

INTERDISCIPLINARIDADE NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL: ABORDAGEM CTSA NO CONTEXTO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE BRUMADINHO

INTERDISCIPLINARITY IN ENVIRONMENTAL EDUCATION: CTSA APPROACH IN THE CONTEXT OF BRUMADINHO DAM COLLAPSE

Laís Rosa Batista  

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
✉ mbatistaster@gmail.com

Pamela da Rocha Patricio  

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)
✉ pamela.patricio@uemg.br

Marciana Almendro David  

Instituto de Pesquisa e Inovações Educacionais (EDUCATIVA)
✉ maciana.almendro@gmail.com

RESUMO: Esse trabalho relata a experiência vivenciada em um projeto de Educação Ambiental realizado em uma escola pública estadual em Pará de Minas em Minas Gerais. Ele teve como intuito introduzir a Educação Ambiental utilizando a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). O projeto contou com a participação de professores de química, geografia biologia e quatorze estudantes do ensino médio. A cidade de Pará de Minas sofre com as consequências do rompimento da barragem de rejeitos que ocorreu em 2019 em Brumadinho e contaminou o Rio Paraopeba que abastecia a cidade. Esse problema ambiental foi utilizado para abordar o tema Meio Ambiente. O projeto foi concretizado por meio de 7 etapas nas quais se investigou o conhecimento prévio dos estudantes, ministrou-se aulas conjuntas e interdisciplinares de química, biologia e geografia e realizou-se aulas práticas com materiais alternativos envolvendo a determinação de parâmetros de qualidade da água. Também foi realizada uma aula de campo, às margens do rio Paraopeba, onde os alunos fotografaram, registraram as condições do manancial, entrevistaram moradores e coletaram amostras de água do rio. Os estudantes aplicaram as técnicas desenvolvidas nas aulas práticas para analisar a qualidade da água do rio in loco. Para encerrar o projeto eles organizaram um evento para conscientizar a comunidade escolar sobre as consequências do rompimento da barragem e apresentar as ações realizadas no projeto. O ensino intermediado pelo enfoque CTSA permitiu integrar o currículo escolar e a formação social desses estudantes levando-os a ter um posicionamento crítico diante do problema ambiental trabalhado.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental. Abordagem CTSA. Projeto interdisciplinar.

ABSTRACT: This work reports the experience lived in an Environmental Education project carried out in a state public school in Pará de Minas in Minas Gerais. It aimed to introduce Environmental Education using the Science, Technology, Society and Environment (CTSA) approach. The project had the participation of chemistry, geography and biology teachers and fourteen high school students. The Pará de Minas city suffers with the consequences of the rupture of the tailings dam that occurred in 2019 in Brumadinho and contaminated the Paraopeba River that supplied the city. This environmental problem was used to address the Environment theme. The project was implemented through 7 stages in which the students' prior knowledge was investigated, joint and interdisciplinary classes in chemistry, biology and geography were taught, and practical classes were held with alternative materials involving the determination of water quality parameters. A field class was also held on the banks of the Paraopeba River, where students took photographs, recorded the conditions of the spring, interviewed residents and collected river water samples. The students applied the techniques developed in the practical classes to analyze the river water quality in loco. To close the project, they organized an event to raise awareness the school community about the dam collapse and to present the actions carried out in the project. The teaching intermediated

by the CTSA approach allowed integrating the school curriculum and the social formation of these students, leading them to have a critical position about the worked environmental problem.

KEY WORDS: Environmental Education. CTSA approach. Interdisciplinary project.

Introdução

Nos últimos anos, a degradação do meio ambiente tornou-se mais evidente, sendo exemplos notáveis os níveis atuais de desmatamento, a quantidade de resíduos plásticos nos oceanos ou as consequências das mudanças climáticas (Suárez-Perales *et al.*, 2021). A fim de atenuar os problemas ambientais e atender as exigências do mercado, no setor industrial tem se observado a implementação de ações de produção mais limpa, transição para tecnologias energeticamente mais eficientes ou as estratégias de economia circular (Suárez-Perales *et al.*, 2021). No Brasil, no setor governamental é notável o crescente número de legislações ambientais implementadas nos últimos anos (Moreira *et al.*, 2021). Todavia, essas ações não têm garantido a proteção ambiental (Moreira *et al.*, 2021).

Uma alternativa para proteger o Meio Ambiente é a Educação Ambiental - EA (Wetering *et al.*, 2022). Ela assume o papel de incentivar, informar e formar cidadãos para pensar e agir no contexto socioambiental a partir das problemáticas que surgem (Silva-Cyrne *et al.*, 2020). Conscientizar crianças e adolescentes sobre as questões ambientais pode ser especialmente importante, pois como consumidores, políticos e pais do futuro, crianças e adolescentes podem ser agentes cruciais para uma mudança sustentável (Wetering *et al.*, 2022).

No Brasil, a Lei N 9.795, de 27 de abril de 1999 descreve a EA como um componente curricular interdisciplinar. Ela também é abordada nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN - (Brasil, 1998), onde o Meio Ambiente é colocado como um dos temas transversais. Dessa forma, idealmente, a EA deve ser trabalhada nos conteúdos de todas as disciplinas possibilitando uma ampla compreensão das questões socioambientais (Bacega *et al.*, 2022). Todavia, apesar da ideia de que a EA possa ser um veículo para difundir o conhecimento e de estudos robustos mostrarem sua efetiva contribuição em ajudar a proteger o meio ambiente remontar à década de 60, ela ainda é subestimada (Wetering *et al.*, 2022).

Uma forma de implementar eficientemente a Educação Ambiental no ambiente escolar é utilizando o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). A abordagem CTSA é reflexo das mudanças que vem ocorrendo no campo educacional (Wellington, Bolzan & Ferreira, 2022). A partir do momento que a Ciência e Tecnologia foram considerados essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis tiveram se adaptar e dar início a reformas educacionais (Krasilchik, 2000). Nesse contexto surge a abordagem CTSA. O propósito da educação CTSA é o desenvolvimento de saberes, habilidades e valores, formando indivíduos capazes para a tomada de decisão e intervenção diante dos problemas socioambientais (Barcellos, 2017). Esse enfoque tem como prerrogativas a formação do cidadão ativo, capaz de tomar decisões e se posicionar no mundo. (Barcellos, 2017). Nessa abordagem de ensino o professor deve estabelecer relações entre o conteúdo do componente curricular com aspectos científicos e tecnológicos que envolvem a sociedade e de alguma forma afetam no ambiente (Andrade & Vasconcelos, 2014). Dessa forma, idealmente prepara-se os estudantes para a ação crítico-reflexiva perante as problemáticas sociais (Andrade & Vasconcelos, 2014). Para abordar a EA no âmbito escolar utilizando a abordagem CTSA, podem-se utilizar problemas concretos e regionais, em caráter interdisciplinar, reforçando valores que contribuam para o bem-estar da população. No ensino de Química, especificamente, pode-se trabalhar inúmeros assuntos relacionando-os ao tema Meio Ambiente promovendo a contextualização dos conteúdos do Ensino Médio (Santos & Royer, 2018). Todavia, a literatura aponta que há grande dificuldade de implementar a EA na educação básica (Andrighetto & Maciel, 2019).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar um relato de experiência sobre a inclusão da EA no âmbito escolar, de forma interdisciplinar, abrangendo a teoria e a prática e considerando as experiências da vida cotidiana de estudantes do município de Pará de Minas utilizando a abordagem CTSA. O município desses estudantes sofre com as consequências do rompimento da barragem de rejeitos, em Brumadinho Minas Gerais (2019), que provocou o derramamento de lama no Rio Paraopeba e afetou diretamente o abastecimento de água da cidade.

Metodologia

Os dados desse trabalho foram obtidos a partir de um projeto de extensão proposto por docentes e um discente da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) no ano de 2019 intitulado “Estudo da qualidade da água do Rio Paraopeba: uma abordagem investigativa para o Ensino de Química”. Ele tinha como público-alvo estudantes do ensino médio de uma escola estadual situada em Pará de Minas, Minas Gerais. O projeto foi inspirado no trabalho Água em Foco, desenvolvido por professores de educação básica, professores coordenadores e bolsistas de iniciação científica da Universidade Federal de Minas Gerais (Mortimer, Coutinho & Silva, 2012).

Inicialmente, realizou-se um contato prévio com a direção da Escola visando a autorização para execução desse trabalho. Para ser autorizada, essa proposta também foi submetida à Superintendência Regional de Ensino a qual a escola está vinculada. Participaram desse projeto 3 professores (das áreas de química, geografia e biologia) e quatorze estudantes da escola selecionada, sendo 5 alunos do 1º ano, 2 alunos do 2º ano e 7 alunos do 3º ano do ensino médio e educação de jovens e adultos (EJA). Os professores de biologia e geografia foram convidados a participar do projeto pela professora de química e os alunos foram selecionados pelos professores que participaram do projeto. Os critérios de seleção dos estudantes foram: disponibilidade para participar do projeto no contraturno das aulas, manifestação de interesse pela ciência e pelo tema do projeto que foi previamente apresentado aos estudantes. A identidade dos 14 estudantes selecionados foi preservada durante a investigação sendo atribuídos códigos de E1 até E14 para referenciá-los.

Para atingir o objetivo desse trabalho, foi desenvolvida uma sequência didática que compreendeu 7 etapas e 12 encontros de 2 horas com os estudantes. As etapas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição das etapas do projeto “Estudo da qualidade da água do Rio Paraopeba: uma abordagem investigativa para o Ensino de Química”.

Etapa	Detalhamento	Número de encontros
1	Apresentação do projeto e pré-teste	1
2	Abordagem interdisciplinar do pré-teste	2
3	Divisão dos grupos de estudo	1
4	Estudos dos parâmetros físico-químicos da água: pH, oxigênio dissolvido, turbidez	4
5	Visita ao Rio Paraopeba	1
6	Contextualização dos dados obtidos	2
7	Encerramento do projeto	1

Fonte: Autores.

A seguir apresentaremos as etapas com mais detalhes.

Etapa 1 – Apresentação do projeto e pré-teste

A primeira etapa do projeto consistiu em 1 encontro com carga horária de 2 horas (17:00 h às 19:00h). Nesse encontro foi realizada uma roda de conversa e foi aplicado um pré-teste sobre o tema do projeto.

Etapa 2 - Abordagem interdisciplinar do pré-teste

Nessa etapa do projeto foram realizados 2 encontros com carga horária total de 4 horas (17:00h às 19:00h). Os questionamentos realizados no pré-teste foram respondidos ao longo de aulas expositivas dialogadas com os professores de química, biologia e geografia.

Etapa 3 - Divisão dos grupos de estudo

Nessa etapa do projeto foi realizado 1 encontro com carga horária de 2 horas (17:00h às 19:00h). Inicialmente, os estudantes foram divididos em quatro equipes de trabalho. Essas equipes foram informadas que ao longo do projeto iriam visitar o Rio Paraopeba (Etapa 05) e nessa visita iriam entrevistar a população ribeirinha. Os dados obtidos por meio dos formulários foram discutidos na Etapa 06. Nesse encontro os estudantes também foram incentivados a aprofundar os conhecimentos sobre o tema do projeto por meio de reportagens levadas pelos professores.

Etapa 4 - Estudos dos parâmetros físico-químicos da água: pH, oxigênio dissolvido, turbidez

Foram realizados 4 encontros de 2 horas que ocorreram semanalmente entre 17:00h e 19:00 h. Logo, a carga horária total dessa etapa foi de 8 horas. Foram ministradas aulas expositivas dialogadas e atividades experimentais para abordar os parâmetros físico-químicos pH, oxigênio dissolvido e turbidez que contribuem para indicar a qualidade da água. Para a realização da aula prática visando a determinação do pH de amostras aquosas, utilizou-se extrato de repolho roxo que é um indicador ácido-base amplamente utilizado em aulas práticas de química com material alternativo (Mortimer & Silva, 2018). Para a determinação do teor de oxigênio dissolvido utilizou-se kits cedidos pela UFMG. Para determinar a turbidez da água os estudantes construíram um turbidímetro com material alternativo (Mortimer & Silva, 2018). Essas aulas consistiram em um treinamento para que os alunos pudessem analisar in loco a qualidade da água do Rio Paraopeba e para contextualizar o ensino de conteúdos de química e biologia.

Etapa 5 - Visita ao Rio Paraopeba

Nessa etapa do projeto foi realizada uma visita técnica ao Rio Paraopeba que se situa a aproximadamente 40 quilômetros da cidade. Esse encontro teve uma carga horária de 6 horas (08:00h às 14:00h). Foram coletadas amostras de água e lama do rio Paraopeba. Essas amostras foram analisadas no local pelos alunos e determinou-se os valores dos parâmetros pH, oxigênio dissolvido e turbidez. Posteriormente, os estudantes aplicaram os formulários recebidos na Etapa 03 aos moradores e pessoas próximas ao rio.

Etapa 6 - Contextualização dos dados obtidos

Foram realizados 2 encontros com carga horária de 4 horas (08:00 h às 12:00 h), totalizando 8 horas de atividades. Essa etapa teve como objetivo realizar a análise dos dados obtidos nas análises químicas e via questionário.

Etapa 7 – Encerramento do projeto

Nessa etapa do projeto foi realizado 1 encontro com carga horária de 4 horas (07:00h às 11:00h) para encerramento do projeto. Os dados obtidos no projeto foram apresentados para toda comunidade escolar.

Resultados e Discussão

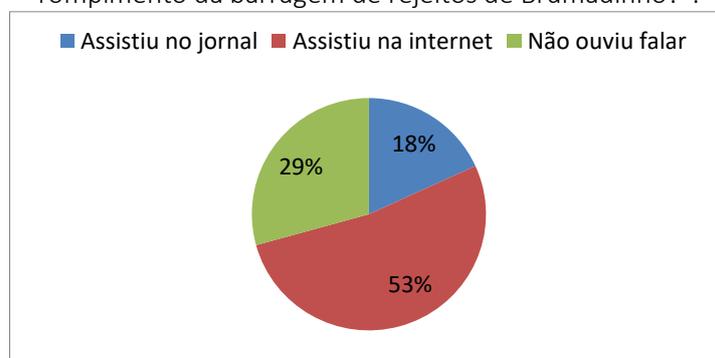
A Educação Ambiental, segundo as Diretrizes Nacionais para a Educação Ambiental (Brasil, 2012), deve estar presente na organização curricular das instituições de ensino, seja por meio da transversalidade, do conteúdo dos componentes curriculares ou da combinação de ambos. Ela é um conjunto de conteúdos e práticas ambientais orientadas para a resolução dos problemas concretos do ambiente, por meio do enfoque interdisciplinar e de uma participação ativa e responsável de cada indivíduo (Dias, 2004). Dessa forma, afirma-se que a EA não deve estar

relacionada apenas com os aspectos biológicos da vida (Jacobi, 2003). Não se trata apenas de garantir a preservação de determinadas espécies animais e vegetais e dos recursos humanos, mas também de analisar as relações políticas, econômicas, sociais e culturais entre a humanidade e a natureza (Dias & Franklin, 2018). Por meio da abordagem CTSA, esse projeto buscou abordar os conteúdos curriculares e paralelamente conscientizar os estudantes envolvidos no projeto sobre problemas ambientais regionais. Acredita-se que trabalhar questões regionais é uma forma de iniciar a sensibilização dos estudantes sobre as modificações e transformações ocorridas na sociedade globalmente (Souza, 2014). O projeto contemplou 7 etapas apresentadas a seguir.

Etapa 1 - Apresentação do projeto e pré-teste

Os estudantes ao chegar na escola, trazem consigo uma compreensão do mundo que o cerca (Feijó & Delizoicov, 2017). Esses são os conhecimentos adquiridos no meio em que vive, denominados de conhecimentos prévios (Feijó & Delizoicov, 2017). Eles foram inicialmente caracterizados por meio de uma roda de conversa e um pré-teste, pois considera-se que se não forem adequadamente problematizados, podem interferir no êxito do processo de aprendizagem do aluno. Assim, foi realizada uma roda de conversa para apresentação do projeto. Foi explicado que seria realizada a investigação de um problema real daquela comunidade relacionado à qualidade da água do Rio Paraopeba que foi afetada pelo rompimento da barragem de Brumadinho em Minas Gerais. Os estudantes demonstraram interesse e entusiasmo no primeiro contato com o projeto. O pré-teste aplicado nessa etapa visou descobrir o nível de conhecimento que os estudantes possuíam referente ao Rio Paraopeba que passa pelo município, sobre qualidade de água e abastecimento de água da cidade. A primeira pergunta questionava: “Vocês viram alguma notícia sobre o rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho?”. Os dados obtidos são apresentados na Figura 1.

Figura 1: Respostas dos alunos para a pergunta: “Vocês viram alguma notícia sobre o rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho?”.



Fonte: Autoras.

Com base nos dados obtidos acima, 71% dos estudantes tinham conhecimento sobre o desastre ambiental em Brumadinho enquanto 29% desconheciam a tragédia. Apesar da maioria dos entrevistados terem tido acesso à informação sobre o rompimento da barragem de rejeitos, considera-se esse percentual insatisfatório diante da repercussão do acidente ocorrido em 2019 e do impacto causado ao município de Pará de Minas, onde os estudantes residiam.

A segunda pergunta indagava qual seria a importância do Rio Paraopeba para o município de Pará de Minas. A seguir são apresentadas algumas respostas:

- E1 “A água de nossa cidade vem dele”.
- E2 “Não conheço esse rio”.
- E5 “Não sei falar”.
- E8 “Esse rio passa na nossa cidade”.
- E11 “Não conheço esse rio”.

E12 “Não sei”.

De acordo com as respostas dos participantes do projeto, apenas 5% tinham algum conhecimento sobre a relevância do Rio para a cidade. Esse entendimento dos estudantes pode ser percebido, por exemplo, pela fala do estudante E1. Os dados coletados também mostraram que 95% dos estudantes indagados não sabiam a importância do rio para a cidade. As respostas dos estudantes E2, E3, E11 e E12 são falas que evidenciam a falta de conhecimento dos estudantes sobre o assunto e mostram o distanciamento entre a abordagem dos conteúdos da grade curricular e o cotidiano dos estudantes. O estudante E8 afirma que o Rio Paraopeba passa pela cidade, mas não o relaciona ao abastecimento de água do município, pesca, biodiversidade ou outra importância do rio para a comunidade. Já as respostas de E2 e E11 são alarmantes, uma vez que os entrevistados afirmam nem mesmo conhecer esse afluente.

A repercussão e impacto do acidente ambiental na barragem de Brumadinho possibilita uma ampla abordagem de questões ambientais. Assim, devido a sua relevância, deveria ter sido extensamente explorado por todas as áreas de ensino afim de sensibilizar e aproximar os conteúdos programáticos da realidade dos estudantes. Portanto, esperava-se que, de modo geral, os estudantes tivessem conhecimento sobre os recursos hídricos da região e minimamente sobre o impacto deles sobre o município. Todavia o levantamento apresentado acima sugere não apenas uma carência de ações de educação ambiental, mas também deficiência de um ensino contextualizado. É importante lembrar que o meio ambiente é um tema transversal e deveria ser abordado por todas as disciplinas (Brasil, 1996). Como apontado na literatura e preconizado pela legislação, é muito importante à promoção de práticas pedagógicas por meio das quais se emancipe o estudante no contexto socioambiental e que ele construa valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (Arrigo *et al.*, 2018). Nesse contexto era esperada a conscientização dos estudantes sobre o meio ambiente em que vivem. Para uma efetiva emancipação socioambiental é fundamental que os professores incluam o meio ambiente em suas disciplinas e se unam para discutir atividades interdisciplinares sobre o tema (Santos & Royer, 2018).

Outro ponto preocupante nas respostas dos estudantes é que esse conhecimento deveria ser adquirido via educação formal, mas também via educação informal diante das consequências do acidente ambiental que afetou Rio Paraopeba que abastece a cidade deles. Dessa forma, observa-se que a atual geração de estudantes está exposta a um grande volume de informação, mas não é possível saber o conteúdo dessa informação e nem mesmo se ela será transformada em conhecimento aplicável. Logo, para formar indivíduos conscientes da sua responsabilidade ambiental é necessário que todas as áreas de ensino articulem seu conteúdo com problemas ambientais buscando a formação de cidadãos críticos e conscientes.

Posteriormente, os estudantes participantes do projeto foram questionados: “O que é uma água de boa qualidade?”. A Figura 2 apresenta o resultado desse questionamento.

Figura 2: Respostas dos estudantes para a pergunta: “O que é uma água de boa qualidade?”.



Fonte: Autoras.

O desastre ambiental abordado nesse trabalho afetou a qualidade da água do Rio Paraopeba e o transformou em uma fonte de água bruta inviável para ser direcionada à estação de tratamento de água da cidade de Pará de Minas. Logo, a Etapa 04 do projeto consistiu em determinar parâmetros físico-químicos que indicam a qualidade da água para que os estudantes pudessem analisar a água do Rio Paraopeba em uma visita de campo. Nesse contexto, julgou-se importante saber o conhecimento prévio dos estudantes sobre qualidade da água. Dos entrevistados, 57% dos estudantes não responderam, enquanto 43% responderam satisfatoriamente o que seria uma água de boa qualidade como podemos ver a seguir:

E2 “Água que não está contaminada”.

E3 “Água tratada”.

E11 “Água que podemos utilizar”.

Por fim, os estudantes foram indagados sobre o que seria Educação Ambiental.

E1 “Ter aula sobre o meio ambiente”.

E2 “Ciência que estuda o meio ambiente”.

E3 “Disciplina para a gente conhecer melhor o ambiente que vivemos”.

E4 “Estudar o meio ambiente”.

E5 “Matéria que estuda poluição e desmatamento”.

E6 “Aprender sobre o meio ambiente”.

E7 “Educação ambiental é saber o que podemos fazer para viver num mundo melhor”.

E8 “Ter aula sobre o meio ambiente”.

E9 “É não poluir, economizar água e reciclar”.

E10 “Aprender a não desperdiçar e não poluir”.

E11 “Estudar o meio ambiente”.

E12 “Ciência que estuda o meio ambiente”.

E13 “Saber como reciclar”.

E14 “Aprender a não desperdiçar e não poluir”.

A EA nas escolas deve contribuir para a formação de cidadãos conscientes, aptos para decidirem e atuarem na realidade socioambiental de um modo comprometido com a vida, com o bem-estar de cada um e da sociedade (Souza, 2011). De acordo com os documentos norteadores do currículo escolar, desde os anos iniciais do ensino deve-se apresentar à criança noções básicas sobre questões ambientais (Brasil, 1997). Logo, esperava-se que os estudantes do ensino médio tivessem certo entendimento sobre EA. Todavia, as respostas dadas por todos os estudantes, com exceção de E7, podem ser categorizadas como não elucidativas. Chirieleison *et al.* (2009), afirma que concepções não elucidativas sobre EA seriam aquelas que expressam de forma confusa o que é EA, como uma disciplina, como o meio ambiente ou como atitudes que devemos ter em relação ao meio ambiente. Apenas o entrevistado E7 apresentou uma visão mais elaborada ao relacionar a importância da conscientização social com respeito ao meio ambiente. Assim, pode-se afirmar que o domínio apresentado pelos estudantes entrevistados sobre o assunto não foi satisfatório. Em contrapartida, essa constatação serviu para nortear o projeto.

Todos os questionamentos realizados nessa etapa possibilitaram uma ampla caracterização do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema do projeto. Isso viabilizou um melhor planejamento das próximas etapas incluindo aulas teóricas, atividades experimentais, visita ao Rio Paraopeba e as demais ações a serem desenvolvidas ao longo dos encontros.

Etapa 2 - Abordagem interdisciplinar do pré-teste

Os encontros da Etapa 02 foram marcados pelo ensino interdisciplinar onde os conteúdos das disciplinas de química, biologia e geografia se complementaram para ensinar sobre o Rio

Paraopeba e as demais questões abordadas no pré-teste. Os conteúdos abordados foram impacto do rompimento da barragem para a comunidade, localização geográfica e extensão do rio, bioindicadores, biodiversidade e parâmetros químicos utilizados para estimar a qualidade da água de um rio como pH, teor de oxigênio dissolvido e turbidez.

Resultados das análises da água do Rio Paraopeba que são publicadas diariamente pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) também foram apresentados. Nesse momento surgiram muitas dúvidas e perguntas sobre o rio e sua importância. Com a união dos professores de química, biologia e geografia todas as questões foram respondidas. Os professores participantes relataram como se surpreenderam com a quantidade de questões interdisciplinares que conseguiram abordar.

Etapas 3 - Divisão dos grupos de estudo

Nesse encontro cada grupo recebeu um formulário com perguntas sobre os seguintes temas: Legislação e qualidade da água do rio Paraopeba; Utilização do Rio Paraopeba; População local; Biodiversidade do Rio Paraopeba e indicadores de qualidade de água. Em seguida, foi realizada a leitura e interpretação dos formulários recebidos. Os estudantes também foram orientados sobre como entrevistar indivíduos via questionário e sobre ética na pesquisa. Posteriormente, foram realizadas pesquisas em jornais e revistas para obter informações sobre o rio e sua atual situação. Os alunos realizaram as pesquisas atentamente e perceberam que a cidade deles estava em reportagens que falavam sobre o rio e sua contaminação. Essa descoberta fez com que o interesse dos estudantes pelo projeto aumentasse.

Etapas 4 - Estudos dos parâmetros físico-químicos da água: pH, oxigênio dissolvido, turbidez

Inicialmente foi realizada a construção de uma escala de pH utilizando o extrato de repolho roxo como indicador. Preparou-se soluções padrões com pHs conhecidos e iguais a 0, 3, 6, 7, 10, 12 e 14. A cada solução padrão foi adicionado o extrato de repolho roxo que apresentou uma cor distinta. Ao adicionar o extrato de repolho roxo nas amostras aquosas analisadas elas assumiam uma cor característica que era comparada as cores das soluções padrões. Pela similaridade da cor, estipulava-se o pH das amostras. Os estudantes ficaram fascinados com a alteração da cor do extrato de repolho roxo de acordo com a mudança do pH do meio. Após a construção da escala os estudantes determinaram também o pH da água da torneira. Nessa prática foram abordados conteúdos de química como ácidos, bases e pH.

Em seguida foi realizada uma atividade experimental a fim de determinar o teor de oxigênio dissolvido na água utilizando os Kits cedidos pela UFMG. O kit contemplava vidrarias e reagentes para realizar uma análise volumétrica. Por meio de titulação e cálculos matemáticos simples determinava-se o teor de oxigênio dissolvido das amostras. Nessa aula foi possível correlacionar conteúdo de química e biologia. Os alunos foram instigados com perguntas como “Sabe-se que os peixes respiram oxigênio. Qual a origem desse oxigênio?”, “É possível que um peixe quebre uma molécula de água para respirar?”. Foi possível perceber que o assunto era novo para eles e que essas perguntas instigou a vontade de aprender nesses estudantes.

Logo após foi realizada uma aula prática na qual foi construído um turbidímetro com material alternativo. Foi dado um roteiro aos estudantes e em equipe eles construíram o próprio equipamento. Após a construção foi realizada a determinação da turbidez de amostras de água da torneira e água misturada com terra.

As atividades experimentais foram uma relevante estratégia didática, uma vez que fornecem um ambiente favorável às abordagens das dimensões teórica, representacional e, sobretudo, fenomenológica do conhecimento (Oliveira, 2010). O retorno obtido com essas atividades práticas mostrou que elas facilitaram a aprendizagem. Já o uso de materiais alternativos foi

essencial para que esse recurso didático fosse utilizado uma vez que a escola participante do projeto não possuía infraestrutura de laboratório.

Etapa 5 - Visita ao Rio Paraopeba

Os alunos foram conduzidos ao Rio Paraopeba e nessa visita tiveram contato com a natureza, caminharam por uma trilha as margens do rio, fotografaram, observaram as condições do rio e fizeram anotações. Alguns alunos não conheciam o rio e tiveram a oportunidade de conhecê-lo por meio desse projeto. A Figura 3 apresenta registros com fotos retiradas pelos estudantes.

Figura 3: Registros da visita ao Rio Paraopeba. A) Barcos abandonados próximos a margem do rio; B) Realização de coleta de amostras por professor participante do projeto; C) Amostras de água coletadas; D) Análise da água do rio.



Fonte: Autoras.

Além dos registros fotográficos os estudantes fizeram comentários como:

E4: “Nunca imaginei conhecer um rio desse tamanho.”

E7: “Não sabia que esse rio passava tão perto da nossa cidade.”

E11: “Quero participar de novos projetos, eu aprendi muito mais assim.”

Esses comentários mostram que o ensino CTSA associado a atividade extracurricular aproximou a realidade ao ensino. Essa aproximação é importante para a realização de ações sociais. A sociedade só pode lutar em prol do meio ambiente se ela conhece esses problemas. Já o comentário específico do aluno E11, evidencia que a abordagem CTSA pode ser uma ferramenta facilitadora e motivadora para o ensino.

Ao caminhar pelas margens do rio os estudantes conversaram e entrevistaram moradores, dentre eles pescadores, que perderam sua fonte de renda, mas ainda residiam às margens do rio. E pelas

entrevistas eles descobriram que aqueles pescadores hoje recebem uma indenização da empresa responsável pelo acidente e eles não utilizam mais a água do rio. Eles recebem em casa garrafas de água mineral toda semana para consumo próprio. Muitos moradores não saíram de lá porque não tem para onde ir. Mas os estudantes encontraram também muitas casas, que de acordo com os vizinhos, foram abandonadas.

Após conhecer a realidade às margens do rio os estudantes fizeram interessantes questionamentos como apresentados a seguir:

E1: “Se a água não pode ser utilizada pra nada, como existem plantações de milho próximas ao rio?”.

E5: “Vimos gados no terreno próximo do rio, quem garante que ele não está bebendo dessa água?”.

E13: “Os moradores disseram que muitas pessoas continuam pescando aqui no rio”. Comer desse peixe não faz mal?

Na Etapa 1 desse projeto os estudantes foram indagados sobre vários conhecimentos relacionados as questões ambientais e, de modo geral, obteve-se respostas superficiais, erradas ou inconclusivas. Já os comentários acima, ao final do projeto, mostram que por meio do ensino CTSA o projeto promoveu uma Educação Ambiental crítica e transformadora. Foi solicitado aos estudantes que realizassem pesquisas na internet sobre essas indagações e que levassem as descobertas no próximo encontro do projeto.

Para a coleta das amostras de água foi escolhido um ponto de fácil acesso, onde havia barcos, aparentemente abandonados nas margens do rio (Figura 3A). Esse ponto era utilizado pelo IGAM para monitoramento do rio. A ação foi realizada por um professor, para evitar acidentes, equipado com botas e luvas para evitar contato direto com água contaminada (Figura 3B).

Com o conhecimento e prática adquiridos na Etapa 04 os estudantes realizaram análises da água e determinaram os parâmetros pH, oxigênio dissolvido e turbidez da água coletada no local (Tabela 2). A análise de determinação do pH da água foi realizada utilizando a escala de repolho roxo e um pHmetro comercial. Os estudantes levaram o relatório emitido pelo IGAM contendo análises químicas e biológicas sobre a qualidade da água do rio. Foi verificado que os resultados obtidos pelos estudantes foram próximos dos resultados oficiais emitido pelo IGAM. Essa semelhança deve ser atribuída a aprendizagem significativa alcançada ao longo do projeto. Aparentemente a experiência vivenciada colocou os alunos como protagonistas no processo de aprendizagem e permitiu que a aprendizagem ocorresse de forma natural e efetiva. Nessa etapa, observou-se também que o ensino intermediado pela abordagem CTSA **instiga o aluno a pesquisar, questionar e buscar o conhecimento.**

Tabela 2: Resultado das análises de parâmetros indicadores da qualidade da água do Rio Paraopeba.

Dado Oficial IGAM / Turbidez	Dados alunos / Turbidez	Dado Oficial IGAM / pH	Dados alunos / pH	Dado Oficial IGAM / OD*	Dados alunos / OD*
23,4	Amostra 1 22,9	6,70	Amostra 1 6,50	6,24	Amostra 1 6,00
	Amostra 2 23,0		Amostra 2 7,0		Amostra 2 6,18
	Amostra 3 22,9		Amostra 3 6,63		Amostra 3 6,21
	Amostra 4 23,2		Amostra 4 6,70		Amostra 4 6,20

*OD: oxigênio dissolvido

Fonte: Autores.

Etapa 6 – Contextualização dos dados obtidos

Inicialmente os estudantes fizeram um breve relato sobre a visita ao Rio Paraopeba. A experiência vivenciada foi de suma importância, pois propiciou uma visão real do problema ambiental que os afeta diretamente. Posteriormente, as equipes de trabalho apresentaram para os demais colegas os dados das entrevistas realizadas. Foi possível observar o envolvimento e comprometimento dos alunos com o projeto quando cada grupo teve a oportunidade de apresentar seus resultados relatando tudo que foi observado e vivenciado no momento das entrevistas.

A apresentação dos resultados da análise da água para os parâmetros pH, teor de oxigênio dissolvido e turbidez da água do Rio Paraopeba permitiu uma ampla discussão interdisciplinar entre estudantes e professores. Acredita-se que a atuação dos estudantes como protagonistas no processo de análise consistiu em um maior estímulo para a aprendizagem dos estudantes e os deu autonomia para discutir os dados obtidos.

As experiências vivenciadas nesse projeto são marcas que, possivelmente, ficarão na formação dos estudantes participantes. Espera-se que os ensinamentos adquiridos tenham integrado o currículo escolar e a formação social desses estudantes permitindo posicionamento crítico diante de novos problemas ambientais que tenham conhecimento.

Por fim, foi realizada uma roda de conversa em que foram abordadas possíveis ações para atenuar os impactos ambientais causados pelo rompimento da barragem de Brumadinho e as consequências da intervenção do homem na natureza de forma irresponsável. Nessa roda de conversa foi perceptível o domínio que esses estudantes possuíam ao final do projeto sobre a importância do rio para o município em que residem e a importância de uma água de boa qualidade. Ou seja, o desempenho apresentado pelos alunos foi diferente ao observado no pré-teste aplicado no início do projeto (Etapa 1). Assim, o enfoque CTSA mostrou-se eficaz tornando os alunos críticos e capazes de buscar novos conhecimentos.

Etapa 7 – Encerramento do projeto

O encerramento do projeto ocorreu por meio de um evento para toda a comunidade escolar. Para organizar esse evento os estudantes foram divididos em dois grupos. O primeiro ficou responsável por apresentar para a comunidade escolar os problemas ambientais enfrentados pelo Rio Paraopeba, enquanto o segundo abordou as ações paliativas e soluções para sanar as consequências do desastre ambiental. Para ajudar a ilustrar as apresentações, os estudantes elaboraram cartazes que foram distribuídos na escola. Durante as apresentações os estudantes participantes do projeto também instigaram um debate com a comunidade escolar sobre a atual situação do rio levantando questionamentos como “Qual a importância da qualidade da água na sua vida?”. Os estudantes buscaram esclarecer para a comunidade escolar como o rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho afetou o município sendo necessário mudar o local de captação de água da comunidade. Buscou-se também conscientizar os participantes como a intervenção do homem, de forma indevida, na natureza pode afetar negativamente a sociedade.

Posteriormente, apresentaram à comunidade escolar o aplicativo “Água e Esgotos”, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas. Os estudantes mostraram como usar o aplicativo para conhecer a situação da água e do esgoto em municípios brasileiros e chamaram a atenção para a importância do tema, principalmente para aquela região que foi afetada pelo rompimento da barragem. Por isso, apresentaram um tutorial de como encontrar as informações no aplicativo.

Por fim, ambos os grupos detalharam todo percurso formativo pelo qual passaram durante o desenvolvimento do projeto e a experiência vivenciada durante a visita ao rio afim de conscientizar toda a comunidade escolar. Eles também fizeram demonstrações das análises que realizaram para determinar os parâmetros que indicam a qualidade da água (pH, teor de oxigênio

dissolvido e turbidez). Para encerrar, a comunidade foi convidada a comparar os dados obtidos pelos estudantes com os dados oficiais emitidos pelo IGAM.

Conclusões

Diante da repercussão na mídia nacional sobre a catástrofe ambiental envolvendo o rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho, em Minas Gerais, que afetou diretamente o município dos estudantes participantes do projeto esperava-se que todos soubessem sobre a tragédia ocorrida. Todavia, o pré-teste mostrou que 29 % dos alunos não tiveram acesso a qualquer notícia. Assim, a caracterização do conhecimento prévio dos estudantes antes de iniciar o projeto foi fundamental para realizar um planejamento adequado das aulas teóricas, experimentais e de campo, como também evidenciou a importância da abordagem contextualizada das questões ambientais no ensino. O Meio Ambiente é um tema transversal que deve ser trabalhado por todas as disciplinas, mas infelizmente, muitas vezes é tratado como um conteúdo de menor importância ou é negligenciado.

Outro fator determinante para o êxito desse projeto foi a abordagem interdisciplinar do problema ambiental por meio dos componentes curriculares de biologia, geografia e química. Essa abordagem foi importante para os estudantes terem uma compreensão ampla sobre o Rio Paraopeba e sobre o problema ambiental abordado. Já as atividades práticas foram essenciais para motivar e facilitar a aprendizagem de conhecimentos de química e biologia. A visita às margens do Rio Paraopeba permitiu que os estudantes tivessem uma visão real do problema e da dimensão do impacto ambiental. Os comentários e envolvimento dos estudantes nessa atividade de campo mostrou que a abordagem CTSA pode ser uma estratégia de ensino facilitadora e motivadora, além de promover uma Educação Ambiental crítica e transformadora. Já as análises químicas realizadas na visita ao rio e a apresentação das ações realizadas no projeto para a comunidade escolar colocou os alunos como protagonistas no processo de aprendizagem, o que normalmente leva ao desenvolvimento de novas habilidades.

Conclui-se que a utilização de um problema ambiental que contempla a realidade dos estudantes e o enfoque CTSA resultou na formação social dos estudantes participantes do projeto. Ao final do projeto os alunos mostraram domínio dos conteúdos curriculares e posicionamento crítico diante das consequências do rompimento da barragem para o município de Pará de Minas.

Referências

- Andrighetto, R., & Maciel, M. M. (2019). Polímeros na Perspectiva da Educação Ambiental: Atenções Voltadas ao ENEM (1998-2018). *Revista Debates em Ensino de Química*, 5(1), 5–25.
- Andrade, B. S., & Vasconcelos, C. A. (2014). O enfoque CTSA no Ensino Médio: um relato de experiência no ensino de Biologia. *Scientia Plena*, 10(4).
- Arrigo, V., Alexandre, M. C. L., & Assai, N. D. S. (2018). O ensino de química e a educação ambiental: uma proposta para trabalhar conteúdos de pilhas e baterias. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13, 306-325.
- Barcelos, V. H. (2017). A questão ambiental e a educação: um diálogo necessário. *Revista do Centro de Educação*, 21(1), 5-21.
- Bacega, T., Galvagni, M., Picinin, G., & Tres, L. (2022). A Aprendizagem de Conceitos Científicos por meio de Temas Geradores: Uma Construção pela CTSA. *Revista Debates em Ensino de Química*, 8(2), 133–145.
- Brasil. Ministério da Educação, (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental*. Brasília.

Brasil. Ministério de Educação e Cultura (1996). *LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília.

Brasil (2012). *Parecer CNE/CP2/2012*. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília.

Brasil. (1999). *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília.

Chirieleison, E., Cunha, A. M. O., & Maráal J. O. (2009). Concepções de meio ambiente e de educação ambiental entre os profissionais de ensino de Uberlândia-MG. *Ensino em Re-Vista*, 1, 23-37.

Cortazzo, R. (2021). La incorporación de la temática ambiental para el desarrollo humano sustentable en la Enseñanza Media Superior uruguaya. Tesis de Maestría en Educación, Sociedad y Política, Uruguay. Dias, G. F. (2006). Educação ambiental: princípios e práticas. In *Educação Ambiental: princípios e práticas*. 1(9), 551-551. Acesso em: 10/08/22.

Dias, J. S., & Franklin, S. D. L. (2018). A educação ambiental na legislação brasileira. *Pesquisa & educação a distância*, 1(11), 1-15.

Feijó, N., & Delizoicov, N. C. (2017). Professores da educação básica: conhecimento prévio e problematização. *Retratos da Escola*, 10(19), 597-610.

Gomes, Y. L., & Pedroso, D. S. (2022). Metodologias de Ensino em Educação Ambiental no Ensino Fundamental: uma Revisão Sistemática. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, e35007.

Jacobi, P. (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*, 1(118), 189-206.

Jesus, L. B. L., & Jesus, L. L. (2022). Caminhos para a educação ambiental. *Revista Científica Fesa*, 1(16), 29-39.

Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, 14(1), 85-93.

Moreira, K. S., Junqueira, J. J. A., Sousa, P. E. O., Moreira, H. S., & Baliza, D. P. (2021). A evolução da legislação ambiental no contexto histórico brasileiro. *Research, Society And Development*, 10(2), 1-21.

Mortimer, E. F., & Silva, P. S. (2018). Águas urbanas: a lagoa da Pampulha. In: Mortimer, E. F. e Silva, P. S. (orgs.). *Elaborando sequências didáticas para ensino médio de química* (pp. 28-73). Belo Horizonte: FAPEMIG.

Mortimer, E. F., Coutinho, F., & Silva, P. (2012). *Projeto água em foco: qualidade de vida e cidadania*. Belo Horizonte.

Oliveira, J. R. S. (2010). A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 3(3), 25-45.

Santos, D. M., & Royer, M. R. (2018). Uma Análise da Percepção dos Alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 142-164.

Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. (2005). *Conteúdo Básico Comum. Educação Básica - Ensino Fundamental (5a a 8a séries)*. Belo Horizonte.

- Silva Cyrne, C. C., Barden, J. E., Sindelar, F. C. W., Dullius, M. M., & Bittenbender, B. N. (2020). Gestão de Resíduos, Cidadania e Educação Ambiental: a subversão do conceito de função. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 15(5), 409-423.
- Souza, M. C. C. (2014). Educação Ambiental e as trilhas: contextos para a sensibilização ambiental. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (REVBEA)*, 9(2), 239-253.
- Sousa, G. L., Medeiros, A. B., Mendonça, M. J. D. S. L., & Oliveira, I. P. (2011). A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, 4(1).
- Suárez-Perales, I., Valero-G., J., Leyva-de la Hiz, D. I., Rivera-Torres, P., & Garces-Ayerbe, C. (2021). Educating for the future: How higher education in environmental management affects pro-environmental behaviour. *Journal of Cleaner Production*, 321(128972), 1-13.
- Souza, V. W. D. S., Rodrigues, V. B., & Ferreira, L. H. (2022). Estudo do Favorecimento da Aprendizagem Significativa a partir da Metodologia CTSA. *Revista Debates em Ensino de Química*, 8(2), 118-132.
- Wetering, V. J., Leijten, P., Spitzer, J., & Thomaes, S. (2022). Does environmental education benefit environmental outcomes in children and adolescents? A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 81(101782), 1-12.