

A BUSCA POR SOLUÇÕES PARA A POLUIÇÃO HÍDRICA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Carla Rênes de A. Machado ¹
Dayse Pereira Barbosa Sousa ²
Gisele Cantalice Salomão da Silva ³

INTRODUÇÃO

As consequências do uso desenfreado dos recursos naturais e seus impactos multidimensionais (ambiental, econômico, social etc.) são pautas constantes em fóruns mundiais que debatem o futuro do planeta. Nestas pautas, as discussões trazem como perspectiva a criação de propostas de intervenção na busca pelo desenvolvimento sustentável e fomento a ações de consciência socioambiental. Dentre as consequências debatidas na contemporaneidade, pode-se destacar o aquecimento do planeta, a acidificação dos oceanos, inundações em cidades por todo o mundo, a escassez dos recursos hídricos e etc.

A escassez dos recursos hídricos está relacionada a intensa poluição das águas, tanto por detritos de origem doméstica quanto por resíduos de origem industrial, além da má conservação dos mananciais e pelo uso inadequado, caracterizando um vasto desperdício. À medida que a água está mais poluída, é necessário realizar mais etapas de tratamento, tornando o seu custo elevado. E, embora haja políticas públicas para o monitoramento e fiscalização sobre a qualidade das águas, observa-se nos últimos anos a grande flexibilização das leis de controle ambiental, reduzindo os parâmetros que caracterizam o nível de degradação ambiental dos corpos hídricos (DE MIRANDA *et al.*, 2021).

Conhecer a importância da disponibilidade de água, preservar o ecossistema, fazer uso racional dos recursos hídricos e buscar soluções que evitem a escassez são aspectos fundamentais para enfrentar os desafios da crise hídrica, intensificada a cada ano. Adicionalmente, é reconhecido que a indisponibilidade de água ocasiona muitos outros impactos de grandes proporções, os quais podemos citar: o aumento da fome e da

¹ Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos – UFRJ e professora no Polo Educacional Sesc - RJ. crenes@escolasesc.com.br;

² Pós-graduanda em Educação pela UNESA – RJ e professora no Polo Educacional Sesc - RJ. dsousa@escolasesc.com.br;

³ Professora no Polo Educacional Sesc - RJ -. gcantalice@escolasesc.com.br;

pobreza, difícil acesso a saneamento básico, redução da qualidade de vida e da saúde, impactando a vida de todos os organismos integrantes de um ecossistema.

Nesta perspectiva de debates e da busca de soluções para um mundo mais sustentável, utilizamos como referencial legal a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que consiste em um plano de ação, assinado pelos países-membro, em 2015, que busca fortalecer a paz universal e aponta 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, para erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta. Esta agenda se traduz como um plano para governos, academia científica, sociedade e empresas, tendo como pilares a parceria e a interdependência global entre os países. Dentre os 17 ODS's estão os objetivos 4 e 6, que versam sobre a educação de qualidade e sobre a água potável e o saneamento, respectivamente (PNUD, 2015) e que se constituem como premissas para este trabalho.

Uma das metas do ODS 4 – Educação de Qualidade, delibera que, até 2030, a educação seja um meio para garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades para a promoção do desenvolvimento sustentável. Enquanto que o ODS 6 - Água potável e saneamento, tem como algumas de suas metas melhorar a qualidade da água, considerando a redução da poluição e o reuso seguro, ampliar programas relacionados ao uso da água e saneamento, incluindo o tratamento de efluentes e as tecnologias de reuso (PIMENTEL, 2019).

Na perspectiva pedagógica, o desenvolvimento sustentável é um tema potencial para a aprendizagem significativa em ciências da natureza, visto que pode ser tratado de forma transdisciplinar, perpassando por todas as áreas do conhecimento. Além disso, os conteúdos das disciplinas podem ser contextualizados, minimizando o sequenciamento didático tradicional sem conexão com a realidade, resultando em maior produção de sentido para o estudante. A Base Nacional Comum Curricular traz o aspecto da sustentabilidade nas competências específicas da área de ciências da natureza, destacando a necessidade de conhecer os fenômenos naturais, investigar situações-problema e aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos em propostas de intervenções que minimizem os impactos socioambientais (BRASIL, 2018).

Então, para fomentar uma educação que desenvolva a cidadania participativa, através da reflexão, do pensamento científico e crítico, e do estímulo a busca por soluções para um mundo sustentável, este estudo utilizou a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e ambiente (CTSA).

De acordo com Costa e Santos (2015), esta abordagem tem como propósito a educação ambiental e científica, quando corroborada pelo movimento ciência CTSA, amplia seus objetivos promovendo o pensamento crítico e a tomada de consciência sobre as questões sociais. De Souza Giffoni *et al* (2020) relatam que a abordagem CTSA não consiste em uma metodologia, mas em um enfoque que garanta o desenvolvimento da criticidade e exercício da cidadania, além disso, caracterizam o ensino de ciências como responsável pela interlocução das temáticas sociais e os conteúdos científicos.

Assim, este trabalho visa apresentar um relato de experiência de aprendizagem utilizando a abordagem CTSA alinhada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 4 e 6, por meio de estudo de caso, envolvendo a poluição hídrica e a mobilização de conhecimentos científicos para a resolução de problemas. Para atingir os objetivos, o protagonismo estudantil consistiu no trabalho em equipe, na investigação do problema, na pesquisa, na organização dos conhecimentos e na aplicação destes para solucionar a situação-problema no estudo de caso.

METODOLOGIA

Este trabalho teve natureza qualitativa, sendo a observação participante a escolha metodológica para coleta de dados, a partir de um relato de experiência de aprendizagem contextualizado pela abordagem CTSA e apresentado por estudo de caso aos estudantes.

A metodologia estudo de caso consiste em apresentar situações reais ou construídas pelo professor, em que a temática dialogue com o contexto do estudante, além de caracterizar-se pela participação ativa dos alunos, mobilizando conceitos científicos da temática em questão para a solução de uma situação-problema. Após a definição do estudo de caso, a próxima etapa é definir os objetivos de aprendizagem com a aplicação do método, considerando os conteúdos científicos, as habilidades e as atitudes a serem desenvolvidos (SÁ e QUEIROZ, 2009).

O estudo foi desenvolvido com 160 estudantes da 1ª série do Ensino Médio, nas aulas de Química, da Escola Sesc de Ensino Médio, localizada no Rio de Janeiro, com faixa etária entre 14 e 16 anos.

A experiência de aprendizagem foi realizada por meio de uma sequência didática (ZABALA, 1998), envolvendo o tema da poluição hídrica, a fim de mobilizar os conhecimentos sobre poluição e separação de misturas. Esta sequência consistiu na exposição dialogada dos conceitos e técnicas fundamentais sobre os processos de

separação de misturas; vídeo sobre a importância do tratamento de água; apresentação e discussão sobre os principais parâmetros de poluição (turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão etc) e o estudo de caso com três diferentes situações-problema envolvendo o tratamento de águas: efluentes oriundo da indústria têxtil, da indústria do petróleo e do esgoto doméstico.

A sequência foi realizada em duas semanas, utilizando seis tempos de aula, contendo 50 minutos. A metodologia, os resultados e suas análises serão realizadas com enfoque na etapa do estudo de caso (EC).

O Estudo de caso foi realizado em duas aulas de 50 minutos, com a turma dividida em quintetos, em que cada integrante do grupo desempenhou uma função: relator do problema, pesquisadores, secretário e mediador do tempo. As orientações consistiram em identificar o problema ambiental e seu impacto, analisar os parâmetros de poluição disponibilizados, construir hipóteses sobre o tratamento do efluente, pesquisar tecnologias atuais de tratamento e reuso e propor soluções.

Após o término da atividade do estudo de caso, cada grupo apresentou sua situação-problema para a turma e as possíveis soluções, com base em seus conhecimentos desenvolvidos nas aulas de química e na pesquisa direcionada à resolução do problema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão discutidos com enfoque na realização do estudo de caso realizado pelos estudantes, a partir das suas produções e das competências desenvolvidas durante a atividade.

Os estudos de caso, mediados pela abordagem CTSA, foram apresentados em três páginas, contendo o relato do caso, os parâmetros de poluição a serem analisados, as orientações da atividade e links de consulta para maior compreensão do caso.

Como dito anteriormente, outros dois estudos de caso foram apresentados e compartilhados por diferentes grupos, totalizando três situações-problema.

Os parâmetros escolhidos para análise da poluição (Demanda Bioquímica de xigênio – DQO, turbidez, sólidos e entre outros) e sua comparação com a legislação *sobre* as condições e padrões de lançamento de efluentes (CONAMA 430/2011) tiveram por objetivo indicar a qualidade das águas e justificar a busca pela tecnologia de tratamento mais eficaz.

A compreensão do problema perpassou pela pesquisa sobre tecnologias de tratamento, pela organização e aplicação dos conhecimentos científicos, e, assim, elaborou-se a proposta de solução. Os grupos apresentaram seus resultados para a turma em forma de cartazes, esquematizando as características do efluente, seus possíveis impactos no ambiente e a tecnologia escolhida para o tratamento.

A partir da produção dos estudantes, foi possível observar a mobilização dos conhecimentos científicos para identificar e solucionar o problema, pois a interpretação dos dados referentes aos parâmetros de poluição possibilitou relações entre as propriedades dos compostos e as características dos efluente em questão. Então, podemos citar como exemplos tanto a relação que os estudantes estabeleceram entre a turbidez e a presença de óleos, assim como a relação entre a demanda bioquímica de oxigênio, o teor de sólidos dissolvidos e a presença de matéria orgânica.

Adicionalmente, verificou-se nos cartazes evidências de que a interpretação dos dados disponibilizados no estudo de caso junto aos conhecimentos adquiridos nas ciências da natureza permitiram a construção de hipóteses sobre a tecnologia a ser empregada para redução do impacto, tais como dispersão mecânica e contenção física para efluentes oleosos, a construção de estações de tratamento para esgoto doméstico e a utilização de processos oxidativos para efluentes têxteis.

Durante a apresentação, os estudantes detalharam a escolha da tecnologia para o tratamento de águas do seu estudo de caso, explicitando o funcionamento de cada processo e sua relação com as técnicas de separação de misturas e com as propriedades físico-químicas, conteúdos abordados poucas semanas antes deste estudo. Além disso, alguns grupos aprofundaram suas discussões apresentando a relação entre custo, tempo e eficiência para a tecnologias de tratamento escolhida.

Além dos conhecimentos desenvolvidos nas aulas de química, conhecimentos interdisciplinares foram mobilizados para compreender a situação-problema, para construir hipóteses e para a resolução do problema, fato este representado pela apreensão sobre processos biotecnológicos que ocorre na estação de tratamento de esgoto e pela compreensão quanto aos processos oxidativos, que envolvem a presença de radiação ultravioleta. A mobilização de conhecimentos interdisciplinares na resolução de problemas ambientais, considerando a perspectiva pedagógica, também foi encontrado por Bressiani *et al.*(2020) em seu trabalho sobre tratamento de resíduos provenientes da mineração, aplicado em uma disciplina, por meio de estudo de caso.

Cabe destacar a relevância de outros resultados observados, tais como a aprendizagem colaborativa, o compartilhamento de ideias e conhecimentos, o exercício da escuta, a comunicação, o pensamento crítico, a organização e entre outras habilidades promovidas pelo trabalho em equipe. De acordo com Rana *et al.* (2021), a utilização de situações-problema é uma ferramenta que potencializa a relação entre conceitos químicos e aspectos sociocientíficos, além de promover o desenvolvimento de habilidades vitais tanto para a trajetória acadêmica quanto para a vida em sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do uso de estudo de caso envolvendo uma situação-problema, na perspectiva ambiental, apresentou-se como uma estratégia pedagógica exitosa para a articulação entre conhecimento científico teórico e sua aplicação em processos tecnológicos que reduzam o impacto ambiental. Desta forma, associado aos aspectos sociocientíficos, o estudo da química ganha mais sentido e reverbera no exercício da cidadania.

A realização da atividade, a partir do método e tema escolhidos, oportunizou aos estudantes a ampliação de seus repertórios para além dos conhecimentos sobre química e meio ambiente, pois promoveu a alfabetização científica através da contextualização com situações reais, o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais fundamentais para a vida em sociedade.

Palavras-chave: Poluição hídrica; Ensino de química; Estudo de caso; Tratamento de efluentes; Desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

BRESSIANI, T. S. *et al.* Aprendizagem Baseada em Projetos na Disciplina Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente: Um Estudo de Caso. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 2, 2020.

DE SOUSA GIFFONI, J. *et al.* Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e13963416-e13963416, 2020.

COSTA, E. O.; SANTOS, J.C.O. Uma Proposta para o Ensino de Química Através da Abordagem CTSA: Uma Sequência Didática para a Temática Água. 5º Encontro Regional de Química. V. 3, N.1. Nov. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

DE MIRANDA, D. L.; MENDONÇA, A. T.; de Melo, M. C.; de Melo, E. D. Educação Ambiental a partir da Agenda 2030: experiências da conscientização e do uso racional da água na educação municipal de Varginha (MG). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 2, p. 174-190, 2021.

PIMENTEL, G. S. R. O Brasil e os desafios da educação e dos educadores na Agenda 2030 da ONU. **Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, v. 1, n. 3, p. 22-33, 2019.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília: PNUD, 2015. 250 p.

Disponível em: < https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Acompanhando-Agenda2030-Subsidios_iniciais-Brasil-2016.pdf> Acesso em 03 nov. 2021.

RANA, A.; JILLANI, S. M. S.; ALHOOSHANI, K. Water Quality Characterization Using ASTM Methods in an Undergraduate Advanced Instrumental Analysis Laboratory Course. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 9, p. 2919-2926, 2021.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Estudo de Casos no Ensino de Química. Campinas, SP: Átomo, 2009. 95 p

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ltda., 1998.