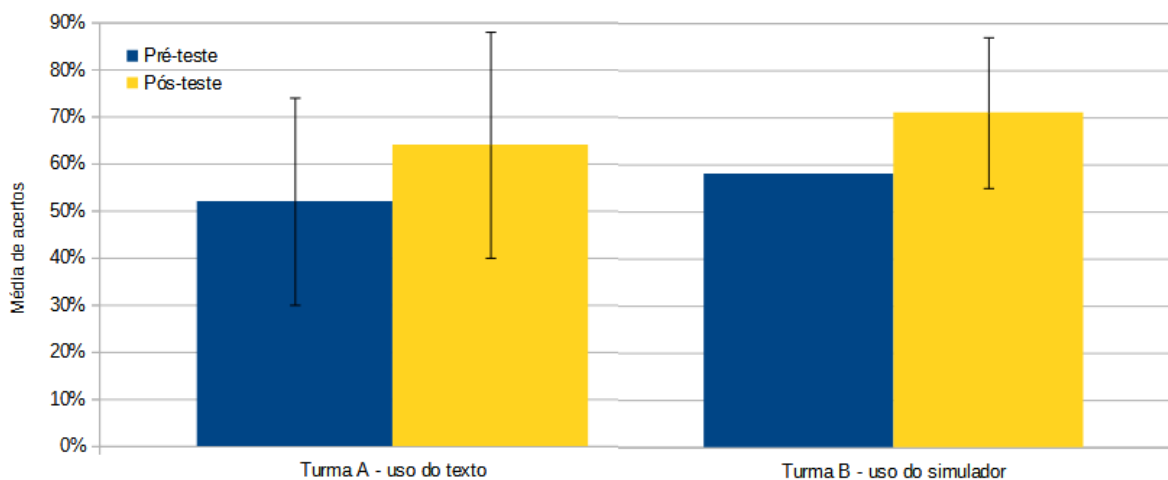
Como mencionado no item 4.2 da metodologia, foi desenvolvida e aplicada uma sequência didática igual para ambas as turmas somente com uma diferença: uma turma fez uso de um texto sobre o tema de Tratamento de Efluentes (turma A), enquanto a outra utilizou o simulador virtual desenvolvido nesse trabalho para abordar o mesmo tópico (turma B). A partir disso, o **Quadro 3** e a **Figura 11** apresentam os principais resultados provenientes dos pré e pós-testes aplicados em ambas as turmas para análise.

Quadro 3 - Percentual de estudantes de cada turma que desenvolveu habilidades relacionadas ao conteúdo de tratamento de água residual (efluente) ou, em outras palavras, respondeu de forma correta a questão relacionada a cada habilidade.

Habilidade	Turma A - uso do texto		Turma B - uso do simulador	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
1. Citar métodos de separação de misturas	83%	88%	84%	97%
2. Compreender a diferença entre coagulação e floculação	93%	82%	95%	95%
3. Identificar os processos de separação de misturas envolvidos no tratamento de água por meio de figuras	53%	82%	55%	80%
4. Relacionar a descrição do conceito com o método de separação de misturas correspondente	63%	76%	61%	60%
5. Identificar os processos de coagulação, floculação e decantação por meio de figuras	33%	55%	23%	55%
6. Indicar os fatores físico-químicos que podem interferir no tratamento de efluentes	53%	82%	64%	80%
7. Compreender em que consiste o processo de floculação	40%	45%	68%	60%
8. Compreender o porquê da importância da ordem correta dos processos envolvidos no tratamento de efluentes	33%	64%	50%	70%
9. Compreender em que consiste o processo de filtração	20%	0%	32%	50%
10. Indicar fatores físicos que interferem no processo de decantação	47%	73%	45%	55%
11. Indicar fatores físico-químicos que afetam o processo de floculação	33%	64%	55%	65%
12. Compreender que são necessários processos adicionais à decantação no tratamento de efluentes	73%	64%	59%	80%

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 11 - Comparação entre a média de acertos de cada uma das turmas no pré e pós teste.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

Comparando-se a média de acertos e seu desvio-padrão em relação ao pré e pós-testes, para ambas as turmas (**Figura 11**), verificou-se que tanto o uso do texto, na Turma A, como o uso do simulador virtual, na Turma B, possibilitaram um aumento na quantidade de acertos das questões sobre separação de misturas aplicado ao tratamento de águas residuais (efluentes). Em um estudo de Francisco Júnior e Garcia Júnior (2010), foi demonstrado que as abordagens textuais promovem uma melhor compreensão sobre as temáticas mais conceituais, corroborando com o que foi visto na Turma A que teve uma melhora em seus acertos.

Por outro lado, um estudo de Silva *et al.* (2016) sugere que as abordagens consideradas mais práticas, como o uso de simuladores, são particularmente eficazes em ambientes de ensino orientados para a aplicação, como no caso da Turma B. Dessa forma, é possível considerar que ambos os recursos didáticos foram capazes de auxiliar na aprendizagem dos estudantes. Os itens a seguir apresentarão as potencialidades e as lacunas relacionadas ao uso do simulador com base nos resultados obtidos.

5.2.1 Potencialidades do uso do simulador virtual

Foi possível verificar que a turma em que foi aplicado o simulador virtual (turma B) teve uma maior homogeneidade nas respostas do pós-teste quando comparado ao pós-teste da outra turma, evidenciado pelo menor desvio-padrão em relação à média de acertos das turmas (**Figura 11**). Ou seja, o uso do simulador virtual parece ter proporcionado uma experiência que permitiu que a maior parte dos estudantes da turma, independentemente de seus

conhecimentos prévios, pudesse avançar em seu processo de aprendizagem. Dessa forma, é importante destacar o impacto do simulador na igualdade de oportunidades de aprendizado.

Além disso, considerando-se apenas os resultados obtidos para a Turma B, que utilizou o simulador virtual desenvolvido neste trabalho (**Quadro 3**), foi possível verificar uma melhora na quantidade de acertos, comparando-se o pré e o pós-teste, em nove das doze questões presentes no formulário *online*. Em duas das questões não houve alteração considerável e em apenas uma delas houve uma diminuição no número de acertos do pré-teste comparado ao pós-teste.

O simulador virtual permitiu que os estudantes da Turma B interagissem com os processos de tratamento de efluentes, o que pode ter levado a uma compreensão mais ampla do assunto. Isso foi evidenciado, principalmente, durante o experimento realizado em aula posterior ao uso do simulador que consistiu na elaboração de uma mini-estação de tratamento de efluentes. Vale ressaltar que, ao discutir oralmente algumas das questões nas quais os estudantes responderam incorretamente nos questionários, eles foram capazes de articular as respostas corretas quando solicitados a explicá-las novamente. Isso sugere que a dificuldade possivelmente não estava relacionada à falta de conhecimento, mas sim a fatores como a percepção de tédio durante o teste, distrações provocadas pelas perguntas ou uma ânsia de concluir rapidamente a atividade.

Quando os alunos da Turma B fizeram a experiência prática de peneiração, coagulação, floculação, decantação e filtração, eles demonstraram um nível mais elevado de preparação e confiança. Isso pode ter sido consequência do que viram no simulador, pois o mesmo lhes permitiu visualizar e compreender como cada etapa do processo ocorreria visualmente na realidade. Assim, pode-se considerar que eles já possuíam uma noção do que veriam, pela exposição visual e interativa proporcionada pela ferramenta. Eles sabiam o que esperar em cada etapa do processo e como montar o filtro corretamente, economizando tempo e propiciando um momento mais prático e eficiente.

Por outro lado, os alunos da Turma A, que usaram o texto na abordagem, enfrentaram desafios adicionais durante a experimentação. Isso porque os mesmos não tiveram a mesma exposição visual e interativa ao processo, o que resultou em incertezas sobre como realizar cada etapa e como montar o filtro corretamente. Essa diferença destaca a vantagem que o uso do simulador proporcionou aos alunos da Turma B, que não apenas construíram conhecimento teórico, mas também tiveram a oportunidade de aplicá-lo de forma prática com maior eficiência posteriormente.

Os resultados referentes à habilidade de "Compreender que são necessários processos adicionais à decantação no tratamento de efluentes" (habilidade 12), apresentado no **Quadro 3**, merece destaque. Em relação à Turma A, que fez uso do texto, verificou-se uma diminuição na quantidade de acertos no pós-teste comparado ao pré-teste. Essa diminuição pode sugerir que talvez no texto não tenha sido dada tanta ênfase neste quesito e, portanto, a questão envolveria a necessidade de interpretação, o que é um desafio maior, visto que os alunos dessa turma já mencionaram que apresentam dificuldades na interpretação de textos o que pode também ser atribuído aos demais decréscimos vistos em algumas das questões.

Tendo em vista esta perspectiva, pode-se pensar que o uso de abordagens puramente textuais tendem a ter limitações na promoção de uma compreensão profunda de conceitos que podem ser considerados mais difíceis e abstratos, uma vez que os alunos podem não se envolver ativamente com o conteúdo pois só leem e não conseguem imaginar tal processo ocorrendo na prática. Dessa forma, os resultados obtidos em relação a essa questão na Turma A pode estar relacionada a uma abordagem mais passiva de aprendizado, em que os alunos aprendem e não interagem tanto com o conteúdo.

Por outro lado, na Turma B, que utilizou o simulador virtual, a quantidade de acertos passou de 59 %, no pré-teste, para 80 %, no pós-teste, em relação a essa mesma habilidade. Uma das possíveis razões para tal mudança é que o simulador oferece aos alunos a oportunidade de manipular variáveis e experimentar diferentes cenários, o que pode ter contribuído para uma compreensão mais profunda dos processos adicionais ao da decantação, além de que, visualmente, era possível verificar que os efluentes ainda passavam por outro processo após a decantação.

A influência dos estímulos visuais na aprendizagem também pode ser verificada em relação à habilidade 5 de "Identificar os processos de coagulação, floculação e decantação por meio de figuras". Verificou-se que a Turma B, que fez uso do simulador, apresentou um maior aumento no número de acertos do pré ao pós-teste quando comparado à Turma A, que utilizou o texto e que para realizar tal diferenciação precisaria de maior abstração dos conceitos.

É importante salientar que a abordagem mais conceitual do texto pode ter apresentado desafios na compreensão dos processos citados especialmente quando comparada à experiência visual oferecida pelo simulador. Estudos na área, como os de Marson e Torres (2011), destacam que a compreensão de fenômenos complexos, como os processos mencionados, beneficia-se da combinação de elementos teóricos e visuais. O texto, ao trazer a parte mais teórica e conceitual desses métodos de separação pode ter exigido dos alunos uma habilidade de imaginação para formular esses métodos.

Já o simulador, como apontam alguns estudos de Oliveira (2009), proporcionou uma compreensão melhor da diferença dos dois métodos justamente por trazer as representações visuais. O autor ainda fala que: “toda imagem pode ser considerada um texto; e esta é uma reflexão sobre a significação de textos não verbais. trata-se de verificar “o que” dizem as imagens, neste caso uma imagem visual, e ainda, de tentar mostrar “como” ela fala” (Oliveira, 2009, p. 89). Sob a ótica da teoria da aprendizagem multimídia, conforme discutida por Paivio (2014), espera-se que a combinação desses elementos visuais (simulador) e conceituais (texto) pode otimizar ainda mais o estudo dos discentes.

Outra habilidade que merece destaque refere-se a “Compreender em que consiste o processo de filtração” (habilidade 9). A Turma A, que fez uso do texto, teve um baixo desempenho no pré-teste, chegando a apenas 20 % de acertos. Surpreendentemente, no pós-teste, observou-se uma queda acentuada nas taxas de acertos, chegando a 0 %. Uma justificativa para isso pode ser o fato de que, mesmo vivenciando o processo de ensino ao longo da sequência didática, os estudantes demonstraram uma tendência a confundir os termos "peneiração" e "filtração". Essa confusão destaca a importância da revisão e reconstrução contínua dos conceitos e que a confusão inicial entre "peneiração" e "filtração" já mostra alguns dos obstáculos desta aprendizagem, indicando que se faz necessárias outras estratégias que consigam superar essas barreiras conceituais.

Na Turma B, que utilizou o simulador, em contrapartida, observou-se um aumento nas taxas de acertos em relação à essa habilidade, indo de 32 % no pré-teste para 50 % no pós-teste. Isso sugere que a abordagem prática e interativa da ferramenta facilitou a compreensão do processo de filtração, até mesmo porque com o simulador os alunos puderam montar virtualmente o filtro para tal processo, o que apenas com o texto não era possível e requereria, novamente, maior abstração por parte dos estudantes da Turma A.

5.2.2 Lacunas no uso do simulador virtual

Pode-se verificar que as três questões que não apresentaram aumento no número de acertos no pós-teste em relação ao pré-teste, em relação à Turma B (que utilizou o simulador virtual) envolviam habilidades de relacionar a descrição do conceito com o método de separação de misturas correspondente, bem como de compreender em que consistia o processo de floculação e sua diferença em relação ao processo de coagulação. Comparando-se o comportamento da Turma A, que usou o texto, em relação a essas três questões, verificou-se

que essa turma teve um comportamento oposto, revelado por um aumento na quantidade de acertos.

Para entender esse resultado, pode-se fazer relação com a Teoria da Aprendizagem Multimídia, criada pelo estudioso Mayer (2001), que se baseia na ideia de que existem três tipos de armazenamento na memória (sensorial, de trabalho e longo prazo) onde as pessoas possuem canais separados para processar materiais verbais e visuais. Essa teoria destaca em um dos seus pontos que os textos que são apresentados de forma organizada e clara podem facilitar a compreensão e o processamento conceitual dos alunos. Nesta perspectiva, portanto, pode-se inferir que o texto forneceu uma estrutura que auxiliou melhor os alunos a recordar os conceitos relacionados a cada método de separação de misturas. No simulador virtual, as informações mais conceituais apresentavam-se nas caixas de ajuda e na biblioteca virtual, que os estudantes podem não ter acessado de forma efetiva ao longo do uso do simulador.

O texto oferece uma abordagem mais conceitual e teórica, focando na compreensão dos princípios teóricos dos métodos de separação de misturas. Por outro lado, o simulador é mais interativo e prático, em que os alunos manipulavam variáveis e observavam processos em tempo real, mas sem tanta ênfase nos conceitos teóricos. Assim, com o uso do simulador, os alunos parecem ter desenvolvido habilidades práticas de forma mais efetiva do que os conceitos teóricos.

Neste sentido, pode-se fazer referência à teoria da dualidade do cérebro de Sperry (1968), que sugere que nosso cérebro tem duas formas diferentes de processar informações: uma mais verbal e analítica, e outra mais visual, dependendo de qual hemisfério do cérebro está sendo ativado. Ainda nesta linha, autores como Gardner (1994), que é muito conhecido pela sua teoria das inteligências múltiplas, argumentam que existem diferentes tipos de inteligências, incluindo a linguística, que é muito estimulada quando se faz uso de textos. Dessa forma, no contexto desse estudo e com base nos resultados obtidos, os alunos parecem se beneficiar mais do uso de textos em situações em que as perguntas apresentam-se de forma mais teórica e conceitual.

Ao se analisar os resultados obtidos para a habilidade de “Indicar que fatores físicos interferem no processo de decantação”, presente no **Quadro 3**, o resultado é interessante. Apesar de ter ocorrido um aumento no número de acertos para ambas as turmas comparando-se o pré e pós-testes, verificou-se que a Turma A, que usou o texto, apresentou um aumento maior de acertos comparado à Turma B, que usou o simulador. Dessa forma, os dados sugerem que, embora o simulador tenha proporcionado uma experiência prática de

aprendizado em que os alunos puderam manipular as variáveis de densidade dos flocos e temperatura da água durante a interação, o mesmo não foi tão eficiente para a aprendizagem quanto a abordagem textual.

No texto usado pela Turma A, a informação de quais fatores que mais influenciavam no processo de decantação estava bem explícita. Já no uso do simulador, apesar de os alunos conseguirem manipular os dois parâmetros, muitos se confundiram com outros aspectos que ocorriam visualmente e que no texto não teriam como ter essa percepção. Por exemplo, muitos alunos marcaram opções que continham a cor dos flocos e a velocidade dos flocos como fatores interferentes do processo, entretanto eram somente consequências de suas escolhas a partir da densidade e temperatura reguladas. Dependendo como ajustassem a temperatura da água e a densidade dos flocos, os mesmos ficavam com uma cor mais escura para enfatizar que ficavam mais densos e dependendo da temperatura e da densidade a velocidade com que as partículas desciam também mudava. Essas alterações visuais parecem ter confundido os estudantes sobre quais os dois principais parâmetros que interferem neste processo de separação de misturas.

5.3 MELHORIAS POSSÍVEIS NO SIMULADOR VIRTUAL

Uma das possibilidades de melhoria no simulador virtual é a implementação de um menu intuitivo, reunindo os diversos processos de separação em uma aba. Isso não apenas simplificaria a navegação, mas também permitiria que os alunos selecionassem e revisitassem processos específicos sem a necessidade de percorrer novamente todo o conteúdo proposto na ferramenta, focando apenas naquilo que gostariam de ver novamente. Outro ponto a ser avaliado é a integração de recursos multimídia, como vídeos explicativos, acréscimos de amostras reais e animações na biblioteca virtual presente dentro do simulador para enriquecer a experiência visual e conceitual. A visualização dinâmica de conceitos complexos pode contribuir para uma compreensão mais holística e estimulante. Essa abordagem busca atender à diversidade de estilos de aprendizagem, enriquecendo o conteúdo apresentado na ferramenta.

Além disso, a implementação de ferramentas de avaliação (diagnóstica ou formativa) diretamente no simulador também pode ser realizada para proporcionar um acompanhamento

mais preciso do progresso dos alunos. Conforme Libâneo (1994, p.195), a avaliação é compreendida como uma responsabilidade didática indispensável para a prática docente, devendo acompanhar de perto o desenrolar do processo de ensino e aprendizagem. Ele destaca que a avaliação consiste em uma análise da qualidade do desempenho escolar, tanto por parte do professor quanto dos alunos. O ato de avaliar, segundo o autor, envolve a coleta de dados para a implementação de novos métodos de ensino, desempenhando funções pedagógicas e didáticas de diagnóstico e controle, nas quais se recorre à avaliação para verificar a aprendizagem. Na visão do autor, a avaliação diagnóstica, portanto, assume papel fundamental como uma ferramenta essencial para que os docentes possam direcionar os resultados positivos de seus estudantes. Essa abordagem visa personalizar o processo de aprendizado, identificando áreas de dificuldade e adaptando o conteúdo de acordo com as necessidades individuais.

A avaliação diagnóstica poderia ser empregada no início do uso do simulador, fornecendo uma avaliação inicial do conhecimento prévio dos estudantes sobre os conceitos de separação de misturas. Isso permitiria identificar lacunas de compreensão e personalizar as simulações com base nas necessidades específicas de cada um desde o início. Por exemplo, se um aluno demonstrasse um entendimento sólido de um método de separação, o simulador poderia adaptar o foco, oferecendo desafios mais avançados ou explorando outras técnicas.

Já a avaliação formativa poderia ser incorporada ao longo do processo de aprendizado. Essas avaliações contínuas permitiriam monitorar o progresso dos discentes em tempo real, identificando áreas de dificuldade à medida que surgem. O simulador poderia, então, ajustar dinamicamente o conteúdo, fornecendo explicações adicionais, simulações específicas ou até mesmo sugestões para atividades práticas relacionadas. Essa abordagem adaptativa visaria criar uma experiência de aprendizado mais personalizada, focada em superar desafios específicos enfrentados por cada um. Dessa forma, ao integrar ferramentas de avaliação diretamente no simulador, busca-se não apenas oferecer uma experiência prática e interativa, mas também fornecer um ambiente educacional mais dinâmico e adaptável, atendendo às necessidades individuais de aprendizado.

Ainda, o simulador poderia ser explorado de maneiras adicionais para promover a interação entre os discentes. A criação de fóruns de discussão ou a implementação de atividades colaborativas diretamente no ambiente do simulador poderia ser uma proposta valiosa para fomentar o compartilhamento de ideias e a construção coletiva de conhecimento. Essa abordagem colaborativa teria o intuito de criar um espaço virtual onde os alunos pudessem debater conceitos, compartilhar descobertas e colaborar na resolução de desafios

propostos pelo simulador. A interação entre os estudantes não apenas promoveria um ambiente mais dinâmico e participativo, mas também incentivaria o pensamento crítico, a troca de experiências e a construção conjunta do entendimento sobre os processos de separação de misturas.

Por fim, não pode ser deixado de lado que se ressalta a importância de estabelecer um plano para atualizações regulares da ferramenta, pois ao incorporar avanços na área, *feedback* dos usuários e melhorias tecnológicas se assegura que o mesmo permaneça relevante e eficaz ao longo do tempo. Esse compromisso com a evolução contínua visa contribuir de maneira consistente para o processo de ensino e de aprendizagem, acompanhando as transformações no campo educacional e nas demandas dos alunos. Essas observações são valiosas para futuras atualizações e aperfeiçoamentos, fazendo com que ele se torne ainda mais eficiente como ferramenta educacional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que o objetivo principal desse trabalho era desenvolver e utilizar um recurso didático digital, mais especificamente um simulador virtual, para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de separação de misturas, no Ensino Médio, contextualizado em uma abordagem CTSA, é possível concluir que ele foi alcançado. Por meio dessa pesquisa, foi possível desenvolver uma simulação virtual voltada aos processos de tratamento de águas residuais (efluentes) inspirada nos processos reais que são realizados em uma indústria local que realiza a reciclagem de plásticos.

Especificamente à etapa de desenvolvimento do simulador usando o Scratch, são importantes algumas reflexões. Apesar de a plataforma escolhida para o desenvolvimento do simulador ser acessível e intuitiva, contando com recursos pré-programados e interfaces amigáveis, é importante mencionar que o desenvolvimento do simulador foi desafiador, pois exigiu uma pesquisa sobre referenciais de comandos, além de algumas orientações.

A criação de um simulador envolve a compreensão da lógica de programação por trás das ferramentas utilizadas na plataforma, mesmo que simplificadas. É necessário entender os princípios básicos de como as funcionalidades são implementadas e como elas podem ser adaptadas para alcançar o objetivo pretendido.

Após a utilização do simulador pelos educandos e considerando a avaliação dos resultados, é possível concluir que as adaptações realizadas com base nos *feedbacks* dos professores se mostraram válidas. Essas adaptações permitiram que o simulador fosse ajustado de acordo com as necessidades específicas da turma, levando em consideração seu perfil e características. No entanto, ao longo do processo de sua utilização também foram identificados pontos que poderiam ser melhorados no simulador.

Também é importante salientar que os discentes possuem tempo e ritmo distintos em seus processos de aprendizagem para reter e assimilar informações. A diversidade desses estilos reflete-se na variedade de abordagens que os professores podem adotar para atender às diferentes necessidades de suas turmas. Essas diferenças pelas preferências entre um método e outro podem ser ilustradas e evidenciadas neste trabalho por meio das habilidades propostas.

As habilidades consideradas mais teóricas, como: "Relacionar o conceito com o método" e "Identificar fatores que interferem no tratamento de efluentes" demonstraram um melhor desempenho quando o texto foi adotado como recurso didático. Por outro lado, as habilidades que requerem uma compreensão mais prática e visual, como: "Identificar os processos de coagulação, floculação e decantação por meio de figuras" e "Compreender em

que consiste o processo de filtração” foram desenvolvidas de forma mais eficaz na turma que fez uso do simulador.

Sendo assim, conclui-se que a adoção de distintas abordagens pedagógicas e recursos didáticos, tais como textos, simulações, vídeos, experimentos pode auxiliar na viabilização do processo de aprendizagem, assegurando a universalidade de oportunidades educacionais. Nesse sentido, a integração do texto e do simulador revela-se não como uma dicotomia, mas sim como uma complementaridade estratégica.

Essas ferramentas, embora distintas, possuem a capacidade de se complementarem, uma vez que cada uma delas se destaca no estímulo de habilidades cognitivas específicas. Enquanto o texto propicia uma abordagem mais teórica, fomentando a análise crítica e a conexão conceitual, o simulador se destaca ao proporcionar uma compreensão prática e visual, promovendo a aplicação dos conhecimentos em contextos simulados. Dessa forma, ao reconhecer as diferentes dimensões das habilidades cognitivas exigidas, percebe-se que a utilização conjunta dessas ferramentas enriquece o processo de aprendizagem, oferecendo aos alunos uma experiência mais abrangente e integradora.

É importante ressaltar que a construção desse recurso digital se deu em colaboração com o professor da escola parceira, levando em consideração o perfil dos alunos e os objetivos de aprendizagem que se entrelaçaram nessa proposta. Essa parceria entre a instituição de ensino superior e a escola de educação básica buscou garantir que o recurso desenvolvido estivesse adequado às necessidades e realidade dos estudantes. Dessa forma, o ponto alto desta pesquisa foi justamente a interação e o compartilhamento de diferentes saberes.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. M. H. et al. Laboratório virtual de aprendizagem: uma proposta taxonômica. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, 2011.
- ANDERSON, L. W. et al. (Ed.). **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. Nova Iorque: Longman, 2001.
- ATKINS, P; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- BEHERENS, M. A. Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente. In: MORAN, J. M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 17. ed. Campinas: Papirus, 2010. p. 67 -132.
- CROMBACH, L. J. **Essentials of psychological testing**. 4. ed. Nova Iorque: Harper & Row, 1984.
- COLL, C.; MAURI, T.; ONRUBIA, J. A incorporação das tecnologias de informação e comunicação na educação: do projeto técnico-pedagógico às práticas de uso. In: COLL, C.; MONEREO, C. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e educação**. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 66-93.
- COSTA, M. da. Simulações computacionais no ensino de física: revisão sistemática de publicações da área de ensino. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE, 13., 2017, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 2017. p. 7531-7544.
- FAGUNDES, S. M. K. et al. Produções em educação em ciências sob a perspectiva CTS/CTSA. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2009.
- FERREIRA, V. F. As tecnologias interativas no Ensino. **Química Nova**, v. 21, n. 6, p. 685-816, 1998.
- FRANCISCO JÚNIOR, W. E.; GARCIA JÚNIOR, O. Leitura em sala de aula: um caso envolvendo o funcionamento da ciência. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 191-199, 2010.

- FRÓES, J. R. M. **Educação e informática: a relação homem/máquina e a questão da cognição**. 2009. Disponível em: https://edu3051.pbworks.com/f/foes+cognicao_aula2.PDF. Acesso em: 18 nov. 2023.
- FROTA, P. R. O.; ALVES, V. C. **Conversando com quem ensina, mas pretende ensinar diferente**. Florianópolis: Metrópole, 2000.
- GARDNER, H. **Estruturas da mente: a Teoria das Inteligências Múltiplas**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994;
- GASPAROTTO, D. M.; MENEGASSI, R. J. Aspectos da pesquisa colaborativa na formação docente. **Perspectiva**, v. 34, n. 3, p. 948-973, 2016.
- JUCÁ, S. C. S. A relevância dos softwares educativos na Educação Profissional. **Revista Ciências e Cognição**, v. 8, p. 22-28, 2006.
- KENSKI, V. M. **Tecnologias e Ensino Presencial e a Distância**. 9 ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.
- _____. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 2003.
- LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 2 ed. São Paulo: Cortez. 1994.
- LEMBO, A. **Química: realidade e contexto**. São Paulo: Ática, 2000.
- LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2005. p. 172.
- MARSON, G. A.; TORRES, B. B. Fostering multirepresentational levels of chemical concepts: a framework to develop educational software. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 12, p. 1616-1622, 2011.
- MAYER, R. E. **Multimedia Learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- NASCIMENTO, F. P. do. **Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática – como elaborar TCC**. Brasília: Thesaurus, 2016. p. 1-11.
- OLIVEIRA, C. C.; COSTA, J. W.; MOREIRA, M. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem: Avaliação e Produção de Software Educativo**. São Paulo: Papirus, 2001.
- OLIVEIRA, S. R. E. **Imagem também se lê**. São Paulo: Rosari, 2009.
- PAIVIO, A. **Minds and Evolution: a Dual Coding Theoretical Approach**. New York: Psychology Press, 2014.

PAULETTI, F. **O ensino de Química e a escola pública: a isomeria geométrica mediada pelo uso de programas computacionais**. Orientador: Francisco Catelli. 2013. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-graduação em Educação, Caxias do Sul, 2013.

RAMOS, M. A educação profissional pela Pedagogia das Competências: para além da superfície dos documentos oficiais. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 80, p. 405-427, 2002.

RIO GRANDE DO SUL. **Itinerários formativos - Área focal: Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria Estadual de Educação. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1afU1wgg3jKly4UIHKHMxj0xSY1p19rGb/view> Acesso em: 27 nov. 2023.

RUSSELL, J. B. **Química Geral**. Volume 1. São Paulo: Makron Books, 1994.

SANTOS, A. O. **Identificação e análise das relações entre os diferentes níveis de representação do conhecimento químico em simuladores virtuais**. Orientador: Mauricio dos Santos Matos. 2023. 28 f. Projeto de Pesquisa (Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SANTOS, W. L. P., SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

SARDELLA, A; MATEUS, E. **Curso de Química – Química Geral**. 14. ed. São Paulo: Ática, 1992.

SCAFI, S. H. F. Contextualização do Ensino de Química em uma Escola Militar. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p. 176 –183, 2010.

SILVA, G; NETTO, J. F; SOUZA, R. A abordagem didática da simulação virtual no ensino da química: Um olhar para os novos paradigmas da educação. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 22., 2016, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016 . p. 339-348.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P. Investigação do uso do software educativo LABVIRT no Ensino de Química. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 23, n. 9, p. 1-13, 2017.

SOUZA, M. F.; COSTA, C. S. **SCRATCH: Guia Prático para aplicação na Educação Básica**. Rio de Janeiro: Imperial, 2018.

SPERRY, R. W. Hemisphere disconnection and unity in conscious awareness. **American psychologist**, v. 23, n. 10, p. 723, 1968.

STUFFLEBEAM, D. L. The CIPP model for program evaluation. In: MADAUS, G. F. et al.. **Evaluation Models**. Kluwer-Nijhoff Publishing, 1983. p. 117-141.



THIOLLENT, M. **Metodologia de pesquisa-ação**. 15 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, F. J. Visão analítica da informática na educação no Brasil: a questão da formação do professor. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 1, n. 1, 28 p., 1997.

VIEIRA, M. F. **Oficina básica de Scratch**. Tucuruí: Núcleo de Tecnologia Educacional do Governo do Estado do Pará, 2018.

APÊNDICE A - Sequência didática sobre Plásticos e Separação de Misturas

BNCC e Referencial Curricular Gaúcho	Unidade temática: Matéria e Energia
	Objeto do conhecimento: Análise das Propriedades de Materiais
I. ANÁLISE DA REALIDADE	Habilidades a serem desenvolvidas: (EM13CNT307RS03): Analisar e discutir as propriedades dos diferentes materiais naturais ou artificiais para identificar os diferentes contextos e demandas nos quais são aplicados, promovendo debates sobre sustentabilidade. (EM13CNT101RS03): Elaborar hipóteses, explicações e previsões sobre processos de purificação e de separação dos componentes dos sistemas materiais, propondo soluções para problemas ambientais ou outras demandas do cotidiano, associando conceitos químicos, físicos e biológicos.
	Conteúdos: <ul style="list-style-type: none"> ● Separação de Misturas; ● Plásticos.
	Necessidades: O estudo sobre plásticos, bem como sobre o tratamento dos efluentes gerados na sua reciclagem (por meio da separação de misturas) possui relevância para a sociedade e, em função disso, esse assunto está presente no currículo do ensino médio, mais especificamente na trilha denominada Industrialização e Custo Ambiental. A educação nesse nível de escolarização desempenha um papel fundamental na formação de uma consciência crítica e na compreensão das complexidades do nosso mundo e, nesse contexto, esses tópicos são de suma importância. Os plásticos tornaram-se uma parte inseparável de nossas vidas, proporcionando inúmeros benefícios, mas também trazendo desafios significativos. É essencial que os alunos consigam entender a importância dos plásticos na nossa sociedade, mas também que saibam os impactos ambientais associados a esse material. Esse conhecimento contribui para a formação de cidadãos informados e conscientes dos dilemas ligados ao uso de plásticos e à poluição ambiental. A reciclagem de plásticos desempenha um papel crucial para a diminuição dos impactos ambientais causados pelo mesmo. Os estudantes precisam entender como os plásticos podem ser reciclados e transformados em novos produtos, economizando recursos naturais e reduzindo a poluição. Esse conhecimento é fundamental para promover práticas de consumo mais sustentáveis. Vale ressaltar que mesmo na produção de novos plásticos a partir daqueles que já foram utilizados, há a produção de alguns efluentes provenientes destas atividades e estes podem conter substâncias poluentes prejudiciais à qualidade da água e aos ecossistemas aquáticos. Assim, os métodos de separação de misturas, como peneiração, coagulação, floculação, decantação e filtração se tornam fundamentais. Essas técnicas são essenciais para minimizar os danos

	<p>ambientais causados por esses poluentes e preservar os recursos hídricos. Além de enriquecer o entendimento científico, o ensino sobre plásticos e a separação de misturas no tratamento de efluentes também contribui para a formação de cidadãos responsáveis e conscientes sobre o meio ambiente para que desempenhem um papel ativo na construção de um futuro mais sustentável.</p>
<p>II. PROJEÇÃO DE FINALIDADES</p>	<p>Objetivo(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discutir a importância da reciclagem na redução de resíduos plásticos; - Identificar os efluentes gerados na reciclagem de plásticos; - Compreender os processos de separação de misturas que ocorrem no tratamento de efluente.
<p>III. FORMAS DE MEDIAÇÃO</p>	<p>Metodologia:</p> <p>AULA 1: Pré-Teste e Reciclagem de Plásticos (igual para ambas as turmas)</p> <p>Os alunos receberão um questionário (pré-teste) referente a questões sobre misturas, processos de separação de misturas e o tratamento de efluentes que serão vistas ao longo dessa sequência didática e deverão respondê-lo individualmente e sem consulta.</p> <p>Em seguida, será realizada uma aula expositiva dialogada, iniciando com questionamentos aos estudantes sobre se conhecem alguma empresa que faz a reciclagem de plástico. A partir disso, conversaremos sobre a empresa Plastiweber com o uso dos slides abaixo (elaboração própria):</p> <div data-bbox="371 807 1400 1385" style="border: 1px solid black; padding: 10px;">  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Transformando o futuro com Plastiweber: Inovação e Sustentabilidade em Foco</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>NEGÓCIO DA PLASTIWEBER:  Economia Circular para os plásticos.</p> <p>PROPÓSITO: Transformar o futuro, a partir de ações circulares, que provoquem mudanças positivas permanentes.</p> <p>MISSÃO: A partir de uma mentalidade circular, criar um ecossistema que garanta a reciclagem dos plásticos com excelência, resultando na solução dos maiores problemas de usuários de embalagens plásticas, gerando benefícios para os envolvidos e para o meio ambiente.</p> </div> </div> <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>INFORMAÇÕES</p> <ul style="list-style-type: none"> ♻️ 1º Plástico reciclado certificado da América; ♻️ Fundada em 1997; ♻️ Pioneira na produção de embalagens e polímeros circulares de alta performance; ♻️ Desenvolvido a partir da logística reversa; </div> <div style="width: 50%;"> <p>A CADA TONELADA DE PLÁSTICO A EMPRESA REDUZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♻️ 2.000 kg de gases do efeito estufa; ♻️ 3.020 kWh de consumo de energia elétrica; ♻️ 1.190 litros de consumo de petróleo; ♻️ 1.000 kg de plástico na natureza; ♻️ 7.892 litros de água no total dos processos. </div> </div> </div>

VALORES DA EMPRESA:	COMPETÊNCIAS ORGANIZACIONAIS:
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO	AUTO RESPONSABILIDADE
EXCELÊNCIA EM QUALIDADE	PROFISSIONALISMO
FOCO CONTÍNUO NA GESTÃO DE PESSOAS	FLEXIBILIDADE
SUSTENTABILIDADE	COMUNICAÇÃO
FOCO NO CLIENTE	AGILIDADE
	RESPEITO

PARCERIAS DE MARCAS QUE ESTIMULAM A EMPRESA



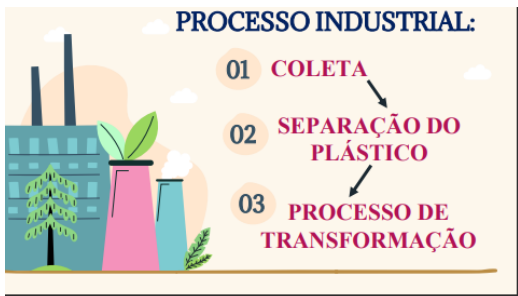
AÇÕES SOCIOAMBIENTAIS QUE A EMPRESA REALIZA:

Desenvolve diferentes ações socioambientais:

- ♻️ Escola Sustentável;
- ♻️ Cooperativa + Circular;
- ♻️ Resíduos pela Vida;
- ♻️ Natal mais Feliz;

A CADA TONELADA DE PLÁSTICO A EMPRESA REDUZ:

- ♻️ 2.000 kg de gases do efeito estufa;
- ♻️ 3.020 kwh de consumo de energia elétrica;
- ♻️ 1.190 litros de consumo de petróleo;
- ♻️ 1.000 kg de plástico na natureza;
- ♻️ 7.892 litros de água no total dos processos.

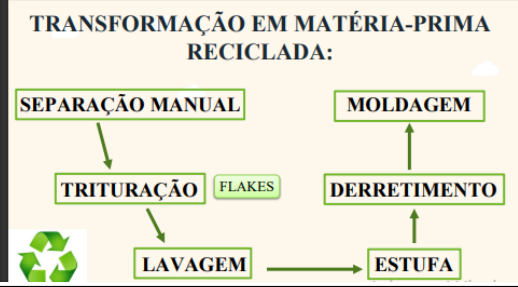


COLETA:

- ♻️ Onde os plásticos são separados dos demais tipos de resíduos como: papel, vidro e metais.
- ♻️ Pode ser realizado por meio de programas municipais;

SEPARAÇÃO DOS TIPOS DE PLÁSTICOS:

- ♻️ Os plásticos são separados de acordo com seu material, com base em suas características químicas e físicas;
- ♻️ Na Plastiweber o principal tipo de plástico trabalhado é o Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) ;



Em seguida, os estudantes serão questionados se acham que esse processo de reciclagem gera algum tipo de resíduo. A ideia é introduzir que, além dos produtos desejados (os novos plásticos reciclados), também são gerados subprodutos que precisam de atenção especial: a água residual do processo de lavagem dos plásticos e o lodo.

<p>MAS SERÁ QUE ESSA PRODUÇÃO PODE TRAZER ALGUM IMPACTO PARA A NATUREZA?</p> 	<p>LODO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♻️ É um resíduo sólido; ♻️ Pode ter partículas de plástico, sedimentos dentre outros; ♻️ Na Plastiweber o lodo é tratado pelo processo de desidratação para então ser usado como adubo; ♻️ A desidratação é fundamental para reduzir o teor de umidade; 
<p>PRENSAGEM</p>  <p>FILTRAGEM</p>  <p>COMPACTAÇÃO</p>  <p>ARMAZENAMENTO E USO</p> 	<p>ÁGUA RESIDUAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♻️ Após a moagem os plásticos são lavados para então serem secados e seguir seu processo; ♻️ A água então pode adquirir microplásticos e sujidades; ♻️ Danos a natureza caso liberada sem tratamento; ♻️ Contaminações e danos a saúde humana;

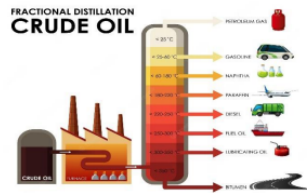
Será ressaltado que a gestão adequada da água residual (efluente) e do lodo é uma parte essencial do ciclo de reciclagem de plásticos. Ela contribui para a minimização dos impactos ambientais e garante que o processo de reciclagem seja eficaz e ambientalmente sustentável. A partir dessas informações, os alunos terão de fazer um fluxograma explicando o processo pelo qual o plástico passa para se tornar um novo produto. Este trabalho será feito individualmente ou em duplas dependendo do engajamento visto durante a exposição dialogada. O fluxograma pode ser entregue ao docente ou pode ser feito no caderno, mas rubricado pela professora ao final da aula.

AULA 2: Tratamento de Efluentes e os Métodos de Separação de Misturas (Igual para ambas as turmas)

A aula será iniciada com a retomada sobre os efluentes e resíduos sólidos provenientes da reciclagem do plástico. Então os estudantes serão questionados: “Mas como será que é feito o tratamento da água residual (efluente)?”. Será enfatizado que o tratamento de efluentes é um processo que utiliza conhecimentos voltados à separação de misturas. Por meio de tempestade cerebral, os alunos serão questionados quais os métodos de separação de misturas que são comuns ao seu cotidiano e, à medida que vão expondo suas respostas, as mesmas vão sendo colocadas na lousa. Retomaremos a definição do que é uma mistura e de como pode ser classificada (homogênea e heterogênea), utilizando experimento demonstrativo com água e sal e água e óleo. Em seguida, revisaremos os métodos de separação de misturas que será associado ao que falaram anteriormente, mas também poderão ser lembrados outros por meio de um breve resumo que será entregue a eles (elaboração própria):

DESTILAÇÃO SIMPLES: Consiste em aquecer uma mistura homogênea de um líquido com um sólido, até que o componente líquido sofra, totalmente, vaporização seguida de condensação, ficando no balão de destilação o componente sólido. É feita nos laboratórios com equipamentos específicos. Exemplo do cotidiano:

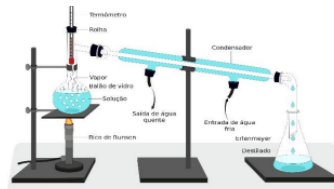
- Obtenção da água pura;



Fonte: <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/petroleo-destilacao> (2022)

CRISTALIZAÇÃO: Surgimento de um sólido em uma solução por meio da evaporação do solvente. À medida que o solvente evapora, a solução fica mais concentrada (forte) e surgem os cristais. Exemplos:

- Cristalização do sal de cozinha nas salinas;
- Flocos de neve;



Fonte: <https://www.infoescola.com/quimica/destilacao-simples> (2022)

DESTILAÇÃO FRACIONADA: Consiste em aquecer uma mistura homogênea de dois líquidos com ponto de ebulição diferentes, até que o líquido de menor ponto de ebulição sofra vaporização seguida de uma condensação. Exemplo:

- Obtenção dos subprodutos do petróleo;



Fonte: <https://ceticismo.net/2009/01/14-o-misterio-dos-flocos-de-neve/> (2022)



Fonte: <https://mossoro hoje.com.br/noticias> (2022)



Fonte: <separacao-de-misturas-slides-jogo.pdf> (2022)

DISSOLUÇÃO: Separar uma mistura de sólidos, em que um é solúvel em determinado solvente e outro não. Exemplos do cotidiano:

- Separação do sal da areia;

DECANTAÇÃO: Consiste em deixar a mistura em repouso até que o componente mais denso se deposite no fundo do recipiente. Exemplos:

- Poeira sob os móveis;
- Separação da água e areia;
- Separação da água e óleo;



Fonte: <https://revistasacajordim.globo.com/> (2022)



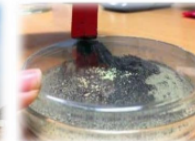
Fonte: <http://evangelicajovem.blogspot.com> (2022)

SEPARAÇÃO MAGNÉTICA: Consiste em passar a mistura pela ação de um ímã. Exemplos do cotidiano:

- Separação da limalha de ferro da areia;
- Separação de componentes metálicos no lixo;



Fonte: <https://www.infoescola.com/quimica/separacao-magnetica/> (2022)



Fonte: <https://www.respondeai.com.br/> (2022)



<https://www.facebook.com/professoramira> (2022)



<https://www.infoescola.com/quimica/> (2022)

CATAÇÃO: É o método mais usado no cotidiano, baseado na diferença de tamanho e aspecto visual das partículas. Utilizamos as mãos ou pinças na separação dos componentes. Exemplos:

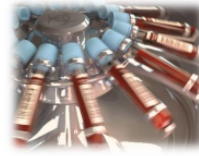
- Separação de bolas por cores;
- Separação do lixo;

CENTRIFUGAÇÃO: Consiste em colocar a mistura em um aparelho chamado centrífuga, que acelera a decantação, usando a força centrífuga. Alguns exemplos do cotidiano são:

- Usados nas máquinas de lavar roupa;
- Utilizado na separação do sangue.



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/> (2022)



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/> (2022)



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/> (2022)



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/> (2022)

VENTILAÇÃO: Separação dos componentes por uma corrente de ar que arrasta o componente mais leve. Exemplos:

- Separação de folhas dos grãos de arroz;
- Separação das cascas dos amendoins;



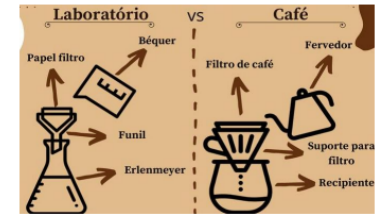
Fonte: <https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial> (2022)



Fonte: <https://br.freepik.com/vetores-premium/> frutas (2022)

PENEIRAÇÃO: É usada para separar componentes de misturas de sólidos de tamanhos diferentes; passa-se a mistura por uma peneira. Exemplos:

- Peneiração da farinha ao se fazer um bolo;
- Separação de areia e pedregulhos;



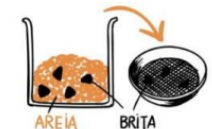
Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/668151294710041530/> (2022)

LEVIGAÇÃO: Consiste em passar uma corrente de água por diferentes sólidos com densidades diferentes. Os sólidos menos densos são arrastados pela água que não passa pelos mais densos. Exemplos mais encontrados no cotidiano:

- Lavagem de frutas e verduras com terra;
- Separação do ouro na mineração;



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/peneira> (2022)



Fonte: <https://resumos.mesalva.com/separacao-misturas/> (2022)

Assim, se retomará os efluentes, informando que os mesmos contêm uma mistura complexa de sólidos em suspensão, partículas finas, materiais orgânicos e, em alguns casos, substâncias químicas indesejadas. Com isso, os métodos de separação de misturas são utilizados para remover essas impurezas dos efluentes, tornando a água residual mais segura para o meio ambiente. Em seguida, os discentes irão participar do Bingo da Separação de Misturas (ver Anexo).

AULA 3: Aplicação do Simulador virtual ou Aplicação do Texto

- TURMA B: Usará o Simulador virtual

A aula inicia falando que no dia em questão os alunos irão entender ainda mais sobre os processos de tratamento de água residual (efluente), que desempenham um papel crucial na purificação da água e na preservação do nosso meio ambiente. Enfatizando que os mesmos são fundamentais para a qualidade da água que consumimos e para a conservação dos recursos naturais. Em seguida, os estudantes serão questionados: *“Vocês se lembram das aulas em que exploramos a produção de plásticos e os impactos ambientais*

associados a eles?”. Após a explanação das ideias se continuará a explicação de tal forma: “Bem, o que aprenderemos hoje tem uma conexão direta com esses temas. Assim como nos preocupamos com a produção e o descarte adequado de plásticos para proteger o meio ambiente, também é essencial compreendermos como tratamos a água efluente resultante de processos industriais e urbanos. Assim como nos esforçamos para reduzir a poluição causada por plásticos, os processos que exploraremos hoje desempenham um papel fundamental na redução da poluição da água e na preservação dos nossos recursos hídricos. Portanto, ao entendermos esses processos de tratamento de água efluente, estamos contribuindo para um ambiente mais limpo e saudável, assim como fazemos ao reciclar e reduzir o uso de plásticos. Vamos conectar os pontos e ver como esses tópicos se entrelaçam, pois todos desempenham um papel importante na construção de um futuro mais sustentável.”

A partir disso, os estudantes serão apresentados ao simulador virtual (<https://scratch.mit.edu/projects/896812403>) e receberão algumas instruções de como acessá-lo e manuseá-lo individualmente em seus computadores ou dispositivos móveis. Além disso, os mesmos receberão uma “folha guia” (**Apêndice B** desse trabalho) onde à medida que vão interagindo com o software devem ir respondendo algumas questões com base no que estão vendo.

Após terminarem a simulação e entregar a folha preenchida para a docente, os alunos serão divididos em 5 grupos e cada grupo será responsável por explicar um dos processos vistos no simulador (decantação, floculação, coagulação, peneiração e filtração) para o restante da turma. Ao final da aula, os alunos serão questionados pelas seguintes perguntas de reflexão:

- "Além da purificação da água, de que outras formas o tratamento de água residual (efluente) pode beneficiar a comunidade local e global?"
- "Como o tratamento adequado da água residual (efluente) pode influenciar a saúde humana e a qualidade de vida das pessoas em uma região?"
- "Quais são os desafios que as comunidades enfrentam quando não há um tratamento adequado da água? Quais as consequências disso para o meio ambiente?"
- "De que maneira as práticas de tratamento de água residual (efluente) estão relacionadas com a preservação de ecossistemas aquáticos, como rios, lagos e oceanos?"
- Vocês acham que o conhecimento sobre o tratamento de água efluente deveria ser mais amplamente divulgado e promovido em nossa sociedade? Por quê?"

- TURMA A: Ganhará um texto descritivo

Os primeiros momentos da aula serão iguais aos da turma B. No entanto, enquanto a turma B utilizará o simulador, a turma A receberá o seguinte texto com algumas questões para reflexão:

TRATAMENTO DE EFLUENTES

O tratamento de efluentes desempenha um papel crucial na preservação do meio ambiente e na promoção da saúde pública. É um processo que visa remover impurezas e substâncias poluentes da água residual antes que ela seja devolvida ao meio ambiente ou reutilizada. Efluentes não tratados podem conter uma variedade de contaminantes, como resíduos orgânicos, sólidos em suspensão, produtos químicos tóxicos e patógenos.

A peneiração é a primeira etapa do tratamento de efluentes, onde as partículas maiores, como detritos sólidos e pedaços de papel, são removidas da água, isso é realizado por meio de peneiras ou grades que retêm essas impurezas, permitindo que a água passe livremente. Na etapa de coagulação, é adicionado coagulantes, na água. O coagulante age neutralizando cargas elétricas nas partículas em suspensão, fazendo com que elas se aglutinem e formem flocos maiores que podem ser facilmente removidos. Alguns coagulantes que podem ser usados são:

NOME:	CUSTO:	IMPACTO AMBIENTAL:	FORMAÇÃO DE FLOCOS	CARACTERÍSTICAS
Cloreto de Polialumínio	Elevado	Baixo	Alto	- Afetado por variáveis; - Tem difícil dosagem
Cloreto Férrico	Elevado	Moderado	Alto	- Ampla faixa de pH; - Auxilia na remoção do Fósforo (P);
Polímero Catiônico	Elevado	Baixo	Médio	- Efeito limitado; - Dosagem complexa;
Sulfato de Alumínio	Moderado	Moderado	Alto	- Ampla faixa de pH; - Reduz sólidos suspensos;
Sulfato Ferroso	Moderado	Moderado	Médio	- Eficácia limitada - Potencial de corrosão;

A floculação complementa a coagulação, onde um floculante, como a é adicionado. O floculante ajuda a aglomerar ainda mais as partículas, formando

flocos maiores. Na decantação, a água tratada é colocada em um tanque onde acontece a separação dos flocos sedimentados do líquido clarificado. A temperatura da água e a densidade dos flocos também podem influenciar a velocidade da decantação, com a água mais fria e os flocos mais densos geralmente o processo é mais eficaz. Por fim, a água clarificada passa por um processo de filtração, onde materiais como areia, algodão, carvão ativado e pedras são usados como camadas de filtragem. Esses materiais retêm as partículas finas que podem ter escapado das etapas anteriores, produzindo uma água ainda mais limpa. O pH da água desempenha um papel fundamental na floculação, pois influencia a eficácia do floculante. Valores de pH adequados garantem que o floculante funcione de maneira eficiente, aglomerando as partículas de forma eficaz.

Concluimos que o tratamento de efluentes desempenha um papel essencial na preservação de nossos recursos hídricos e na manutenção da saúde ambiental. Através das etapas de peneiração, coagulação, floculação, decantação e filtração, é possível transformar água poluída em água limpa e segura para o ambiente e para o consumo humano. A compreensão da influência do pH, temperatura e densidade em diferentes etapas do tratamento aprimora a eficácia do processo. Portanto, investir em métodos eficazes de tratamento de efluentes é uma medida crucial para garantir um futuro mais sustentável e saudável para nosso planeta.

1. Por que é importante remover partículas sólidas da água antes de prosseguir com as etapas de coagulação e floculação?
2. Que outros fatores, além do pH, podem influenciar no tratamento dos efluentes?
3. Como a utilização de diferentes materiais de filtração (areia, carvão ativado, algodão) pode afetar a eficiência da filtração?
4. Por que é importante que os flocos formados na floculação sejam densos o suficiente para decantar eficazmente?
5. Analise qual dos coagulantes listados você usaria em um tratamento de efluentes.
6. Como a floculação complementa a coagulação e por que essas etapas são frequentemente realizadas em sequência?
7. Quais são os possíveis impactos ambientais de liberar efluentes não tratados diretamente em corpos d'água?
8. Se os processos ocorressem em outra ordem, o tratamento seria eficaz? Porque?

Após terminarem a leitura do texto bem como a resolução das perguntas e entregarem a folha preenchida para a docente, as demais atividades serão iguais às da turma B.

AULA 4: Pós-teste e Atividade de Simulação de Mini-Estação de Tratamento de Efluentes (Igual para ambas as turmas)

A aula começará relembando brevemente o conteúdo das aulas anteriores sobre efluentes e processos de separação de misturas. Em seguida, será aplicado o pós-teste com as mesmas questões empregadas no pré-teste como forma de verificar a aprendizagem dos estudantes.

Para finalizar o conteúdo, os estudantes deverão montar uma mini-estação de tratamento de efluentes com os materiais recebidos e conforme o roteiro experimental abaixo. Os estudantes serão instruídos a anotarem as suas observações ao longo da execução dos experimentos.

EXPERIMENTO: MINI ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

OBJETIVO: Demonstrar os princípios do tratamento de efluentes, enfatizando os processos de coagulação, floculação, filtração, peneiração e decantação para compreender como esses processos melhoram a qualidade da água e sua relevância ambiental e de saúde pública.

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Recipiente grande (balde ou bacia)
- Água suja simulada (água com sujeira, areia fina e pequenos pedaços de papel)
- Sulfato de Alumínio
- Colheres de medição
- Papel filtro ou filtro de café
- Funil
- Cal
- Pedras
- Areia
- Algodão
- Recipiente para água limpa

PROCEDIMENTO:

Passo 1: Preparação dos Materiais

1. Reúna todos os materiais listados.

Passo 2: Peneiração

1. Despeje a água suja simulada no recipiente grande.
2. Use uma peneira para remover pedaços maiores de sujeira, como pedaços de papel e areia.
3. O que você observou ao usar a peneira para remover pedaços maiores da água suja?

Passo 3: Coagulação

1. Adicione uma pequena quantidade de sulfato de alumínio na água suja. Use cerca de 1 a 2 gramas por litro de água.
2. Mexa bem para distribuir o sulfato de alumínio.
3. Quando você adicionou o sulfato de alumínio à água o que aconteceu?

Passo 4: Ajuste de pH

1. Adicione uma pequena quantidade de cal (hidróxido de cálcio) à água suja. Use apenas uma pitada, pois a cal é eficaz.
2. Mexa a mistura com uma colher ou bastão de vidro por alguns minutos para distribuir a cal na água.
3. Misture bem.
4. Explique que isso pode ser necessário em alguns casos para ajustar o pH da água.

Passo 5: Filtração

1. Corte o papel filtro no tamanho apropriado para o funil.

2. Coloque o papel filtro no funil e posicione-o sobre um recipiente limpo.
3. Você pode colocar no filtro um pouco de algodão, pedras e areia.
4. Despeje a água clarificada cuidadosamente através do papel filtro.
5. Como você preparou o papel filtro e o funil? O que aconteceu quando despejou a água através do papel filtro?

Passo 6: Resultados

1. Discuta as mudanças visíveis na água antes e depois do tratamento.

QUESTIONAMENTOS:

1. Como esse experimento pode nos ajudar a compreender os processos que ocorrem em uma estação de tratamento de efluentes real?
2. Quais são os principais desafios e limitações do tratamento de efluentes em larga escala que não foram abordados neste experimento?
3. Como a qualidade da água tratada após a filtração se compara à água suja inicial?
4. Qual é a importância de obter água tratada de alta qualidade em processos de tratamento de efluentes?
5. E se a peneiração ocorresse depois da floculação, em vez de antes, como isso poderia influenciar a remoção de partículas da água?

REFERÊNCIAS:

FOGAÇA, Jennifer. *Separação de Misturas e Simulação de Tratamento de Água*. Disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/separacao-misturas-simulacao-tratamento-Agua.htm> Acesso em: 21 set 2023

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde. *Manual prático de análise de água*. Brasília: FUNASA, 2009

SOUZA, Andriele Coraiola; BROIETTI, Fabiele Cristiane Dias. *Atividades Experimentais: uma análise em artigos da Revista Química Nova na Escola*. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC, p. 4, 2017.

Depois que terminarem o procedimento serão instruídos a organizar os materiais e limpá-los. Então, a turma será reunida para uma discussão em grupo. Cada grupo deve compartilhar suas observações e resultados. Será promovida uma conversa sobre as diferenças entre os resultados dos processos de tratamento de efluentes dos grupos e como cada etapa contribuiu para a purificação da água. A aula será encerrada destacando a importância dos processos de tratamento de efluentes na preservação do meio ambiente e na conservação dos recursos hídricos.

Tempo estimado: 4 aulas de 50 minutos cada.

Recursos: slides, textos, jogo de bingo, roteiros experimentais, materiais para os experimentos, simulador virtual, computadores ou chromebooks com acesso à internet, quadro e giz.

Avaliação:

O comportamento em sala de aula e a participação nas discussões serão avaliados ao longo de toda a sequência didática. Isso inclui a pontualidade, o respeito pelos colegas e pela docente, a postura ativa durante as aulas, a disposição para colaborar em atividades em grupo e a contribuição construtiva para as discussões durante o decorrer das aulas. A participação ativa nas discussões permitirá aos alunos expressar suas ideias, esclarecer dúvidas e enriquecer o aprendizado coletivo. Outro aspecto que se levará em conta são as atividades propostas com base na qualidade da resolução e na compreensão dos conceitos. Os estudantes serão incentivados a demonstrar seu conhecimento por meio da resolução das tarefas propostas, aplicando os princípios discutidos. A capacidade de aplicar o aprendizado de forma prática será considerada na avaliação das atividades. O projeto da mini-estação de tratamento de efluentes será uma parte fundamental da avaliação. Os alunos serão avaliados com base na concepção, elaboração e apresentação do projeto. Serão considerados critérios como a compreensão dos processos de tratamento de efluentes, a criatividade na solução de problemas, a eficácia do projeto em purificar a água simulada e a capacidade de comunicar suas ideias de maneira clara e organizada.

Bibliografia consultada:

AMBIENTAL, Projeto. *O que é uma Estação de Tratamento de Efluentes?* Disponível em: <https://projetoambiental.com.br/o-que-e-uma-estacao-de-tratamento-de-efluentes/> Acesso em: 15 set 2023

DIAS, Diogo Lopes. *Métodos de separação de misturas.* Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/metodos-separacao-misturas.htm>. Acesso em: 13 set 2023.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. *Separação de Misturas.* Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/separacao-misturas.htm>. Acesso em: 12 set 2023.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. *Tipos de tratamento de efluentes.* Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-tratamento-efluentes.htm>. Acesso em: 15 de setembro de 2023

NAHRA, Sara. *Separação de Misturas.* Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/quimica/separacao-de-misturas>. Acesso em: 12 set 2023.

PLASTIWEBER. *Plastiweber - Reciclagem de Plásticos.* Disponível em: <https://www.plastiweber.com.br/> Acesso em: 14 set 2023

S/A. *Conheça os diferentes tipos de tratamento de efluentes industriais.* Disponível em: <https://www.fluidfeeder.com.br/blog/conheca-os-diferentes-tipos-de-tratamento-de-efluentes-industriais/> Acesso em: 14 set 2023.

Anexo: Jogo “Bingo das Misturas”: perguntas e cartelas.

JOGO SEPARAÇÃO DE MISTURAS

Funcionamento:

1. Cada aluno recebe uma cartela de Bingo que possui espaços em branco numerados.
2. O docente faz uma pergunta relacionada a um método de separação de misturas. Por exemplo: "Qual método de separação é usado para separar partículas sólidas maiores da água?"
3. Os alunos tentam encontrar a resposta correta em suas cartelas e marcam o espaço correspondente se tiverem a resposta.
4. Os alunos continuam marcando os espaços em suas cartelas sempre que tiverem a resposta correta para as perguntas feitas.
5. O primeiro aluno a preencher toda a cartela e gritar "Bingo!" é o vencedor.

Exemplo de Perguntas e Respostas que podem ser utilizados na prática:

Pergunta: Qual método de separação você usaria para separar pedrinhas de areia em uma praia?

Resposta: Peneiração.

Pergunta: Como você separaria o óleo da água em uma garrafa de água com óleo derramado?

Resposta: Decantação.

Pergunta: Qual método de separação é usado para separar as gemas do ovo da clara?

Resposta: Filtração.

Pergunta: Quando você faz um chá, qual é o método de separação usado para separar as folhas de chá da água?

Resposta: Filtração.

Pergunta: Em uma salada de legumes, como você separaria as diferentes verduras e legumes?

Resposta: Separação manual.

Pergunta: Quando você usa um filtro de café para fazer café, que método de separação está envolvido?

Resposta: Filtração.

Pergunta: Em uma lavanderia, como a máquina de lavar roupas remove a água das roupas após a lavagem?

Resposta: Centrifugação.

Pergunta: Qual método de separação é usado para separar componentes diferentes do petróleo, como gasolina e óleo diesel?

Resposta: Destilação fracionada.

Pergunta: Quando você usa um ímã para separar pregos de outros objetos, que método de separação está sendo utilizado?

Resposta: Imantação.









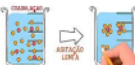




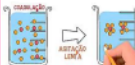



Pergunta: Como você separaria os sólidos de um líquido após misturá-los em um copo?

Resposta: Filtração.

Pergunta: Quando você mistura diferentes cereais no café da manhã e depois os separa, que método de separação pode ser utilizado?

Resposta: Separação manual.

O jogo é uma forma divertida de retomar conceitos que já viram e lembrá-los.

Cristalização 	Floculação 				Evaporação 		Filtração 		Destilação fracionada 	Separação Magnética 	
	Destilação fracionada 	Filtração 	Cristalização 		Peneiração 		Colação 	Ventilação 	Separação Magnética 		Centrifugação 
	Centrifugação 		Levitação 	Floculação 				Decantação 		Peneiração 	Levitação 
Colação 	Floculação 			Decantação 	Dissolução 		Levitação 			Levitação 	Separação Magnética 
Destilação fracionada 		Ventilação 	Levitação 		Separação Magnética 			Peneiração 	Decantação 	Ventilação 	
		Centrifugação 		Floculação 		Separação Magnética 	Cristalização 		Filtração 	Peneiração 	Destilação fracionada 

Fonte: elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE B - Folha-guia para a utilização do simulador virtual

FOLHA GUIA - SIMULAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Bem-vindos à simulação de tratamento de efluentes! Nesta atividade, vocês terão a oportunidade de aprender sobre diferentes etapas do tratamento de efluentes e tomar decisões importantes para melhorar a eficiência do processo. Vamos seguir passo a passo:

1. PENEIRAÇÃO: Escolhendo a Malha Mais Eficiente

1. Na primeira etapa, sua tarefa é selecionar a malha mais adequada para a peneiração dos sólidos presentes no efluente e registrem a malha que obteve os melhores resultados na remoção de sólidos.

2. COAGULAÇÃO: Escolhendo o Coagulante Mais Eficiente

2. Agora, terão que escolher o coagulante mais eficiente para o tratamento dos efluentes. Vocês têm à disposição diferentes opções de coagulantes químicos. Leia as descrições de cada coagulante e analisem qual a melhor escolha, caso queiram mais detalhes acessem a biblioteca do simulador.

3. FLOCULAÇÃO: Descobrimo o pH Ideal (3 Tentativas)

3. Na etapa de floculação, é crucial encontrar o pH ideal para formar flocos sólidos a partir dos resíduos coagulados. Poderão ser realizadas três tentativas, caso tenham dúvidas apertem o botão das dicas ou acessem a biblioteca. Registrem quais valores foram utilizados e qual deles resultou na melhor formação de flocos sólidos.

4. DECANTAÇÃO: Ajustando a Temperatura e Densidade dos Flocos

4. Agora, é hora de aprender a ajustar a temperatura da água e a densidade dos flocos para uma melhor decantação. Alterem a temperatura da água e a densidade dos flocos, registrando quais configurações proporcionam a separação mais eficiente dos flocos sólidos da água. Anotem o que ocorre quando ajustam os parâmetros de diferentes maneiras.

5. FILTRAÇÃO: Montando o Filtro na Ordem Certa (3 Tentativas)

5. Na última etapa, vocês montarão um filtro para remover os últimos resíduos sólidos do efluente. Utilizem os materiais disponíveis (algodão, carvão, areia e pedras) para montar o filtro na ordem correta. Realizem três tentativas, ajustando a ordem dos materiais a cada vez, e registrem qual configuração oferece a melhor filtração, caso possuam dúvidas consultem as dicas e a biblioteca.

Lembre-se de que a eficiência de cada etapa do processo afeta diretamente a qualidade da água tratada.

Divirtam-se explorando o mundo do tratamento de efluentes e aprimorando suas habilidades de tomada de decisões em um ambiente controlado. Boa simulação!

ANOTEM TODAS AS OBSERVAÇÕES E RESULTADOS DE CADA ETAPA. Podem informar curiosidades que notaram ao longo do experimento, possíveis dúvidas e contribuições que julgarem importantes.