

ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS

Analysis of the possible contributions of a Didactic Sequence on the theme of water for human consumption from the perspective of the STS Approach

Francisco Fabiano Araujo [fcofabianoaraujo@gmail.com]

Antônio Inácio Diniz Júnior [antonio.dinizjunior@ufrpe.br]

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife - PE, 52171-900

Recebido em: 26/09/2025

Aceito em: 16/07/2026

Resumo

Apesar da distribuição de água tratada em muitas residências, o consumo de água envasada ainda é comum, gerando impactos socioeconômicos. Essa realidade evidencia a necessidade de aprofundar a compreensão sobre o tratamento e a qualidade da água. Este trabalho teve como objetivo analisar uma Sequência Didática (SD) sobre água para consumo humano, com base na abordagem CTS, no Ensino Médio. A pesquisa, de natureza qualitativa e caráter interventivo, foi desenvolvida com 45 estudantes da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública da região norte do Ceará. A construção dos dados ocorreu por meio de questionários diagnóstico e final, registros das atividades desenvolvidas ao longo da SD, mapas conceituais e apresentação de banners, analisados à luz dos referenciais adotados na pesquisa. A proposta incluiu aulas teóricas, visita à Estação de Tratamento de Água (ETA), análises laboratoriais, elaboração de mapas conceituais e exposição de banners, fundamentadas nos princípios de Zabala. Os resultados revelaram maior envolvimento dos estudantes, ampliação da compreensão sobre o tratamento e a qualidade da água e maior articulação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados ao tema, evidenciando o potencial da SD no contexto do Ensino Médio.

Palavras-Chave: CTS; Sequência Didática; Ensino de Química; Água.

Abstract

Although treated water reaches many homes, bottled water consumption is still frequent, bringing socioeconomic impacts. This reveals the need for a deeper understanding of water treatment and quality. This study aimed to analyze a Didactic Sequence (DS) on water for human consumption, based on the Science-Technology-Society (STS) approach, in high school. This qualitative intervention study was conducted with 45 second-year high school students from a public school in northeastern Brazil. Data were generated through pre- and post-intervention questionnaires, records of the activities developed throughout the didactic sequence, concept maps, and banner presentations, and were analyzed in light of the theoretical framework adopted in the study. The DS included theoretical lessons, a visit to a Water Treatment Plant (WTP), laboratory activities, concept map construction, and banner presentations, following Zabala's principles. Results showed greater student engagement, a broader understanding of water treatment and quality, and stronger articulation between scientific, technological, and social aspects related to the topic, highlighting the potential of the DS to promote more contextualized learning in Chemistry teaching.

Palavras-Chave: STS, Didactic Sequence; Chemistry Teaching; Water.

INTRODUÇÃO

O Ensino de Química ainda enfrenta desafios relacionados à fragmentação dos conteúdos, à descontextualização das práticas pedagógicas e à dificuldade de estabelecer relações entre os conhecimentos científicos e situações vivenciadas pelos estudantes. Em muitos contextos escolares, predominam estratégias centradas na transmissão de conteúdos, limitando a participação dos estudantes e dificultando a compreensão da Química como uma ciência presente no cotidiano. Como destacam Bedin e Finger (2019), “estes problemas, muitas vezes, estão relacionados a não eficácia das ações e práticas docentes nos processos de ensino e aprendizagem, sendo visíveis por meio do não relacionamento entre o saber do aluno/contextual e o saber científico” (Bedin & Finger, 2019, p.9).

Nesse contexto, torna-se necessária a adoção de propostas metodológicas que favoreçam aprendizagens mais significativas, aproximando os conteúdos escolares de situações concretas e socialmente relevantes. Entre essas possibilidades, destaca-se a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), que busca compreender as relações entre o desenvolvimento científico, as tecnologias e seus impactos na sociedade, promovendo a reflexão, a argumentação e a participação crítica dos estudantes diante de problemas contemporâneos. Como afirmam Aquino e Chiaro (2017),

[...] há nessa nova postura uma tentativa de superação de uma neutralidade científica irreal a fim de se romper com um ensino de repetição e de estimular a reflexão, o questionamento e o desenvolvimento da criatividade e da imaginação. (Aquino & Chiaro, 2017, p. 414).

Entre as diferentes temáticas que favorecem a abordagem CTS, a água para consumo humano apresenta grande potencial pedagógico por envolver conhecimentos químicos relacionados aos processos de tratamento, ao controle de qualidade e aos parâmetros de potabilidade, além de aspectos ambientais, econômicos e sociais que fazem parte da realidade dos estudantes. Trata-se de um tema que possibilita discutir questões científicas em articulação com situações concretas vivenciadas pela comunidade, favorecendo o desenvolvimento de uma educação científica comprometida com a formação cidadã.

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola pública de Ensino Médio localizada no interior do Ceará. A escolha da temática esteve relacionada à proximidade da escola com uma Estação de Tratamento de Água (ETA), possibilitando atividades de campo, e ao frequente consumo de água envasada entre os estudantes, mesmo com acesso à água tratada.

Considerando esse contexto, elaborou-se uma Sequência Didática (SD) fundamentada na abordagem CTS, tendo a temática água para consumo humano como eixo articulador da proposta didática.

O questionário diagnóstico aplicado aos estudantes revelou que, embora a maioria das famílias tivesse acesso à água tratada, o consumo de água envasada era frequente, despertando questionamentos acerca dessa prática. Qual o motivo de tantos alunos, ou melhor, pais ou responsáveis comprarem água envasada, mesmo recebendo água tratada em casa? Esse comportamento estaria relacionado ao marketing das empresas de água envasada? As condições estruturais da Estação de Tratamento de Água influenciariam essa escolha? Haveria insegurança na qualidade da água que chega às casas? Essas percepções seriam suficientes para comprometer parte do orçamento familiar?

Nesse cenário, o estudo dos processos de tratamento da água permitiu articular conteúdos de Química, como métodos de separação de misturas, soluções, pH e substâncias empregadas no tratamento, a conhecimentos provenientes de outras áreas das Ciências da Natureza. Essa integração favoreceu discussões acerca do papel da Ciência e da Tecnologia na sociedade, estimulando reflexões sobre saúde pública, qualidade de vida, sustentabilidade e tomada de decisões fundamentadas.

Além de contribuir para uma aprendizagem mais contextualizada, propostas dessa natureza aproximam o conhecimento científico das situações vivenciadas pelos estudantes, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico e de práticas interdisciplinares no Ensino de Química. Também oferecem subsídios para professores interessados em desenvolver Sequências Didáticas fundamentadas na abordagem CTS, adaptando-as às diferentes realidades escolares.

Diante desse contexto, formulou-se a seguinte questão de pesquisa: De que maneira a aplicação de uma Sequência Didática fundamentada na abordagem CTS contribui para o ensino da temática água para consumo humano no Ensino Médio?

Para responder a essa questão, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar a aplicação de uma Sequência Didática acerca da temática água para consumo humano, fundamentada na abordagem CTS, no contexto do Ensino Médio.

Como objetivos específicos, buscou-se: (i) propor uma Sequência Didática articulando conceitos químicos relacionados ao tratamento da água a aspectos científicos, tecnológicos e sociais; (ii) validar a Sequência Didática no contexto da Educação Básica; e (iii) avaliar a aprendizagem dos estudantes acerca da temática água para consumo humano.

SURGIMENTO DA ABORDAGEM CTS E SEU DESDOBRAMENTO NA PESQUISA ATUAL

A abordagem CTS surgiu em resposta às transformações sociais e tecnológicas do século XX, refletindo a necessidade de analisar criticamente o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, tal como postulam Auler e Bazzo:

a partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. Após uma euforia inicial com os resultados do avanço científico e tecnológico, nas décadas de 1960 e 1970, a degradação ambiental, bem como a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra (as bombas atômicas, a guerra do Vietnã com seu napalm desfolhante) fizeram com que a ciência e a tecnologia (C&T) se tornassem alvo de um olhar mais crítico. (Auler & Bazzo, 2001, p.1)

Os mesmos autores destacam que a publicação de *A Estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn, e *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carson, ambas de 1962, intensificou as discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e marcou o fortalecimento desse movimento (Auler & Bazzo, 2001).

A abordagem CTS busca promover uma alfabetização científica e tecnológica capaz de subsidiar a tomada de decisões responsáveis frente às questões envolvendo ciência e tecnologia, articulando esses conhecimentos aos diferentes contextos sociais e ambientais (Acevedo Díaz, 1996; Manassero et al., 2001; Vilches et al., 2011).

Endossando essa interpretação Santos (1999), em suas pesquisas nos manuais didáticos de Ciências, em Portugal, afirma que

[...] tudo se passa como se fazer ciência fosse algo desconectado da realidade, como se o saber científico não tivesse raízes em meios sociais e ideológicos, como se a produção científica nunca respondesse a motivações sócio-políticas e/ou instrumentais, como se não contemplasse temas da atualidade, como se não tivesse utilidade social ou essa utilidade se restringisse a uma porta de acesso a estudos posteriores (Santos, 1999, p.7)

O autor critica a forma como a ciência era apresentada nos manuais didáticos, destacando que o ensino muitas vezes desconecta o conhecimento científico de sua realidade social, política e ideológica, o que limita sua percepção de relevância e utilidade.

No contexto brasileiro, a abordagem CTS passou a ganhar visibilidade a partir da segunda metade do século XX, refletindo-se na produção de diferentes materiais didáticos e propostas pedagógicas, entre os quais se destacam as Unidades Modulares de Química (Ambrogi et al., 1987), as propostas de Lutfi (1988), os materiais do GREF, do GEPEQ, Química, Energia e Ambiente (Mortimer et al., 1999) e Química na Sociedade (Mól & Santos, 2000). Desde então, essa perspectiva tem sido ampliada por pesquisas e experiências apresentadas em eventos científicos da área.

EXPLORANDO AS INTERSEÇÕES DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UM OLHAR SOBRE A ABOORDAGEM CTS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

A abordagem CTS para o Ensino de Química busca integrar conhecimentos científicos com suas implicações tecnológicas e sociais. Ao explorar as interseções entre esses campos, a abordagem CTS promove uma compreensão mais holística e crítica da ciência, capacitando os alunos a avaliar como os avanços científicos e tecnológicos influenciam a sociedade e vice-versa. Essa abordagem, de acordo com Auler, tem como objetivos:

[...] promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência-tecnologia (CT), adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual (Auler, 2007, p.1).

Como educadores, reconhecemos que um dos principais objetivos da escola é a formação de cidadãos, um propósito também mencionado na citação anterior. No entanto, sabemos que essa tarefa não é fácil devido a diversos fatores sociais, como desigualdades e problemas enfrentados no cotidiano escolar. Além disso, enfrentamos o desafio do desinteresse por parte dos alunos, o que nos convoca a buscar maneiras de sensibilizá-los e motivá-los.

Conforme afirmado por Strieder:

Um trabalho nessa perspectiva, precisa envolver os alunos, tornando-os produtores e disseminadores do conhecimento construído. Ou seja, é imprescindível que os alunos busquem o conhecimento necessário para compreender o assunto em questão e que sejam estimulados, explicitamente, a devolvê-lo de forma organizada e sistematizada à comunidade na qual foram buscar os dados, intervindo assim, de forma direta para a solução do problema (Strieder, 2008, p.131).

A motivação dos estudantes constitui um dos desafios centrais do contexto educacional, influenciando diretamente seu envolvimento com o processo de ensino e aprendizagem (Lourenço & Paiva, 2010).

Nesse contexto, estratégias fundamentadas na interdisciplinaridade podem tornar mais significativa a aprendizagem dos conceitos científicos (Correia et al., 2004), favorecendo uma formação cidadã coerente com os pressupostos da abordagem CTS.

Apesar dos desafios enfrentados, a abordagem CTS, conforme afirmado por Bazzo et al. (2000), procura instigar ou fortalecer nos jovens o interesse pelos estudos da ciência e da tecnologia, destacando a importância de um pensamento crítico e uma análise reflexiva embasada em suas interações sociais. A esse respeito, os autores Hofstein et al. (1988), reforçam que essa abordagem proporciona aos estudantes o desenvolvimento de habilidades essenciais, como autoestima,

comunicação escrita e oral, pensamento lógico para a resolução de problemas, tomada de decisão e aprendizagem colaborativa e cooperativa.

Essas habilidades estão em consonância com a BNCC, visto que uma educação integral é entendida como uma “construção intencional de processos educativos que promovam aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea” (Brasil, 2018, p.14).

No mesmo documento, é destacado que a área de Ciências da Natureza deve,

[...] contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias” (Brasil, 2018 p.537).

Nessa perspectiva, a abordagem CTS converge com as diretrizes da BNCC ao promover uma educação contextualizada e voltada à formação crítica dos estudantes, aspecto também destacado por Silva e Strieder (2016), ao defenderem currículos que articulem conhecimentos científicos e relações CTS.

[...] o atual cenário educacional, no que se refere ao Ensino de Ciências, demanda currículos que promovam tanto a aprendizagem dos conteúdos científicos quanto o entendimento das interações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), condição que consideramos essencial para viver a contemporaneidade. (Silva & Strieder, 2016, p.1212)

Ao analisar os livros didáticos utilizados na escola investigada, identificamos diferentes conteúdos passíveis de articulação com a abordagem CTS, como combustíveis fósseis, chuva ácida, processos metalúrgicos, consumo e ambiente e água potável. Entre eles, selecionamos a temática água para consumo humano por seu potencial de integrar aspectos científicos, tecnológicos e sociais, conforme discutido no tópico seguinte.

ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS

A água é um recurso vital e essencial à vida humana e, como tal, sua disponibilidade e qualidade são preocupações globais que afetam diretamente a saúde e o bem-estar das populações em todo o mundo. De acordo com a Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN - nº 11.346, de 15 de setembro de 2006), o acesso à água e as ações para reduzir o risco de escassez de água potável são fundamentos essenciais para promover a segurança alimentar e nutricional (SAN) e assegurar o direito humano à alimentação adequada (Brasil, 2006).

No entanto, o acesso à água potável enfrenta desafios significativos devido a uma variedade de fatores, incluindo poluição, degradação ambiental, urbanização descontrolada e mudanças climáticas. Diante dessa complexidade, é fundamental tratar a questão da água para consumo humano de maneira interdisciplinar e contextualizada, e a abordagem CTS oferece uma perspectiva abrangente para explorar os aspectos científicos, tecnológicos e sociais envolvidos nesse tema.

Sob essa perspectiva, a abordagem CTS permite compreender a água para consumo humano considerando aspectos científicos relacionados ao tratamento e à distribuição, as tecnologias envolvidas e seus impactos sociais, econômicos e ambientais.

Libânio (2010) destaca que parâmetros físicos como turbidez, cor, odor e sabor influenciam diretamente a percepção dos consumidores sobre a qualidade da água. Entretanto, a turbidez não deve ser confundida com a cor, uma vez que esta está relacionada à matéria dissolvida na água (Tonon et al., 2013). Entre os parâmetros químicos destacam-se dureza, oxigênio dissolvido, salinidade e

potencial hidrogeniônico (pH), cuja faixa recomendada para água potável situa-se entre 6,0 e 9,5 (Brasil, 2021).

Ante o exposto, os parâmetros da água, como pH, turbidez e cor, regulamentados por órgãos governamentais, desempenham um papel essencial na garantia da sua qualidade e segurança para consumo humano. No entanto, é igualmente importante considerar as características biológicas da água, tais como a presença de microrganismos patogênicos, que podem impactar diretamente nossa saúde. A contaminação microbiológica, por exemplo, pode resultar em doenças transmitidas pela água, representando um sério risco para a saúde pública.

Ademais, como afirma Libânio,

[...] a relação do ser humano com os corpos d'água data de tempos imemoriais. Estima-se que há 10000 anos, com a revolução da agricultura, o ser humano tenha começado a abandonar a caça como principal fonte de sustento e iniciaram-se as primeiras culturas e a criação dos rebanhos. Como consequência, renunciou-se progressivamente ao nomadismo, que caracterizava as primeiras comunidades, e a busca por fontes de abastecimento culminou com o estabelecimento dos primeiros povoados às margens dos cursos d'água, provavelmente na região da Mesopotâmia. (Libânio, 2010, p.15).

Apesar de seus avanços, a abordagem CTS ainda encontra limitações na educação básica, uma vez que aspectos científicos, tecnológicos e sociais nem sempre são incorporados aos currículos escolares, favorecendo uma abordagem fragmentada dos conteúdos (Cavalcanti et al., 2018).

Após a análise dos três tópicos anteriores, faz-se iminente refletir acerca de indagações, tais como: (i) como podemos estruturar um percurso de aprendizagem que permita aos alunos explorar de forma significativa as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade? (ii) como estabelecer conexões entre diferentes disciplinas e promover uma compreensão aprofundada dos temas CTS? E, além disso, (iii) como engajar os estudantes em atividades práticas e reflexivas que estimulem a tomada de decisões informadas e a resolução de problemas complexos?

À primeira provocação, Amaral e Firme (2011), pontuam que é reconhecida a necessária integração dos conhecimentos científicos e tecnológicos com o cenário social, visando a formação de indivíduos aptos a analisar e avaliar as potencialidades, restrições e consequências do progresso científico e tecnológico. Acrescentam que

[...] os alunos precisam se apropriar do conhecimento químico para argumentarem de maneira crítica e reflexiva sobre inter-relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a organização da sociedade, incluindo o ambiente onde ela se insere” (Amaral & Firme, 2011, p. 384).

À vista disso, acreditamos que ao promover essa integração entre conhecimento químico e reflexão crítica, estamos capacitando os alunos a se tornarem cidadãos conscientes e atuantes em uma sociedade cada vez mais complexa e tecnologicamente avançada. Além disso, ressaltamos a importância de fomentar espaços de debate e reflexão na educação, onde os alunos possam não apenas adquirir conhecimento, mas também desenvolver habilidades de pensamento crítico e análise, preparando-os para os desafios e oportunidades do mundo contemporâneo.

Ademais, Romero e Diaz (2002), destacam características importantes em projetos com abordagem CTS. Primeiro lugar, eles devem apresentar fundamentos psicopedagógicos e didáticos. Em segundo lugar, carecem de uma orientação que dê relevância, em maior ou menor grau, às interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como a tomada de decisão responsável sobre problemas e questões socio científicas e socio tecnológicas controversas, como, por exemplo, a privatização versus gestão pública dos recursos hídricos. Além disso, serem constituídos por um conjunto de materiais entre os quais são de grande importância as atividades de aprendizagem e

avaliação. Por fim, seu desenvolvimento e experimentação precisa envolver a participação de um grande número de especialistas da educação, indústria e ciência.

À segunda indagação, Silva et al. (2013, p.126) reitera que é necessário “trabalhar de forma paralela ao aprendizado científico diminuindo a linearidade e fragmentação presentes no currículo e estimular a coletividade nas atividades escolares”. Se nos permitirmos ir além, século passado, essa ideia de unidade já era apontada por Japiassu (1976) quando afirmava que, na Antiguidade, existia uma ideia de saber unitário, ou seja, todos os conhecimentos, os quais definimos hoje como disciplinas, se relacionavam e explicavam o todo. Apesar de o conceito “interdisciplinar” ser algo vasto e complexo, deve-se entender, no primeiro momento, como uma aproximação entre disciplinas, algo que, acreditamos, fortalecer o processo de ensino.

Tal como indica Ferreira e Meirelles (2011 apud Dickman et al. 2014),

[...] para exercer a interdisciplinaridade exigida no documento (CNE/CP2005) é necessário ter uma vivência considerável em ciências. Ser cientificamente culto envolve simultaneamente aprender ciências (conceitos), aprender sobre ciências (métodos, evolução, história da ciência, atitude de abertura e interesse por relações complexas entre ciências, tecnologia, sociedade e ambiente) e aprender a fazer ciência (pesquisa e resolução de problemas). (Ferreira; Meirelles, 2011 apud Dickman et al. 2014, p.41).

Somos conscientes que sair da “caixinha” de nossas disciplinas específicas não é um processo fácil, exige dedicação e dinamismo por parte do educador. Mas, como afirmam Dickman et al. (2014, p.41) “o mundo moderno necessita de profissionais dinâmicos, capazes de exercer ações integradoras, participando de equipes interdisciplinares”. Mas, também, reconhecemos que tal aproximação não será o suficiente para promover uma compreensão dos temas voltados à abordagem CTS, pois os recursos/materiais utilizados têm sua importância no processo. E isso se torna evidente quando Freitag (2017, p.20) nos sugere e faz refletirmos sobre os recursos utilizados quando alega que os “recursos adequados podem representar instrumentos facilitadores capazes de estimular e enriquecer a vivência diária não só dos educadores, mas também dos educandos”.

Concebemos a ideia de que a utilização dos materiais corretos potencializa o processo; porém, quando falamos em materiais, não nos referimos, apenas, a algo concreto, palpável como, por exemplo, reagentes químicos, equipamentos sofisticados e/ou laboratórios bem equipados. Muitos desses recursos podem advir de uma educação não formal, defendida por Ferreira (2015) quando considera que as oportunidades para aprendizagem em ciências atualmente oferecidas em museus, centros de ciências, mídia e iniciativas de divulgação científica desempenham um papel crucial na educação.

À terceira, e última, indagação, Silva e Strieder (2016) pontuam que quando se propõe atividades que atendem as necessidades do aluno, considerando seu contexto social, aumenta o interesse dos alunos diante do que se propõe em sala, além de tornar-se um processo de ensino e aprendizagem, mais significativo e eficiente. Diante do exposto, percebemos o quanto uma abordagem CTS pode colaborar para a qualidade do ensino, uma vez que uma de suas características é, exatamente, trabalhar temáticas de total relevância para o aluno.

Farias et al. (2012, p.64), enfatizam que uma abordagem CTS “incentiva os estudantes a questionar modelos e valores do desenvolvimento científico e tecnológico da nossa sociedade”. E que eles “são estimulados a perguntar, a querer saber e problematizar as complexas inter-relações CTS, por meio da discussão integrada de conhecimentos científicos e tecnológicos e temas considerados socialmente relevantes” (Farias et al., 2012, p.64). Apoiamos a visão dos autores, pois incentivar os alunos a questionar e explorar essas relações é fundamental à formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de enfrentar os desafios contemporâneos de maneira informada e reflexiva.

Essas discussões evidenciam a necessidade de estratégias didáticas que articulem conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais de forma integrada. Nesse contexto, a Sequência Didática constitui uma possibilidade para desenvolver os pressupostos da abordagem CTS, temática discutida no tópico seguinte.

INTEGRANDO CTS E SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

Torna-se necessário, diante das inquietações apresentadas, buscar meios para afrontar tal realidade, entre as quais, a SD, entendida como uma proposta metodológica capaz de organizar e articular diferentes atividades de ensino. Mas do que se trata essa metodologia? Um rascunho de uma lista com tarefas a serem executadas? Para Zabala (1998), Sequências Didáticas são:

[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (Zabala, 1998, p.18).

De acordo com o mesmo autor, no escopo das SD os objetos de estudo abranger três dimensões: dimensão conceitual – o que se deve saber; dimensão procedimental – o que se deve saber fazer; dimensão atitudinal – como deve ser (Zabala, 1998), fundamentais no processo de aprendizagem. Essas dimensões mostram que o conhecimento curricular não se limita a fatos e conceitos, mas envolve também práticas e valores culturais essenciais para o desenvolvimento e socialização dos estudantes.

Ainda sobre SD, Batista (2016, p.4) destaca que uma SD “consiste em propostas metodológicas para a organização e planejamento do ensino, com diferentes aspectos e ênfases”. O autor acrescenta, ainda, que

[...] uma sequência didática deve ser desenvolvida na perspectiva do ensino de conteúdos através de atividades sequenciadas, organizadas com objetivos bem definidos e esclarecidos para os professores e alunos, que contribuirão para a aprendizagem e construção do conhecimento e de novos saberes. Deve, também, servir para a reflexão sobre a prática docente através da observação do seu processo de desenvolvimento e interação entre todos os envolvidos (Batista, 2016, p. 4).

Assim, faz-se necessário conceber a ideia de que uma atividade, que envolve uma SD, não será suficiente como uma intervenção pedagógica se essas estratégias não forem colocadas de forma sequencial, contínua e significativa. Do contrário, essa atividade não consistirá em algo novo, nem contribuirá para um ensino mais efetivo por meio da abordagem CTS e, possivelmente, não será alternativa ao método tradicional de ensino em Química, haja vista que um bom planejamento é imprescindível para que a aprendizagem seja, de fato, relevante.

Dessa forma, para lidar com essa questão, é essencial estabelecer um planejamento cuidadoso de nossa SD, para que a potencialização desse aprendizado seja alcançada. Como sugere Strieder, esse planejamento pode ser dividido em cinco momentos-chave: (i) definição do tema; (ii) delimitação dos objetivos; (iii) articulação temática; (iv) desenvolvimento em sala de aula; (v) socialização dos resultados (Strieder, 2008). Cada um desses momentos desempenha um papel crucial na construção de uma abordagem educacional significativa e engajadora, que promova o interesse dos alunos e facilite sua participação ativa no processo de aprendizagem.

Embora o planejamento cuidadoso da SD seja fundamental para potencializar o aprendizado, é igualmente importante considerar sua validação para garantir que ela realmente auxilie na prática do professor. Para isso, é necessário levar em conta algumas características, conforme proposto por Zabala (1998). Em primeiro plano, a atividade precisa determinar quais os conhecimentos que os alunos já demonstram em relação ao conteúdo a ser apresentado. Além disso, o objeto de estudo

abordado deve ser proposto de modo a ser significativo e funcional para os estudantes, isso estimula o interesse dos alunos e, conseqüentemente, torna o processo de aprendizagem mais efetivo.

Apesar dos desafios, diversos estudos evidenciam o potencial das Sequências Didáticas (SD) para fortalecer o Ensino de Química em diferentes conteúdos e contextos. Entre eles, destacam-se propostas voltadas ao ensino de átomos (Leite et al., 2020), lixo eletrônico (Alves et al., 2018), ligações químicas (Passos Sá; Garritz, 2014), interações intermoleculares (Pereira; Pires, 2012) e água (Costa; Santos, 2015). Esses trabalhos demonstram que as SD favorecem a contextualização dos conteúdos, a problematização de questões científicas e sociais e o desenvolvimento de práticas investigativas, reforçando o papel do professor como pesquisador de sua própria prática. No caso de Costa e Santos (2015), embora a temática da água também seja abordada, o presente estudo diferencia-se por aprofundar especificamente a discussão sobre a água para consumo humano sob a perspectiva CTS.

Nesse contexto, o presente trabalho busca contribuir com o Ensino de Química ao propor uma abordagem que ultrapassa os aspectos puramente científicos. Fundamentado na perspectiva CTS, objetiva ampliar a compreensão dos estudantes sobre os processos químicos, físicos e biológicos envolvidos na purificação e no tratamento da água para consumo humano, articulando-os às dimensões tecnológicas e sociais dessa temática essencial à vida. Nessa perspectiva, os estudantes são incentivados a refletir sobre questões como a equidade no acesso à água, os impactos ambientais da exploração e da distribuição dos recursos hídricos, bem como a analisar criticamente as tecnologias de tratamento, considerando não apenas sua eficácia, mas também seus custos socioeconômicos e ambientais.

Assim, acredita-se que esta proposta, em consonância com Costa e Santos (2015), possa favorecer o desenvolvimento de estudantes capazes de analisar criticamente questões sociais, construir conhecimentos químicos contextualizados e aplicá-los em situações do cotidiano, tornando-se participantes ativos na transformação da realidade em que estão inseridos.

METODOLOGIA

Natureza da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como uma investigação de natureza qualitativa, abordagem que, segundo Flick (2009), considera aspectos como a adequação entre métodos e teorias, as perspectivas dos participantes, a reflexividade do pesquisador e a diversidade de procedimentos de investigação. Nesse tipo de pesquisa, busca-se compreender os fenômenos em seus contextos, valorizando as interpretações e significados construídos pelos sujeitos envolvidos.

Entre as diferentes abordagens da pesquisa qualitativa, optou-se pela pesquisa interventiva, na modalidade de aplicação, por possibilitar não apenas a observação e análise de um fenômeno, mas também a implementação e avaliação de uma proposta didática no contexto escolar. Conforme Pereira (2022), esse tipo de investigação produz um conjunto diversificado de informações, exigindo rigor teórico e metodológico durante a análise dos dados.

Nessa perspectiva, Gatti (2002, p. 30) compreende a pesquisa interventiva como um processo de aproximação e compreensão da realidade, articulando os dados produzidos ao contexto teórico-interpretativo. De forma complementar, Teixeira e Megid Neto (2017) destacam que esse tipo de pesquisa envolve o planejamento, a aplicação da intervenção e a análise dos dados produzidos, permitindo identificar limites e potencialidades da proposta desenvolvida.

Considerando esses pressupostos, esta pesquisa consistiu na elaboração, aplicação e análise de uma Sequência Didática fundamentada na abordagem CTS sobre a temática água para consumo

humano. A intervenção envolveu diferentes estratégias de ensino, como aula expositiva dialogada, visita técnica à Estação de Tratamento de Água (ETA), atividades experimentais, elaboração de mapas conceituais, produção e apresentação de banners, possibilitando analisar as contribuições da proposta para o processo de ensino e aprendizagem no contexto do Ensino Médio.

Contexto e sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola pública estadual de Ensino Médio localizada no interior do estado do Ceará. A instituição funciona em regime de tempo integral e oferta cursos técnicos em Enfermagem, Massoterapia, Contabilidade, Redes de Computadores e Informática, atendendo aproximadamente 514 estudantes distribuídos em 12 turmas.

A escolha da instituição ocorreu por reunir condições favoráveis ao desenvolvimento da proposta, especialmente pela proximidade com uma Estação de Tratamento de Água (ETA), que possibilitou a realização da visita técnica prevista na Sequência Didática, e pela disponibilidade de laboratórios de Ciências e informática utilizados nas atividades experimentais e de pesquisa.

O público-alvo foi uma turma da 2ª série do Ensino Médio Técnico em Enfermagem, composta por 45 estudantes, identificados ao longo da pesquisa por códigos alfanuméricos (ALUN01, ALUN02...), garantindo o anonimato dos participantes. A escolha dessa turma ocorreu porque o currículo contemplava conteúdos relacionados à temática "Água potável: parâmetros físico-químicos e métodos de obtenção", favorecendo a articulação entre os conteúdos escolares e a proposta desenvolvida.

Também participaram da pesquisa quatro professores colaboradores: um de Biologia, um de Física, um de Química e um da base técnica do curso de Enfermagem, identificados como PROF1, PROF2, PROF3 e PROF4. A participação desses docentes possibilitou ampliar as discussões sob diferentes perspectivas, favorecendo a integração entre conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano.

Processo de construção de dados

A construção dos dados desta pesquisa fundamentou-se no rigor metodológico necessário à investigação qualitativa. Conforme destaca Gamboa (2003), pesquisas de qualidade caracterizam-se pela clareza na formulação do problema e pelo rigor na construção das respostas. Com base nesses pressupostos, apresentam-se, nos tópicos seguintes, os procedimentos de proposição, aplicação e validação da Sequência Didática.

Proposição da Sequência Didática

A Sequência Didática foi fundamentada nos pressupostos da Alfabetização Científica, tomando como referência os três eixos estruturantes propostos por Sasseron (2013): investigação, interações discursivas e divulgação de ideias. Esses eixos orientaram o planejamento das atividades, favorecendo a construção ativa do conhecimento, o engajamento dos estudantes e a comunicação das aprendizagens. Além disso, a proposta considerou os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de Zabala (1998), buscando integrar conhecimentos, habilidades e atitudes ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

Para alcançar os objetivos da pesquisa, foram desenvolvidas atividades como aplicação de questionários diagnóstico e prognóstico, aula expositiva dialogada, visita técnica à Estação de Tratamento de Água (ETA), atividades experimentais, elaboração de mapas conceituais, produção e apresentação de banners, entre outras estratégias. Todas as etapas foram planejadas em colaboração com professores da área de Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia), favorecendo a integração entre diferentes componentes curriculares.

Processo de Aplicação da Sequência Didática

A aplicação da Sequência Didática ocorreu ao longo de seis encontros consecutivos, totalizando dez horas-aula, durante as disciplinas de Química, Física e Biologia. As atividades foram organizadas de forma progressiva, contemplando momentos de diagnóstico, problematização, experimentação, sistematização e avaliação da aprendizagem. O Quadro 1 apresenta uma síntese das atividades desenvolvidas e seus respectivos objetivos.

Quadro 1 – Organização da aplicação da Sequência Didática

Encontro	Atividade desenvolvida	Instrumentos
1º	Questionário diagnóstico, aula expositiva dialogada e Padlet	Google Forms, Padlet
2º	Visita técnica à ETA	Relatórios e diário de bordo
3º	Aula prática de laboratório	Observações e registros
4º	Elaboração de mapas conceituais	Mapas conceituais
5º	Apresentação de banners	Banners
6º	Questionário prognóstico	Google Forms

Fonte: Própria (2026).

Ao longo da aplicação da Sequência Didática foram utilizados diferentes instrumentos para a construção dos dados, incluindo questionários diagnóstico e prognóstico (Google Forms), registros no Padlet, visita técnica à Estação de Tratamento de Água, atividades experimentais, elaboração de mapas conceituais e apresentação de banners. A análise dos resultados produzidos por esses instrumentos é apresentada na seção de resultados.

A organização da Sequência Didática considerou os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais propostos por Zabala (1998), articulados aos pressupostos da Alfabetização Científica descritos por Sasseron (2013). O Quadro 2 apresenta a estrutura geral da proposta, evidenciando a relação entre os objetivos de cada encontro, as atividades desenvolvidas e os referenciais que orientaram seu planejamento.

Quadro 2 – Relação entre SD e os conteúdos de Zabala.

Encontro	Atividade	Zabala	Sasseron
Diagnóstico	Questionário inicial	Conceitual	Investigação
Aula expositiva + Padlet	CTS	Conceitual/Atitudinal	Interações discursivas + Divulgação
ETA	Visita técnica	Procedimental	Investigação
Laboratório	Experimentos	Procedimental	Investigação
Mapas conceituais	Sistematização	Conceitual/Procedimental	Divulgação de ideias
Banners	Apresentação	Atitudinal/Procedimental	Divulgação de ideias + Interações discursivas
Prognóstico	Questionário final	Conceitual	Investigação

Fonte: Própria (2024).

Coleta e análise de dados

No contexto atual, a análise de dados se faz indispensável à compreensão aprofundada de fenômenos complexos e à tomada de decisões, fazendo-se uso de números e dados estatísticos, quando se busca uma análise por quantidade; ou em nuances, perspectivas e experiências dos participantes, quando se busca uma natureza mais descritiva.

Considerando o apresentado, empregamos, nesse estudo, uma variedade de métodos para a coleta de dados, incluindo questionários, relatório de aulas práticas, mapas conceituais e outros recursos apresentados na SD, conforme discutido no tópico anterior, os quais serão melhor detalhados nos parágrafos a seguir, permitindo uma exploração mais profunda dos dados coletados e suas interpretações.

Aplicação de questionários

Os questionários diagnóstico e prognóstico constituíram os principais instrumentos para a construção dos dados desta pesquisa. O questionário diagnóstico foi composto por 16 questões abertas, organizadas em torno dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano, possibilitando identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. O Quadro 3 apresenta a organização dessas questões e suas respectivas finalidades.

Quadro 3 – Distribuição das questões do questionário diagnóstico por eixo temático.

Eixo investigado	Questões	Finalidade
Aspectos científicos	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 e Q6	Investigar os conhecimentos relacionados à origem da água, doenças de veiculação hídrica, processos de tratamento, parâmetros de qualidade e conceitos químicos envolvidos na potabilização.
Aspectos tecnológicos	Q7, Q8 e Q9	Identificar a compreensão dos estudantes acerca das tecnologias empregadas no tratamento, monitoramento e distribuição da água, bem como sobre a água envasada.
Aspectos sociais	Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15 e Q16	Analisar as percepções dos estudantes sobre acesso à água tratada, consumo, preservação dos recursos hídricos, saúde pública e sustentabilidade.

Fonte: Própria (2024).

O questionário prognóstico foi estruturado a partir dos mesmos eixos temáticos, contemplando 12 questões abertas elaboradas para avaliar a evolução da aprendizagem dos estudantes após a aplicação da Sequência Didática. Para a análise das respostas, adotaram-se as categorias Resposta Satisfatória (RS), Resposta Pouco Satisfatória (RPS) e Resposta Insatisfatória (RI), propostas por Simões Neto et al. (2013), permitindo uma interpretação sistemática e comparativa dos dados produzidos.

Produção de relatórios

Os encontros referentes à visita técnica à Estação de Tratamento de Água (ETA) e à aula prática de laboratório tiveram como produto a elaboração de relatórios pelos estudantes, utilizados como um dos instrumentos para a construção dos dados da pesquisa.

A análise dos relatórios considerou critérios qualitativos relacionados à compreensão conceitual, à capacidade de observação e à articulação entre teoria e prática. Nos relatórios da visita técnica, foram avaliadas a identificação das etapas do tratamento da água, a clareza das descrições e a relação estabelecida entre os processos observados, a qualidade da água e seus impactos sociais e ambientais.

Nos relatórios da aula prática, além da descrição das atividades realizadas, foram analisados os cálculos desenvolvidos, a adequação das respostas às questões propostas e a capacidade de interpretar os resultados à luz dos conceitos trabalhados durante a Sequência Didática.

Mapas Conceituais

Os mapas conceituais constituíram um dos instrumentos de construção dos dados desta pesquisa, por possibilitarem analisar como os estudantes organizaram e relacionaram os conhecimentos construídos ao longo da Sequência Didática. Fundamentados na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), esses mapas favorecem a representação das relações entre conceitos e a identificação das conexões estabelecidas pelos estudantes durante o processo de aprendizagem.

A análise das produções foi realizada com base nas categorias propostas por Diniz Júnior e Silva (2014): (i) utilização exclusiva de conceitos científicos; (ii) articulação entre conceitos científicos e questões sociais e/ou tecnológicas; e (iii) utilização exclusiva de questões sociais. Essas categorias, apresentadas no Quadro 4, orientaram a interpretação dos mapas produzidos pelos estudantes.

Quadro 4 – Descrição das categorias utilizadas para a coleta de dados.

Categorias	Definição
A. Momento em que alunos só usam os conceitos científicos	Esta categoria refere-se ao momento em que os alunos utilizarão exclusivamente conhecimentos científicos em suas respostas ou discussões.
B. Momento em que alunos associam conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas	Nesta categoria, observaremos quando os alunos associarão os conceitos científicos discutidos com questões sociais e/ou tecnológicas, reconhecendo a interconexão entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.
C. Momento em que alunos só usam questões sociais	Aqui, focaremos nas instâncias em que os alunos se concentram exclusivamente em questões sociais, sem necessariamente incorporar conhecimentos científicos em suas análises.

Fonte: Diniz Júnior e Silva (2014)

Confecção e apresentação de *banners*

A confecção e apresentação de banners constituíram um dos instrumentos de construção dos dados desta pesquisa, possibilitando analisar a capacidade dos estudantes de sistematizar e comunicar os conhecimentos construídos ao longo da Sequência Didática. Os banners foram elaborados em equipes e contemplaram os conteúdos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano.

A avaliação das apresentações considerou quatro critérios: (i) clareza na exposição das informações; (ii) domínio do conteúdo; (iii) organização visual do banner; e (iv) adequação das respostas aos questionamentos dos avaliadores. Esses critérios permitiram analisar tanto a apropriação dos conhecimentos quanto a capacidade de comunicação e argumentação desenvolvidas pelos estudantes durante a atividade.

Debates (*Feedbacks*)

Os debates realizados ao longo da aplicação da Sequência Didática constituíram um importante instrumento para a construção dos dados, permitindo acompanhar as argumentações, os questionamentos e as reflexões dos estudantes durante o desenvolvimento das atividades. Os registros

produzidos nesses momentos foram analisados por meio de procedimentos de codificação e categorização, possibilitando identificar padrões, convergências e divergências nas percepções dos participantes.

Como estratégia complementar, utilizou-se um diário de bordo para registrar observações, acontecimentos e reflexões decorrentes da aplicação da Sequência Didática. Esses registros contribuíram para contextualizar as análises e subsidiaram a triangulação entre as diferentes fontes de dados produzidas ao longo da pesquisa.

Através desses recursos, esperamos, assim como propõe Gatti (2002, p.11), “nos servimos para a geração de algum conhecimento que acrescente alguma coisa à compreensão do problema que nos interessa”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente seção, será feita a apresentação dos resultados da nossa SD obtidos através da aplicação de questionários e das diversas atividades desenvolvidas. A aplicação do formulário diagnóstico permitiu avaliar o conhecimento inicial dos alunos sobre a água e seu tratamento. Além disso, serão discutidos os resultados das aulas expositivas, que exploraram aspectos científicos, tecnológicos e sociais, e da visita à estação de tratamento de água da CAGECE, que ofereceu uma experiência prática essencial.

Também serão abordados os resultados das análises químicas, físicas e biológicas da água, a confecção de mapas conceituais com uma abordagem CTS, e a apresentação de *banners* para a comunidade escolar. Cada uma dessas etapas contribuiu para uma compreensão mais aprofundada do tema. Finalmente, a nova aplicação de formulário que permitiu avaliar o impacto das intervenções realizadas e a evolução do conhecimento dos alunos.

Aplicação do formulário diagnóstico

Com o objetivo de avaliar o nível de conhecimento prévio e as percepções iniciais dos estudantes sobre a temática água para consumo humano, foi aplicado um questionário diagnóstico composto por dezesseis questões. O instrumento contemplou conteúdos conceituais relacionados à origem da água, processos de tratamento, parâmetros de qualidade, potabilidade e suas interfaces com aspectos científicos, tecnológicos e sociais. Participaram dessa etapa 42 estudantes, enquanto três estiveram ausentes no dia da aplicação.

Para fins deste artigo, foram selecionadas as questões do questionário diagnóstico que apresentam correspondência com o questionário final, possibilitando analisar os conhecimentos prévios dos estudantes e sua evolução após a aplicação da Sequência Didática.

Acerca da primeira pergunta, que indagava o aluno sobre “a origem da água que utilizamos em nossas casas”, as respostas variaram amplamente. Das 42 respostas, 12 estavam corretas, indicando que a água vinha de poços profundos ou lençóis freáticos. Todavia, muitas respostas apontaram outras fontes, como rios, lagos e lagoas. Também foram mencionadas cacimbas, cisternas e poços artesianos, respostas compatíveis com a realidade de estudantes residentes na zona rural. Esses resultados evidenciam que parte dos estudantes apresentava dificuldades em distinguir a origem natural da água do sistema de captação utilizado para o abastecimento público.

A respeito dos primeiros conceitos, quando questionados sobre “quais as doenças poderiam surgir na ausência de água tratada”, os alunos apresentaram uma variedade de respostas. Entre as

doenças frequentemente mencionadas estavam leptospirose, esquistossomose, diarreia, hepatite A, cólera e febre tifoide. Também foram citadas enfermidades cuja transmissão não ocorre diretamente pela água, evidenciando conhecimentos parciais acerca da relação entre qualidade da água e saúde pública.

Ainda no âmbito dos conhecimentos científicos, quando questionados sobre os processos envolvidos no tratamento da água em Estações de Tratamento de Água (ETAs), alguns estudantes conseguiram citar corretamente etapas como coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Entretanto, observou-se que 28 estudantes (66,66%) declararam não conhecer as ETAs ou afirmaram nunca ter ouvido falar sobre elas. Além disso, algumas respostas evidenciaram confusão em relação aos processos de tratamento, com a utilização de conceitos não relacionados ao contexto investigado. Esses resultados indicam que, embora parte da turma apresentasse conhecimentos prévios sobre o tratamento da água, predominavam lacunas conceituais que justificavam o aprofundamento dessa temática ao longo da Sequência Didática.

Nesse contexto, quando questionados sobre como classificavam a água recebida em suas residências, a maioria dos estudantes a identificou corretamente como uma mistura homogênea, justificando a presença de sais minerais dissolvidos e os processos de tratamento empregados. Entretanto, parte da turma classificou-a como substância pura ou mistura heterogênea, evidenciando dificuldades em compreender a composição química da água tratada e sua relação com a potabilidade.

Quanto aos métodos de separação empregados nas ETAs, a maioria dos estudantes mencionou corretamente processos como filtração, decantação e floculação. Entretanto, 40,47% apresentaram respostas incorretas ou citaram técnicas incompatíveis com o tratamento convencional da água, como catação, levigação, separação magnética, sifonação e ventilação, evidenciando dificuldades na aplicação desses conceitos ao contexto investigado.

Referente ao segundo questionamento do eixo tecnológico, os alunos identificaram vários fatores que contribuem a má qualidade da água e sugeriram diversas abordagens que a comunidade pode adotar para enfrentar esses problemas. A falta de saneamento básico foi uma das causas mais mencionadas, sendo destacada pela ausência de infraestrutura adequada para o tratamento e distribuição de água. A poluição e o péssimo tratamento desse recurso também foram citados, apontando sugestões de campanhas de sensibilização para diminuir a poluição e manter a cidade limpa e a água conservada.

De acordo com Antunes et al. (2014, p.75), “conhecer os fatores que ameaçam a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em contextos específicos pode contribuir para a preservação desses reservatórios”. Porém, como afirma Porto-Gonçalves (2011, p. 38), “o problema é que boa parte da produção do conhecimento a respeito do tema da água [...] vê a sociedade de um lado e a natureza de outro, como se a sociedade não tivesse nada a ver com a crise da água”.

Concluindo os questionamentos referentes ao eixo tecnológico, observou-se que a maioria dos estudantes demonstrou confusão ou desconhecimento sobre os diferentes tipos de água envasada, uma vez que 73,8% declararam não saber responder corretamente à questão proposta. Entre as respostas apresentadas, destacaram-se a diferenciação baseada apenas nos rótulos, a confusão entre água mineral e outras formas de água envasada e, em alguns casos, o desconhecimento sobre o próprio conceito de água envasada. Apenas 23,8% dos estudantes identificaram corretamente que nem toda água envasada é necessariamente mineral. Esse resultado reforça a relevância da temática escolhida para a pesquisa, evidenciando uma lacuna de conhecimentos acerca de um produto presente no cotidiano dos estudantes e diretamente relacionado às discussões propostas pela abordagem CTS.

No eixo ambiental e social, os estudantes foram questionados sobre suas percepções acerca dos recursos hídricos, das mudanças climáticas e do acesso à água tratada. A maioria demonstrou preocupação com a possibilidade de escassez desse recurso no futuro, relacionando esse cenário ao

crescimento populacional, ao desperdício de água e às atividades humanas. Como alternativas para minimizar esses problemas, destacaram o consumo consciente, o reuso da água e ações de conscientização da população. Essa percepção pode ser observada na seguinte resposta: *“Simmm, acredito que um dia pode acabar, e vai acabar se continuarmos nesse ritmo, mas pode ajudar se economizar mais água, e fazer um bom uso dela”* (ALUN04); Embora predominassem respostas voltadas à preservação dos recursos hídricos, também foram identificadas concepções distintas, como a do estudante ALUN36: *“Não, creio que a água é algo inacabável pois é um ciclo bastante forte e simultâneo, para ser destruído ou modificado.”* (ALUN36)

Essa resposta evidencia que, embora o estudante reconheça corretamente a existência do ciclo hidrológico, ainda apresenta dificuldades em compreender que a disponibilidade de água para consumo humano depende não apenas da quantidade existente no planeta, mas também de sua qualidade e das condições de acesso, aspectos centrais das discussões desenvolvidas ao longo da Sequência Didática.

De modo geral, o questionário diagnóstico revelou uma diversidade de conhecimentos e percepções acerca da origem da água, dos processos de tratamento, da qualidade da água, do consumo de água envasada e das questões ambientais relacionadas ao tema. As respostas evidenciaram conhecimentos prévios importantes, mas também lacunas conceituais referentes aos processos científicos e tecnológicos envolvidos no tratamento da água e às relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Esses resultados subsidiaram o planejamento da Sequência Didática, direcionando as atividades para os aspectos que demandavam maior aprofundamento ao longo da intervenção. Os resultados dessas intervenções são apresentados nos tópicos seguintes.

Aula expositiva sobre abordagem CTS associados à água para consumo humano

A aplicação do questionário diagnóstico, apresentada no tópico anterior, teve como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática investigada. Após essa etapa, realizou-se uma aula expositiva dialogada, utilizando vídeos e slides, para aprofundar os aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano.

Inicialmente, foram apresentados os resultados do questionário diagnóstico, promovendo uma discussão sobre o consumo de água envasada entre os estudantes. Em seguida, abordaram-se aspectos relacionados à importância da água para a saúde, aos processos de tratamento e ao controle de sua qualidade, articulando esses conhecimentos às dimensões científicas, tecnológicas e sociais da temática.

Também foram apresentados dados sobre o acesso à água tratada no mundo, no Brasil e no Ceará. Essas informações despertaram o interesse dos estudantes e ampliaram as discussões sobre a conservação dos recursos hídricos, o acesso à água tratada e suas implicações para a saúde pública.

Durante as discussões, observou-se que alguns estudantes apresentavam conhecimentos parciais acerca dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados ao tratamento da água, reforçando a necessidade de aprofundar essas temáticas ao longo da Sequência Didática.

No decorrer da apresentação, a maioria dos estudantes participou ativamente dos debates, formulando perguntas e contribuindo para as discussões propostas. Aqueles que optaram por não se manifestar oralmente registraram suas percepções na atividade final do encontro, por meio de um mural virtual construído na plataforma Padlet (Figura 1), disponível em: <https://padlet.com/fcofabianoaraujo/aspectos-cient-ficos-sociais-e-tecnol-gicos-sobre-gua-para-c-r16qtd8mnemuil0q>.

Figura 1 – Mural *Padlet* construído pelos alunos.



Fonte: Imagens próprias (2024).

As contribuições registradas no Padlet evidenciaram que os estudantes compreenderam o tratamento da água para além de seus aspectos conceituais, destacando principalmente questões relacionadas ao direito de acesso à água potável, à saúde pública e ao saneamento básico. Essa compreensão pode ser observada no comentário a seguir:

É importante destacar que o acesso à água potável é um direito humano fundamental. Portanto, o tratamento de água desempenha um papel crucial na promoção da saúde e bem-estar das comunidades, especialmente em áreas onde o acesso à água limpa é limitado.
(ALUN01)

Outra percepção recorrente foi a surpresa dos estudantes diante do número de pessoas sem acesso à água tratada, realidade pouco presente em seu contexto local, como ilustra o comentário a seguir.

Algo que me chamou bastante atenção foi a quantidade de pessoas que não possuem acesso a água tratada, e com isso, essas pessoas acabam tendo uma maior facilidade de adquirir doenças causadas pela falta do acesso a uma água limpa. Além disso, outro ponto de grande relevância é a importância da água ter que passar por todos os processos de seu tratamento, para ser utilizada sem causar danos ao ser humano (ALUN16).

As manifestações registradas no Padlet evidenciaram que as discussões realizadas durante a aula ultrapassaram os aspectos conceituais relacionados ao tratamento da água, incorporando reflexões sobre desigualdade no acesso, saúde pública e políticas de saneamento. Essa compreensão está em consonância com a abordagem CTS, ao evidenciar a articulação entre conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais presentes na realidade dos estudantes.

Visita técnica à Estação de Tratamento de Água (ETA) da CAGECE

A visita técnica à Estação de Tratamento de Água constituiu um dos momentos centrais da Sequência Didática, pois permitiu aos estudantes relacionar os conhecimentos discutidos em sala de aula com os processos observados na prática. Durante a atividade, foi possível acompanhar as diferentes etapas do tratamento da água, desde a captação até a distribuição, favorecendo a compreensão de conceitos químicos relacionados aos processos de separação de misturas, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

Além da compreensão dos aspectos científicos envolvidos no tratamento da água, a visita ampliou as discussões sobre questões tecnológicas e sociais relacionadas ao abastecimento público, permitindo aos estudantes refletirem sobre qualidade da água, infraestrutura de saneamento e acesso à água potável. Esses elementos foram retomados nas atividades posteriores da Sequência Didática e evidenciados nas respostas dos estudantes ao questionário final.

Captação da água

Na ETA visitada, a etapa de gradeamento não foi observada, pois a água utilizada para tratamento e distribuição é proveniente de poços profundos, dispensando esse procedimento. Essa característica permitiu retomar a primeira questão do formulário diagnóstico, na qual a maioria dos estudantes demonstrou desconhecer a origem da água distribuída em suas residências. A visita contribuiu para esclarecer essa questão, relacionando os conhecimentos discutidos em sala à realidade local.

Embora não tenha sido possível acompanhar integralmente a etapa de adução, os estudantes observaram o sistema de tubulações da ETA e discutiram a substituição das antigas tubulações de ferro por materiais poliméricos. Essa observação possibilitou abordar conceitos de eletroquímica relacionados ao processo de oxidação do ferro, representado pela Equação (1).

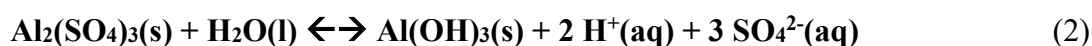


A discussão permitiu relacionar conceitos de eletroquímica e polímeros a uma aplicação prática presente no sistema de abastecimento de água, evidenciando a integração entre conhecimentos químicos e tecnológicos.

Coagulação, floculação, decantação e filtração

Durante a visita, os estudantes acompanharam as etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração, tanto por meio da maquete da ETA quanto pela observação direta do sistema de tratamento. Essa experiência possibilitou revisar conceitos relacionados aos métodos de separação de misturas e às substâncias químicas empregadas no tratamento da água.

Na etapa de coagulação é adicionado sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), que reage com a água formando hidróxido de alumínio (Al(OH)_3), conforme apresentado na Equação 2.



A discussão dessa reação permitiu aos estudantes compreenderem a função do hidróxido de alumínio na remoção de impurezas presentes na água. Observou-se que muitos ainda apresentavam dificuldades em diferenciar coagulação e floculação, tratando-as como uma única etapa. A visita contribuiu para esclarecer essa distinção e relacionar esses processos às etapas subsequentes de decantação e filtração.

A etapa de *decantação* possibilitou retomar o conceito de densidade, conteúdo comum à Química e à Física, permitindo aos estudantes compreenderem como esse princípio está relacionado à sedimentação das partículas e à remoção dos sólidos presentes na água. Na *filtração*, os estudantes observaram a utilização de diferentes materiais porosos, como pedras, cascalho, areia e carvão ativado, responsáveis pela retenção das impurezas remanescentes. Um aspecto que chamou a atenção da turma foi a elevada concentração de ferro acumulada nos filtros (Figura 2), evidenciando a importância dessa etapa para a qualidade da água distribuída.

Figura 2 – Pedras dos filtros antes e após utilização.

Fonte: Imagens próprias (2024)

A coagulação, a floculação, a decantação e a filtração são processos importantes no tratamento de água, os quais desempenham papéis vitais na remoção de impurezas e contaminantes. Esses métodos garantem a qualidade e a segurança da água, tornando-a adequada para consumo humano e utilização em diversas aplicações industriais e agrícolas.

Desinfecção da água

A desinfecção da água, destinada a eliminar microrganismos patogênicos e garantir sua segurança microbiológica, pode ser realizada com auxílio de diversas substâncias químicas, destacando-se o cloro (Cl_2), o dióxido de cloro (ClO_2), o ozônio (O_3) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Cada uma apresenta propriedades desinfetantes específicas, atuando na inativação de vírus, bactérias e protozoários presentes na água tratada, contribuindo para a prevenção de doenças de veiculação hídrica.

Durante a visita, os estudantes compreenderam a atuação do cloro como agente oxidante responsável pela desinfecção da água e pela manutenção da segurança microbiológica ao longo da rede de distribuição.

Essa etapa favoreceu uma abordagem interdisciplinar com Biologia e Enfermagem, permitindo discutir microbiologia, controle de doenças e saúde pública a partir de uma situação concreta observada na ETA. A participação das professoras dessas áreas contribuiu para ampliar essas discussões.

Correção de pH e fluoretação

Durante a visita à CAGECE, observou-se que duas etapas importantes do tratamento não eram realizadas: a correção de pH e a fluoretação. A ausência da correção de pH justificava-se pelo fato de a água captada já apresentar valores dentro da faixa adequada para consumo humano, dispensando ajustes adicionais durante o tratamento.

Essa condição foi confirmada durante a visita ao laboratório de controle de qualidade da ETA (Figura 3), onde os estudantes acompanharam as análises de pH, turbidez e cor. A atividade possibilitou discutir conceitos relacionados à acidez, basicidade e escala de pH, contextualizando conteúdos previamente abordados em sala de aula.

Figura 3 – Realização de análises de pH, turbidez e cor no laboratório da CAGECE.

Fonte: Imagens próprias (2024).

As análises evidenciaram pH próximo de 6,8, além de turbidez, cor e concentração de cloro dentro dos padrões de potabilidade. Também foi discutida a formação de trihalometanos decorrente do excesso de cloro, temática posteriormente aprofundada em uma atividade específica da Sequência Didática.

A fluoretação desempenha importante papel na saúde pública ao contribuir para a prevenção de cáries por meio da adição controlada de flúor à água tratada. Embora essa etapa não fosse realizada na ETA visitada, a discussão permitiu refletir sobre seus benefícios e sobre os fatores que podem influenciar sua implementação, incluindo aspectos econômicos e de gestão dos sistemas de abastecimento.

Distribuição da água

Após o tratamento nas ETAs, a distribuição da água depende de cálculos físicos, especialmente relacionados à pressão hidráulica. A altura de torres e reservatórios é definida para aproveitar o efeito gravitacional, garantindo um fluxo contínuo e a chegada da água às residências com pressão adequada.

Sendo mais específico, quando se quer calcular a pressão hidrostática, pressão necessária para distribuir a água de forma eficiente, utiliza-se o teorema de Stevin $P = d \cdot g \cdot h$, onde P = pressão hidrostática, d = densidade da água, g = gravidade e h = altura. Com essa fórmula foi possível calcular qual a pressão hidrostática da torre de distribuição da ETA visitada, Figura 4.

Figura 4 – Torre de distribuição de água.

Fonte: Imagens próprias (2024)

Conhecendo-se os valores,

$$P = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 26 \text{ m}$$

$$P = 254.800 \text{ N/m}^2$$

Os cálculos físicos discutidos durante a visita evidenciaram que a utilização da gravidade como força motriz reduz o consumo de energia e aumenta a eficiência operacional do sistema de distribuição. Essa discussão permitiu integrar conteúdos de Física ao contexto do tratamento da água, ampliando a compreensão dos estudantes sobre o funcionamento das ETAs.

A visita técnica proporcionou aos estudantes uma experiência prática que favoreceu a articulação entre os conteúdos conceituais e procedimentais propostos por Zabala (1998), permitindo observar, analisar e interpretar processos relacionados ao tratamento da água em um contexto real.

Como atividade de sistematização, os estudantes elaboraram relatórios sobre a visita, os quais constituíram uma das fontes de dados desta pesquisa e evidenciaram o desenvolvimento de habilidades de observação, registro e análise crítica.

A análise dos relatórios evidenciou coerência entre as observações realizadas na ETA e os conhecimentos discutidos ao longo da Sequência Didática, como ilustram os depoimentos a seguir: *“Concluimos que a visita a ETA de Bela Cruz proporcionou uma compreensão mais profunda sobre a importância da água como recurso vital para a sobrevivência humana e a preservação dos ecossistemas naturais”* (ALUN04; ALUN22); e *“Portanto, é perceptível que essa visita foi de extrema relevância para a compreensão sobre o funcionamento das ETAs, bem como sua importância e para a formação acadêmica”* (ALUN03; ALUN13);

Os professores envolvidos diretamente também manifestaram suas satisfações através de comentários como o abaixo:

"A visita técnica à CAGECE foi de extrema relevância para a construção de uma aprendizagem significativa [...]. A visita técnica propiciou a solidificação e ampliação de conceitos, saberes e habilidades sobre as etapas envolvidas na Estação de Tratamento de Água (ETA). Nesse sentido, visitas como essa são indispensáveis para fortalecer o processo de ensino e aprendizagem da Biologia." (PROF1)

Os professores participantes também destacaram a relevância da visita para consolidar conhecimentos discutidos anteriormente em sala e fortalecer a integração entre diferentes áreas das Ciências da Natureza.

Análises Física, Química e Biológica da água

Nosso terceiro encontro consistiu em uma aula no laboratório de Química da escola, voltada para a realização de experimentos de análises químicas, físicas e biológicas da água. O principal objetivo desse momento foi aprofundar a compreensão sobre os diferentes parâmetros de qualidade da água, promovendo a aplicação de métodos científicos na avaliação da potabilidade e na identificação de potenciais contaminações, contribuindo para a formação de uma visão crítica e responsável em relação ao uso e preservação dos recursos hídricos.

O encontro contou com a participação de um professor do IFCE de Acaraú, que introduziu conceitos relacionados aos parâmetros físicos da qualidade da água, destacando análises de sólidos, turbidez, cor, sabor e odor.

Para a realização de experimentos, utilizamos amostras A, B e C que correspondiam a amostras de água da ETA que chegava aos bebedouros dos alunos, água mineral e água que chegava, também da ETA, às torneiras do laboratório. No primeiro procedimento foi realizada a análise de sólidos.

Inicialmente, 100 mL de cada amostra foram colocados em cadinhos e levados à estufa para evaporação da água. Após a secagem, realizou-se a pesagem do resíduo sólido, possibilitando determinar a concentração de sólidos totais dissolvidos.

De posse dos valores, aplicamos a fórmula

$$\text{TDS (mg/L)} = P_1 - P_0 \times 1000/V,$$

onde P_1 peso do resíduo seco em estufa + cadinho, P_0 é o peso do cadinho e V equivale ao volume da amostra em L. Abaixo o resultado apresentado pela amostra C.

$$\text{ST (mg/L)} = 58,552 - 58,514 \times 1000/0,1 = 380 \text{ mg/L}$$

Os valores obtidos foram de 630 mg/L (A), 520 mg/L (B) e 380 mg/L (C). Segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 2021), todas as amostras encontravam-se dentro do padrão de potabilidade para sólidos totais dissolvidos, cujo Valor Máximo Permitido é de 1.000 mg/L. Entre elas, a amostra C apresentou a menor concentração desse parâmetro, enquanto as amostras A e B registraram valores superiores, porém ainda dentro do limite estabelecido pela legislação vigente.

O equipamento utilizado para a análise de turbidez apresentou um problema técnico, impossibilitando a realização prática desse procedimento. Ainda assim, o professor discutiu teoricamente a importância desse parâmetro na avaliação da qualidade da água, destacando a diferença entre cor e turbidez. Enquanto a cor pode ser removida por filtração, a turbidez geralmente requer processos adicionais, como a sedimentação.

Exploramos também os parâmetros químicos da água, como a presença de fósforo (P), nitrogênio (N), sulfato (SO_4^{2-}), íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), potencial hidrogeniônico (pH) e alcalinidade. Devido ao tempo e/ou falta de reagentes específicos, realizamos a parte prática referente aos três últimos citados.

Para determinar a quantidade de íons cálcio e magnésio nas amostras, Figura 5a, parâmetros que determinam a dureza da água, utilizamos a substância preto de eriocromo T ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{SNa}$), Figura 5b, um indicador complexométrico utilizado em titulações e que apresenta variação de cor lilás (roxo), Figura 5c, para uma coloração azul-escuro, Figura 5d. Essa variação de cor indica a presença desses íons na solução, quanto mais escuro for a tonalidade do azul, mais íons estarão presentes.

Figura 5 – Realização de análises químicas da água: (a) Realização de análise de dureza da água; (b) Indicador utilizado na análise; (c) Início da titulação; e (d) término da titulação



Fonte: Imagens próprias (2024).

A determinação da dureza foi realizada por titulação complexométrica com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), empregando-se a fórmula abaixo:

$$\text{Dureza}_{(\text{mg/L})} = V_{\text{EDTA}} (\text{mL}) \times 0,0125\text{M} \times 50.000 / V(\text{H}_2\text{O}),$$

em V_{EDTA} é o volume de ácido etilenodiamino tetra-acético ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) utilizado, 0,0125M é a concentração em quantidade de matéria dessa substância, o 50.000 é da fórmula e $V(\text{H}_2\text{O})$ corresponde ao volume da água, em mL, utilizada na titulação.

Na análise de 50 mL de água da amostra A, foi utilizado 1,6 mL do EDTA na titulação, o que resultou no cálculo abaixo:

$$\text{Dureza}_{(\text{mg/L})} = 1,6\text{mL} \times 0,0125\text{M} \times 50.000 / 50 = 20 \text{ uT}$$

Repetindo o procedimento nas outras duas amostras chegamos aos valores de 5,6 uT para a amostra B e 2,5 uT, para a amostra C. Embora a amostra B tenha se aproximado do limite, apenas a amostra C estava dentro do padrão.

Quanto ao pH, embora seja do conhecimento dos alunos que pode ser determinado pela fórmula $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, a determinação do pH das amostras foi facilitada, já que dispusemos de um pHmetro digital, Figura 6.

Figura 6 – Medição de pH das amostras.



Fonte: Imagens próprias (2024).

Vale destacar o cuidado na limpeza do equipamento com água destilada, para que nenhuma impureza ou vestígio das outras soluções interferissem nos resultados. Após os procedimentos, chegamos aos seguintes resultados:

Tabela 1 – Valores de pH das amostras analisadas

Amostras	Valores de pH
A	8,17
B	8,15
C	7,93

Fonte: própria (2024).

Diante dos valores obtidos, concluímos que as três amostras estão dentro do padrão, pois de acordo com o Ministério da Saúde (2021), o pH da água potável deve apresentar valores entre 6,0 e 9,5.

No último parâmetro químico, o teste da alcalinidade, fizemos uso de uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), de concentração 0,1N e um indicador ácido-base. Esse teste é utilizado para determinar a concentração de íons carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-) estão presentes na água. Inicialmente acrescentamos à solução de ácido, algumas gotas do indicador alaranjado de metila, que resultou em uma coloração amarela. À medida que a titulação ia acontecendo, essa coloração alterou

para laranja, o que indicava que os íons carbonato e bicarbonato presentes na solução, tinham sido neutralizados pela solução ácida presente na bureta.

Para determinar o teor de alcalinidade utilizamos a fórmula:

$$\text{Alcalinidade} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 0,02\text{N} \times 50.000/V(\text{H}_2\text{O}),$$

onde $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ é o volume de ácido utilizado, 0,02M é a concentração dessa substância medida em normalidade, o 50.000 da fórmula e $V(\text{H}_2\text{O})$ corresponde ao volume da água, em mL, utilizada na titulação. Com os cálculos realizados chegamos aos valores: 70 mg/L, para a amostra A; 85 mg/L, para a amostra B; e 25 mg/L, para a amostra C, todas dentro do padrão já que a OMS recomenda uma concentração entre 20 e 200 mg/L.

As análises biológicas foram discutidas apenas de forma teórica, devido ao tempo necessário para sua execução e à demanda por reagentes específicos. Ainda assim, foram abordados indicadores microbiológicos importantes, como coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, ressaltando sua relevância para a avaliação da qualidade da água.

Foi perceptível que as duas aulas destinadas a essa prática não foram o suficiente para que todos os cálculos, das análises físicas e químicas, fossem assimilados. Isso ficou claro nos relatórios apresentados pelos alunos, pois ficou perceptível que abordagens mais teóricas apresentaram melhores resultados quando comparadas com as que necessitavam de cálculos. Mas isso não é surpresa para nós visto que Zabala (1998) já afirmava que, ao trabalhar com SD, seria essencial respeitar o nível de desenvolvimento de cada aluno, propondo atividades adequadas às suas capacidades. O que nos faz acreditar que revisitações em livros e sites para maior aprofundamento do assunto, assim como algumas explicações em salas são fundamentais para a assimilação desse conteúdo.

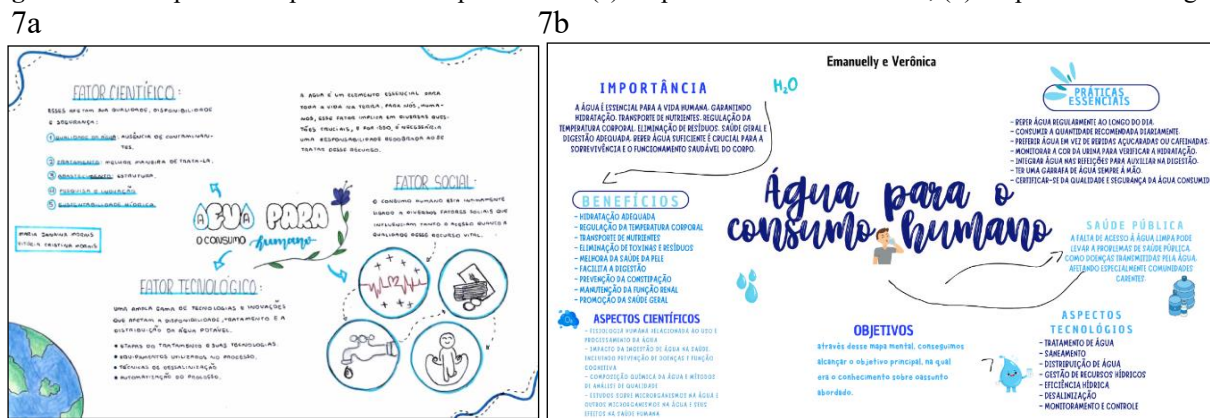
A aula prática evidenciou a integração entre conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, conforme proposto por Zabala (1998). Os estudantes mobilizaram conhecimentos teóricos sobre parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, aplicaram procedimentos laboratoriais e desenvolveram atitudes relacionadas ao rigor científico, ao trabalho colaborativo e à responsabilidade diante da preservação dos recursos hídricos.

Mapas conceituais

No quarto encontro, os alunos, organizados em grupos de até três integrantes, elaboraram mapas conceituais sobre a temática "Água para Consumo Humano". A atividade teve como objetivo favorecer a síntese, a organização e a articulação dos conhecimentos construídos ao longo da Sequência Didática, possibilitando relacionar conceitos científicos, tecnológicos e sociais da temática estudada.

Inicialmente, os estudantes realizaram pesquisas no laboratório de informática e, em seguida, organizaram as informações em mapas conceituais. Na apresentação da proposta, foi enfatizada a necessidade de contemplar não apenas os aspectos científicos, mas também as dimensões tecnológicas e sociais relacionadas ao tema.

Os estudantes puderam optar pela elaboração dos mapas em formato manuscrito ou utilizando ferramentas digitais, como *PowerPoint* e *Canva*. Os mapas produzidos em papel foram entregues ao final da atividade, enquanto os digitais foram encaminhados por e-mail. A Figura 7 apresenta exemplos das produções elaboradas.

Figura 7 – Exemplos de mapas conceituais produzidos. (a) Mapa conceitual manuscrito; (b) Mapa conceitual digital.

Fonte: Imagens próprias (2024).

Para uma análise mais detalhada das respostas, foram utilizadas as categorias propostas por Diniz Júnior e Silva (2014). As demais 17 produções seguiram o formato dos mapas conceituais apresentados nas Figuras 7a e 7b, contemplando comentários relacionados aos aspectos científicos, tecnológicos e sociais da temática estudada. Conforme as categorias apresentadas no Quadro 3, as produções foram classificadas predominantemente na categoria B, correspondente ao momento em que os estudantes conseguem estabelecer relações entre conceitos científicos e questões sociais e/ou tecnológicas. Esse resultado evidencia que os estudantes não se limitaram à apresentação de conceitos isolados, mas passaram a articulá-los com situações que envolvem o tratamento da água e seus impactos na sociedade, aspecto coerente com os pressupostos da abordagem CTS. A predominância dessa categoria também sugere que a organização da Sequência Didática favoreceu a integração entre conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais, objetivo presente desde as atividades iniciais da proposta, quando esses aspectos passaram a orientar as discussões e problematizações realizadas em sala de aula.

Entre os conhecimentos científicos abordados, destacaram-se os processos de análise da qualidade da água, sua composição química e os parâmetros físico-químicos. No âmbito tecnológico, foram discutidos os sistemas de monitoramento de consumo, volume, vazão e pressão, além dos métodos de tratamento de água. Já no contexto social, os alunos abordaram questões como o acesso à água, o viés econômico, a importância do abastecimento de água no mundo, a higiene pessoal e a saúde pública.

A diversidade de aspectos identificados nos mapas conceituais evidencia que os estudantes mobilizaram conhecimentos para além dos conceitos químicos isolados, estabelecendo relações entre dimensões científicas, tecnológicas e sociais da temática investigada. Essa articulação é coerente com os pressupostos da abordagem CTS, que propõe compreender os conteúdos científicos em diálogo com problemas presentes na realidade dos estudantes. Nesse sentido, os mapas conceituais constituíram uma evidência de que a Sequência Didática favoreceu a integração desses diferentes saberes ao longo das atividades desenvolvidas.

Apresentação de banners

O quinto encontro consistiu na apresentação de banners para a comunidade escolar (Figura 8). A atividade teve como objetivo socializar os conhecimentos construídos ao longo da Sequência Didática, estimulando o trabalho colaborativo, a comunicação científica e a interação entre os estudantes e a comunidade escolar. Para isso, a turma foi organizada em nove grupos, responsáveis pela apresentação das diferentes atividades desenvolvidas durante a pesquisa.

Figura 8 – Apresentação de *banners* pelas equipes.

Fonte: Imagens próprias (2024).

Os três primeiros grupos apresentaram, respectivamente, os processos de tratamento da água, os principais aspectos observados durante a visita à ETA e as atividades desenvolvidas na aula prática de laboratório. As apresentações evidenciaram que os estudantes conseguiram relacionar os conhecimentos discutidos ao longo da Sequência Didática com situações observadas na prática, articulando conceitos químicos aos processos de tratamento da água.

Os grupos quatro, cinco e seis abordaram os aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano. No eixo científico, destacaram os processos de tratamento, o controle de qualidade da água e o monitoramento de contaminantes. No eixo tecnológico, discutiram inovações aplicadas às ETAs, como sistemas de membranas, processos de oxidação avançada, nanotecnologia, sensores, monitoramento remoto, automação e inteligência artificial. Já no eixo social, enfatizaram questões relacionadas ao acesso à água tratada, às desigualdades socioeconômicas, à saúde pública, à educação para o consumo consciente e à necessidade de investimentos em saneamento básico.

Os três últimos grupos apresentaram os mapas conceituais produzidos durante a Sequência Didática, curiosidades reunidas na temática "Água em números" e os diferentes tipos de água destinados ao consumo humano, discutindo suas características, aplicações e critérios de potabilidade.

A apresentação dos banners evidenciou que os estudantes conseguiram comunicar os conhecimentos construídos ao longo da Sequência Didática de forma organizada e fundamentada, mobilizando competências relacionadas ao conhecimento, à comunicação, à argumentação e ao pensamento científico, crítico e criativo, previstas na BNCC. Além disso, a atividade favoreceu a integração dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, em consonância com a proposta de Zabala (1998).

Aplicação do formulário prognóstico

Chegamos à última etapa da aplicação da Sequência Didática, correspondente ao formulário prognóstico. Antes da análise dos resultados, é importante considerar o percurso desenvolvido ao longo da intervenção, que envolveu aula expositiva dialogada, visita à Estação de Tratamento de Água (ETA), atividades experimentais no laboratório de Química, elaboração de mapas conceituais, pesquisas no laboratório de informática, produção e apresentação de banners, registros no Padlet e elaboração de relatórios. Essas atividades constituíram o conjunto de experiências que subsidiou a avaliação da aprendizagem dos estudantes.

Participaram dessa etapa 39 estudantes. Três estavam ausentes no dia da aplicação e outros três apresentaram problemas no envio das respostas.

As respostas foram classificadas em Resposta Satisfatória (RS), Resposta Pouco Satisfatória (RPS) e Resposta Insatisfatória (RI), conforme os critérios propostos por Simões Neto et al. (2013). Para facilitar a análise, as questões foram organizadas em três eixos: (i) aspectos científicos (Quadro 4), (ii) aspectos tecnológicos (Quadro 5) e (iii) aspectos sociais (Quadro 6).

Quadro 4 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos científicos e os critérios propostos por Simões Neto et al.

PERGUNTA 1 - Quais os processos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano que você aprendeu durante nossas atividades		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 51,28%	RPS – 25,64%	RI – 23,07%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>“Captação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação.”</i>	<i>“Floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação”.</i>	<i>“Floculação e decantação”.</i>
JUSTIFICATIVA		
Respostas que mencionaram todos ou quase todos os principais processos químicos no tratamento da água.	Respostas que mencionaram alguns dos principais processos, mas não todos, ou que têm algumas imprecisões	Respostas que mencionaram poucos processos ou têm informações significativamente incorretas ou incompletas.
PERGUNTA 2 - Explique como a análise dos parâmetros de qualidade da água (químicos, físicos e biológicos) pode afetar a saúde pública.		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 53,84%	RPS – 28,20%	RI – 17,94%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>“A análise dos parâmetros de qualidade da água é importante para identificar e eliminar contaminantes, garantindo a potabilidade e prevenindo doenças de origem hídrica, como gastroenterite e intoxicações. Observar esses parâmetros estabelece que a água atende aos padrões de saúde pública, protegendo a população contra riscos à saúde.”</i>	<i>“Analisar de forma realista esses parâmetros de qualidade da água é de extrema importância, pois teremos a oportunidade de evitar diversos tipos de contratempo. Podemos citar como exemplo a prevenção de doenças transmitidas pela água, que na maioria das vezes, acarreta um dano gastrointestinal.”</i>	<i>“Afeta de forma que se não for analisado, afeta a saúde e questões socioeconômicas e financeiras.”</i>
JUSTIFICATIVA		
Respostas que mencionaram a importância da análise dos parâmetros de qualidade da água e explicam como esses parâmetros afetam a saúde pública de forma detalhada e correta.	Respostas que mencionaram a importância da análise dos parâmetros de qualidade da água, mas fornecem explicações superficiais ou incompletas	Respostas que não conseguiram explicar adequadamente a importância da análise dos parâmetros ou forneceram informações incorretas
PERGUNTA 9 - Como as outras ciências, Biologia e Física, se fizeram presentes em nosso estudo?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 66,66%	RPS – 23,07%	RI – 10,25%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>“A Biologia contribuiu significativamente ao explorar aspectos como a qualidade microbiológica da água, os ecossistemas aquáticos e os impactos da contaminação na saúde humana. Por outro lado, a Física proporcionou uma compreensão profunda das propriedades físicas da água, essenciais para o tratamento e uso eficiente deste recurso.”</i>	<i>“A biologia e a física estão diretamente relacionados uns com os outros, elas se fizeram importantes para a compreensão em diversos âmbitos durante todo o processo.”</i>	<i>“elas se fizeram presentes em todo o processo principalmente no processo de purificação da água”</i>
JUSTIFICATIVA		

Esta resposta foi mais além ao mencionar não apenas os aspectos biológicos e físicos, mas também sua interação e impacto na saúde humana e na eficiência do tratamento da água.	Embora reconheça a importância das disciplinas, a resposta não especificou como exatamente a Biologia e a Física contribuíram para o estudo da qualidade da água.	A resposta é muito genérica e não ofereceu detalhes específicos sobre como Biologia e Física contribuíram para o estudo da água.
---	---	--

Fonte: Próprias (2024).

O Quadro 4 apresenta os resultados referentes aos aspectos científicos abordados na Sequência Didática. Na primeira questão, 51,28% das respostas foram classificadas como satisfatórias, indicando que a maioria dos estudantes conseguiu identificar adequadamente os principais processos envolvidos no tratamento da água para consumo humano. As respostas contemplaram etapas como coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção do pH, evidenciando a apropriação dos conteúdos trabalhados ao longo das atividades. As respostas classificadas como pouco satisfatórias (25,64%) e insatisfatórias (23,07%) demonstram, entretanto, que parte da turma ainda apresentava dificuldades em reconhecer todas as etapas do processo.

Em relação à análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, 53,84% das respostas foram classificadas como satisfatórias, demonstrando que a maioria dos estudantes compreendeu a relação entre esses parâmetros e seus impactos sobre a saúde pública. As respostas pouco satisfatórias (28,20%) e insatisfatórias (17,94%) evidenciam que alguns estudantes ainda apresentavam dificuldades em explicar essa relação de forma mais consistente.

Quanto à integração entre Química, Biologia e Física, observou-se o melhor desempenho entre as questões desse eixo, com 66,66% das respostas classificadas como satisfatórias. Os estudantes conseguiram relacionar conceitos microbiológicos, físico-químicos e tecnológicos ao tratamento da água, evidenciando que a proposta favoreceu uma compreensão interdisciplinar da temática. Esse resultado dialoga com Japiassu (1976), Flor (2007), Silva et al. (2013) e Dickmann et al. (2014), ao reforçar as contribuições de um ensino menos fragmentado e em consonância com os pressupostos da BNCC.

O Quadro 5 apresenta os resultados referentes aos aspectos tecnológicos relacionados ao tratamento da água.

Quadro 5 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos tecnológicos e os critérios propostos por Simões Neto et al.

Pergunta 3 - Qual a importância dos recursos tecnológicos no processo de purificação da água?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 33,33%	RPS – 33,33%	RI – 33,33%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>"A análise da qualidade da água, envolvendo parâmetros químicos, físicos e biológicos, é essencial para a saúde pública [...]. Químicos: contaminantes como metais pesados e pesticidas podem causar doenças graves [...]. Biológicos: presença de bactérias e outros patógenos pode levar a doenças [...]. Garantir água de boa qualidade previne doenças."</i>	<i>"Ela permite identificar possíveis contaminações por substâncias químicas ou biológicas prejudiciais à saúde humana. Também possibilita mensurar os níveis de nutrientes importantes para atividades como pesquisas científicas."</i>	<i>"Afeta nas doenças, na economia e na tecnologia".</i>
JUSTIFICATIVA		
Respostas que forneceram explicações detalhadas sobre como a análise dos parâmetros de qualidade da água afeta a saúde pública.	Respostas que mencionaram a importância da análise, mas com explicações superficiais ou incompletas.	Respostas que não conseguiram explicar adequadamente a importância da análise dos parâmetros ou forneceram informações incorretas.

Fonte: Próprias (2024).

As respostas mostraram que os estudantes reconheceram a importância dos recursos tecnológicos para garantir a eficiência dos processos de purificação e o monitoramento contínuo da qualidade da água. Foram mencionados equipamentos de controle, sensores e outras tecnologias empregadas nas ETAs, evidenciando a compreensão do papel da tecnologia na segurança da água destinada ao consumo humano.

Entretanto, esse foi o eixo que apresentou maior equilíbrio entre as três categorias de análise, com 33,33% das respostas classificadas como satisfatórias, 33,33% como pouco satisfatórias e 33,33% como insatisfatórias. Esse resultado indica que, embora os estudantes reconheçam a importância da tecnologia no tratamento da água, parte deles ainda apresenta dificuldades para compreender de forma mais aprofundada o funcionamento e as contribuições desses recursos.

O Quadro 6 apresenta os resultados referentes aos aspectos sociais relacionados à água para consumo humano.

Quadro 6 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos sociais e os critérios propostos por Simões Neto et al.

Pergunta 4 – Qual a importância da água tratada para a sociedade e como ela influencia a qualidade de vida das pessoas?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS – 74,36%	RPS – 20,51%	RI – 5,12%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>"previne doenças transmitidas pela água, melhorando a saúde pública e reduzindo a mortalidade. Além disso, água de qualidade promove a segurança alimentar, [...] e apoia atividades econômicas, como a agricultura e a indústria, influenciando diretamente a qualidade de vida."</i>	<i>"Uma boa qualidade de água influencia em vários meios, contudo, os fatores de saúde, pois uma água mal tratada pode vir a causar doenças."</i>	<i>"Quando a água é tratada, a qualidade de vida da população se torna melhor."</i>
JUSTIFICATIVA		
Respostas que abordaram múltiplos aspectos da importância da água tratada, como saúde pública, desenvolvimento econômico, segurança alimentar, higiene, e sustentabilidade ambiental.	Respostas que mencionaram a importância da água tratada, mas de maneira menos detalhada ou focando em um aspecto específico sem explorar outros pontos relevantes.	Respostas que são muito genéricas ou não abordaram diretamente a importância da água tratada para a sociedade.
PERGUNTA 11 - Como você avalia o impacto da qualidade da água em comunidades carentes? De que forma a participação na atividade ajudou você a entender esses desafios sociais?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS – 64,10%	RPS – 23,07%	RI – 12,82%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>"Aprendi que o tratamento adequado da água não apenas melhora sua qualidade para consumo humano, mas também garante que os recursos hídricos estejam disponíveis para as gerações futuras, se forem utilizados de maneira sustentável."</i>	<i>"Me ajudou mostrando a importância do tratamento e as consequências dele na nossa saúde e no meio ambiente"</i>	<i>"Ajudou de uma maneira muito grande, onde foi bem aprofundado o assunto e consegui abranger mais conhecimento".</i>
JUSTIFICATIVA		
Compreensão clara da relação entre qualidade da água, sustentabilidade e saúde pública.	Resposta menos relevante que não demonstram um entendimento profundo	Exemplos vagos, não relacionados diretamente ao tema, ou informações incorretas.

Fonte: Próprias (2024).

Quando questionados sobre a importância da água tratada para a sociedade e sua influência na qualidade de vida, 74,36% das respostas foram classificadas como satisfatórias. Os estudantes relacionaram o acesso à água tratada à prevenção de doenças, à melhoria da saúde pública, à segurança alimentar, ao desenvolvimento econômico e à sustentabilidade ambiental, demonstrando

uma compreensão abrangente da temática. As respostas pouco satisfatórias (20,51%) e insatisfatórias (5,12%) indicam que apenas uma pequena parcela da turma apresentou compreensão limitada sobre essa relação.

Em relação ao impacto da qualidade da água em comunidades carentes, 64,10% das respostas foram consideradas satisfatórias, evidenciando que os estudantes compreenderam a relação entre tratamento da água, saúde pública e sustentabilidade. As respostas classificadas como pouco satisfatórias (23,07%) e insatisfatórias (12,82%) revelam que alguns estudantes ainda apresentavam dificuldades em compreender plenamente os desafios sociais relacionados ao acesso à água de qualidade.

Por fim, ao serem convidados a refletir sobre as contribuições da Sequência Didática para a adoção de práticas sustentáveis e para o uso responsável da água, os estudantes destacaram mudanças em sua percepção acerca da importância da conservação dos recursos hídricos, do consumo consciente e do papel das tecnologias empregadas no tratamento da água. Além disso, relataram que atividades como a visita técnica, os experimentos de laboratório e a apresentação de banners favoreceram a socialização dos conhecimentos adquiridos junto à comunidade escolar e aos familiares, ampliando o alcance formativo da proposta.

De modo geral, os resultados do formulário prognóstico evidenciam avanços nos três eixos investigados, com destaque para os aspectos científicos e sociais. Em comparação com o diagnóstico inicial, observou-se maior capacidade dos estudantes para relacionar conceitos químicos, tecnológicos e sociais ao tratamento da água para consumo humano, indicando que a Sequência Didática contribuiu para uma aprendizagem mais integrada e coerente com os pressupostos da abordagem CTS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como foco analisar os limites e as potencialidades de uma SD sobre a temática água para consumo humano, aplicada sob a ótica da abordagem CTS com estudantes de uma escola pública na região norte do Ceará. A sua implementação demonstrou não apenas uma resposta eficaz às críticas aos métodos tradicionais de ensino, mas também uma transformação significativa na dinâmica de aprendizado dos estudantes, promovendo uma compreensão mais profunda e contextualizada dos conceitos químicos envolvidos no tratamento da água para consumo humano.

Além disso, a SD mostrou-se uma alternativa viável para superar desafios contemporâneos no Ensino de Química, como a ênfase excessiva na memorização de fatos e fórmulas sem contextualização, a percepção de dificuldade em relação aos conteúdos e a sensação de irrelevância dos temas abordados. Ao conectar os conceitos químicos com aspectos tecnológicos e sociais, a SD contribuiu para desmistificar a aparente complexidade da Química, demonstrando a importância crítica da química da água não somente para o fornecimento seguro de água potável, mas também para questões ambientais e de saúde pública.

O objetivo geral deste estudo, de analisar os limites e potencialidades da SD, foi atingido ao se observar que a implementação da nossa SD além de ter contextualizado o objeto de estudo para os estudantes, promoveu, ainda, uma aprendizagem mais motivadora, uma vez que os dados coletados, por meio das atividades desenvolvidas, mostraram um aumento no interesse e na compreensão dos conceitos relacionados à qualidade da água, visto que muitos estudantes relataram uma maior conexão entre os conteúdos estudados e sua aplicação no dia a dia.

Ao propor uma SD articulando conceitos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano, esta pesquisa evidenciou a importância de integrar diferentes aspectos científicos,

tecnológicos e sociais. Através das atividades desenvolvidas, como visitas técnicas a ETA e análises laboratoriais, os estudantes demonstraram capacidade de compreender melhor os processos envolvidos na purificação da água, bem como as implicações sociais e tecnológicas dessas práticas, haja vista que os dados indicaram que 82,92% dos alunos, demonstraram uma compreensão satisfatória dos conceitos químicos abordados.

Um dos objetivos específicos deste estudo, a validação da SD no contexto da educação básica foi realizada exitosamente, conforme observado nos resultados das avaliações aplicadas; ante as quais os estudantes não só alcançaram os objetivos de aprendizagem esperados, como também relataram uma experiência educacional mais envolvente e significativa.

Comparando com outros estudos na área de CTS e água, os dados obtidos mostraram que a SD aplicada colaborou à construção do conhecimento e à promoção do senso crítico nos alunos em relação aos desafios e implicações do uso da água na sociedade. A esse respeito, destaca-se o fato de que a contextualização dos conteúdos e a relevância dos temas abordados contribuíram para um aprendizado mais significativo, algo que nem sempre é observado em propostas tradicionais.

Na introdução deste trabalho, trouxemos alguns questionamentos iniciais sobre o motivo de tantos alunos, ou melhor, pais ou responsáveis comprarem água envasada, mesmo recebendo água tratada em casa – o que comprova uma parcial ausência de consciência socioeconômica quanto ao uso de água, e, após a aplicação desse trabalho e análise dos resultados, concluímos que há um desconhecimento significativo entre os consumidores sobre as várias etapas do tratamento de água, assim como sobre a responsabilidade compartilhada na garantia da qualidade da água consumida.

Ademais, evidenciaram-se preocupações quanto às condições estruturais das ETAs e à percepção de insegurança em relação à qualidade da água que chega às residências, o que pode impactar significativamente o orçamento familiar. Parte disso pode estar associada às caixas d'água para armazenamento de água e é importante ressaltar que a responsabilidade pela limpeza regular delas, embora seja uma medida essencial à manutenção da qualidade da água no ponto de consumo, é de incumbência dos consumidores. À vista disso, muitos alunos questionaram-se do porquê da insegurança, após conhecer todas as etapas de tratamento de água nas ETAs.

Ante o exposto, percebemos o cunho social do nosso trabalho, pois o público-alvo, seguindo o curso natural da sobrevivência, estarão compondo famílias, nos próximos anos, e colocando em prática os conhecimentos construídos e seu impacto no orçamento financeiro de suas famílias.

Uma das principais dificuldades encontradas durante a aplicação da SD foi a assiduidade dos alunos quando de suas etapas, visto que elas foram realizadas em dias diferentes e que era comum a ausência de três ou quatro alunos em cada etapa, o que poderia comprometer a continuidade e a eficácia de sua aplicação. Ainda que se esperasse uma resistência por parte dos professores em adotar a abordagem CTS, percebeu-se que sua aplicação ocorreu de maneira bastante satisfatória, sem enfrentar problemas significativos com a equipe docente diretamente envolvida, posto que já fazia parte da instituição e manteve uma comunicação aberta e constante com a equipe em apreço.

Dessa forma, podemos afirmar que, apesar dos resultados positivos, a aplicação em um único contexto escolar limita a generalização dos resultados, indicando a necessidade de estudos adicionais em diferentes cenários educacionais. No entanto, acreditamos que este estudo contribuiu significativamente para a compreensão de como a abordagem CTS pode ser aplicada de forma eficaz no ensino de temas relacionados à água, proporcionando uma aprendizagem mais conectada com a realidade dos estudantes. Assim, a eficácia demonstrada desta metodologia pode servir de inspiração para que outros professores a adaptem em suas práticas, considerando as particularidades de seus recursos e público, contribuindo assim para uma educação mais inclusiva, contextualizada, crítica e reflexiva.

REFERÊNCIAS

- Acevedo Díaz, J. A. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26–30.
- Acevedo Romero, P., & Acevedo Díaz, J. A. (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: Enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54(1), 5–18. <http://www.oei.es/salactsi/acevedo19.htm>
- Alves, C. T. da S., Cavalcanti, J. G. de S., & Simões Neto, J. E. (2018). Uma sequência didática para abordagem do tema lixo eletrônico no ensino de química. *Educação Química em Punto de Vista*, 2(1). <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/1101>
- Amaral, E. M. R., & Firme, R. do N. (2011). Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. *Ciência & Educação*, 17(2), 383–399. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000200009>
- Ambroggi, A., Lisbôa, J. C. F., & Versolato, E. F. (1987). *Unidades modulares de química*. Hamburg.
- Antunes, C. M. M., Bittencourt, S. C., & Rech, T. D. (2014). Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 32, 75–87.
- Auler, D. (2007). Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, 1(Especial), 1–20.
- Auler, D., & Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, 7(1), 1–13.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Plátano.
- Batista, R. da C., Oliveira, J. E. de, & Rodrigues, S. de F. P. (2016). Sequência didática: Ponderações teórico-metodológicas. In *Anais do XVIII ENDIPE – Didática e Prática de Ensino no Contexto Político Contemporâneo: Cenas da Educação Brasileira* (pp. 5380–5385). Universidade Federal de Mato Grosso.
- Bazzo, W. A., Linsingen, I. von, & Pereira, L. T. do V. (2000). *O que são e para que servem os estudos CTS*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Bedin, E., & Finger, I. (2019). A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 2(1), 8–24. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v2i1.9732>
- Brasil. Ministério da Saúde. (2021). *Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Diário Oficial da União.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. MEC.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2006). *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Ministério da Saúde.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. (2018). *Qualidade da água para consumo humano: Cartilha para promoção e proteção da saúde*. Ministério da Saúde.

Cavalcanti, M. H. da S., Ribeiro, M. M., & Barro, M. R. (2018). Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. *Ciência & Educação*, 24(4), 859–874. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040004>

Chiaro, S. de, & Aquino, K. A. da S. (2017). Argumentação na sala de aula e seu potencial metacognitivo como caminho para um enfoque CTS no ensino de química: Uma proposta analítica. *Educação e Pesquisa*, 43(2), 411–426. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201704158018>

Correia, P. R. M., Dazzani, M., Marcondes, M. E. R., & Torres, B. B. (2004). A Bioquímica como ferramenta interdisciplinar: Vencendo o desafio da integração de conteúdos no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, 19, 19–23.

Costa, E. de O., & Santos, J. C. O. (2015). Uma proposta para o ensino de química através da abordagem CTSA: Uma sequência didática para a temática água. *Blucher Chemistry Proceedings*, 3(1), 85–91.

Dickman, A. G., Hygino, C. B., Linhares, M. P., & Rodrigues Junior, E. (2014). Questões interdisciplinares com enfoque CTS: Uma proposta para o ensino médio. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8(1), 38–51.

Diniz Júnior, A. I., & Silva, J. R. R. T. da. (2016). Isômeros, funções orgânicas e radicais livres: Análise da aprendizagem de alunos do ensino médio segundo a abordagem CTS. *Química Nova na Escola*, 38(1), 60–69.

Farias, L. de N., Miranda, W. dos S., & Pereira Filho, S. C. F. (2012). Fundamentos epistemológicos das relações CTS no ensino de ciências. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, 9(17), 64–74.

Ferreira, N. G. (2015). *A utilização de recursos não formais no desenvolvimento da abordagem CTS* (Tese de doutorado). Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal. <http://hdl.handle.net/10400.26/11074>

Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa* (3ª ed.). Artmed.

Freitag, I. H. (2017). A importância dos recursos didáticos para o processo ensino-aprendizagem. *Arquivos do Mudi*, 21(2), 20–31.

Gamboa, S. A. S. (2003). Pesquisa qualitativa: Superando tecnicismos e falsos dualismos. *Contrapontos*, 3(3), 393–405.

Gatti, B. A. (2002). *A construção da pesquisa em educação no Brasil*. Plano.

Grupo de Pesquisa para o Ensino de Química. (1998). *Interação e transformação: Química para o 2º grau* (3 vols.). EDUSP.

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. (1990). *Física 1: Mecânica*. EDUSP.

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. (1991). *Física 2: Física térmica e óptica*. EDUSP.

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. (1992). *Física 3: Eletromagnetismo*. EDUSP.

Hofstein, A., Aikenhead, G., & Riquarts, K. (1988). Discussions over STS at the Fourth IOSTE Symposium. *International Journal of Science Education*, 10(4), 357–366.
<https://doi.org/10.1080/0950069880100403>

Japiassu, H. (1976). *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Imago.

Leite, L. R., Rodrigues, A. P., Lima, M. S. L., Moura, F. N. de S., Firmino, N. C. S., Nascimento, F. J. do, Castro, E. R., & Aragão, F. M. (2020). O uso de sequências didáticas no ensino de química: Proposta para o estudo de modelos atômicos. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*, 11(2), 177–188. <https://doi.org/10.36661/2358-0399.2020v11i2.11389>

Libânio, M. (2010). *Fundamentos de qualidade e tratamento de água* (3ª ed.). Átomo.

Lourenço, A. A., & Paiva, M. O. (2010). A motivação escolar e o processo de aprendizagem. *Ciências & Cognição*, 15(2), 132–141. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v15n2/v15n2a12.pdf>

Lutfi, M. (1988). *Cotidiano e educação em química: Os aditivos em alimentos como proposta para o ensino de química no segundo grau*. UNIJUÍ.

Manassero, M. A., Vázquez-Alonso, Á., & Acevedo-Díaz, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

Mól, G. de S., & Santos, W. L. P. dos (Orgs.). (2000). *Química na sociedade* (2ª ed.). Editora Universidade de Brasília.

Mortimer, E. F., Machado, A. H., & Romanelli, L. I. (1999). *Química, energia e ambiente*. CECIMIG.

Porto-Gonçalves, C. W. (2011). A geopolítica da água e a crise do conhecimento. In J. V. Trevisol & L. F. Scheibe (Orgs.), *Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: Natureza e sociedade* (pp. 17–54). UNOESC.

Pereira, A. (2022). Análise de dados, o tendão de Aquiles da pesquisa interventiva nos mestrados profissionais em educação: Por quê? #Tear: *Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 11(2). <https://doi.org/10.35819/tear.v11.n2.a6228>

Pereira, A. de S., & Pires, D. X. (2012). Uma proposta teórico-experimental de sequência didática sobre interações intermoleculares no ensino de química utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 385–413.

Sá, L. P. de, & Garritz, A. (2014). Análise de uma sequência didática sobre ligações químicas produzida por estudantes brasileiros em formação inicial. *Educación Química*, 25(4), 470–477.

Santos, M. E. N. V. M. (1999). *Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: Co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências*. In *Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 1–14). Valinhos, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC).
<https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/ienpec/Dados/trabalhos/A39.pdf>

- Sasseron, L. H. (2013). Interações discursivas e investigação em sala de aula: O papel do professor. In A. M. P. Carvalho (Org.), *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula* (pp. 41–62). Cengage Learning.
- Silva, R. L. J. da, & Strieder, R. B. (2016). *Articulação Freire-CTS: Elaboração de uma proposta sobre água*. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1211–1228.
- Silva, R. S., Moraes, S. E., & Fachine, P. B. A. (2013). Interdisciplinaridade, transversalidade e abordagem CTS no ensino de química por meio de projetos temáticos. *Revista Científica Internacional*, 25(1), 123–196.
- Simões Neto, J. E., Campos, A. F., & Marcelino, C. J. de A. C. (2013). Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: Uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(2), 327–346. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/133>
- Strieder, R. B. (2008). *Abordagens CTS e ensino médio: Espaços de articulação* (Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo).
- Teixeira, P. M. M., & Megid Neto, J. (2017). Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. *Ciência & Educação*, 23(4), 1055–1076. <https://doi.org/10.1590/1516-731320170040013>
- Tonon, L. A. C., Branco, I. G., Pieretti, G. G., Seloin, V. J., Bergamasco, R., Madron, G. S., Moura, M. M., & Scapim, M. R. da S. (2013). Análise de parâmetros de qualidade da água para consumo humano. *Revista Tecnológica*, 22, 35–41.
- Vilches, A., Gil Pérez, D., & Praia, J. (2011). De CTS a CTSA: Educação por um futuro sustentável. In W. L. P. dos Santos & D. Auler (Orgs.), *CTS e educação científica: Desafios, tendências e resultados de pesquisa* (pp. 161–184). Editora Universidade de Brasília.
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: Como ensinar*. Artmed.