

Aula de Campo na Planície Aluvionar do Rio Doce no Estado do Espírito Santo/Brasil: Potencialidades para a Formação de Professores na Educação CTS

Outdoor education in the Rio Doce Alluvial Plain in the State of Espírito Santo/Brazil: Potential for Teacher Training in STS Education

Educación al aire libre en la Llanura Aluvial del Río Doce en el Estado de Espírito Santo/Brasil: Potencial para la Formación de Profesores en Educación CTS

Raíza Carla Mattos Santana

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT)
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
raizacarlammattos@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4821-342X>

Joelma Goldner Krüger

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT)
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
joelmagoldner@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-7267-9525>

Maria Margareth Cancian Roldi

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT)
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
margacroidi@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8359-7433>

Vilma Reis Terra

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT)
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
terravilma@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3992-7949>

Carlos Roberto Pires Campos

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT)
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
carlosr@ifes.edu.br
<https://orcid.org/0000-0001-7708-4597>



Resumo

Este estudo de caso qualitativo analisou o potencial de uma aula de campo com foco na Educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) na formação de professores de ciências. A intervenção foi realizada na planície aluvionar do Rio Doce em Colatina/ES, envolveu professores em formação continuada e teve como foco a análise da qualidade da água do rio. Os resultados indicam alta potencialidade de replicabilidade da prática pedagógica, com os participantes identificando aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais durante a atividade. A interdisciplinaridade e a contextualização socioambiental, com foco no crime ambiental do rompimento da barragem de Mariana/MG, foram aspectos relevantes da experiência. A pesquisa conclui que as aulas de campo com enfoque CTS são relevantes para a formação de professores, pois promovem uma experiência de aprendizado significativa e contextualizada, preparando-os para implementar práticas semelhantes em seus contextos escolares. Essa abordagem contribui para a formação de cidadãos críticos e conscientes dos impactos da ciência, da tecnologia e da sociedade no meio ambiente.

Palavras-chave: rio Doce; Educação CTS; Formação de professores; Aula de campo; Educação científica.

Abstract

This qualitative case study analyzed the potential of outdoor education focused on Science, Technology, and Society (STS) Education for science teacher training. The field trip, conducted in the Rio Doce floodplain in Colatina, Espírito Santo, Brazil, involved in-service teachers and focused on analyzing the river's water quality. The results indicate a high potential for the replicability of the pedagogical practice, with participants identifying scientific, technological, social, and environmental aspects during the activity. Interdisciplinarity and socio-environmental contextualization, focusing on the environmental crime of the Mariana dam collapse, were relevant aspects of the experience. The research concludes that CTS-focused field trips are valuable for teacher training, as they promote a meaningful and contextualized learning experience, preparing teachers to implement similar practices in their school contexts. This approach contributes to the formation of critical and conscious citizens aware of the impacts of science, technology, and society on the environment.

Keywords: rio Doce; STS Education; Teacher training; Outdoor education; Science education.

Resumen

Este estudio de caso cualitativo analizó el potencial de una salida de campo con enfoque en la Educación CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) para la formación de profesores de ciencias. La salida de campo se realizó en la llanura aluvial del Río Doce en Colatina/ES, Brasil, e involucró a profesores en formación continua. El objetivo principal fue analizar la calidad del agua del río. Los resultados indican un alto potencial de replicabilidad de la práctica pedagógica. Los participantes identificaron aspectos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales durante la actividad. La interdisciplinariedad y la contextualización socioambiental, con foco en el crimen ambiental del rompimiento de la represa de Mariana/MG, fueron aspectos relevantes de la experiencia. La investigación concluye que las salidas de campo con enfoque CTS son



valiosas para la formación de profesores. Promueven una experiencia de aprendizaje significativa y contextualizada, preparando a los profesores para implementar prácticas similares en sus contextos escolares. Este enfoque contribuye a la formación de ciudadanos críticos y conscientes de los impactos de la ciencia, la tecnología y la sociedad en el medio ambiente.

Palabras clave: río Doce; Educación CTS; Formación de profesores; Educación al aire libre; Educación científica.

Introdução

Diversas ações e abordagens podem ser utilizadas para o ensino de ciências. As aulas de campo são uma dessas modalidades de ensino que contribuem para o desenvolvimento da cidadania, proporcionando experiências únicas e materiais relevantes no aprendizado de ciências e de outras disciplinas. Tais aulas visam também, estimular os estudantes a explorar seu potencial no campo da pesquisa, da observação e da experimentação, assim como despertar habilidades que os estudantes ainda não têm consciência que possuem. Além disso, ao abordar temas científicos, as aulas de campo também promovem uma análise crítica e contextualizada da história e da sociedade local.

Quando pensamos em um ensino estimulante e que envolva os estudantes no exercício do pensamento reflexivo, percebemos que simplesmente expor conteúdos em sala de aula não é suficiente. De acordo com a visão de Freire (2013), a problematização tem como objetivo explorar os problemas da realidade que circunda a comunidade escolar. Portanto, o processo de aprendizagem deve promover a colaboração e a troca de ideias como parte da experiência escolar.

O desenvolvimento de aulas de campo à luz do enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), nos aproxima de um ensino problematizador, como postulado por Freire (2013). Desenvolver aulas de campo na formação continuada de professores, a partir dos problemas locais, envolvendo a temática água, os seus usos e a poluição em rios, pode contribuir para a disseminação da metodologia das aulas de campo com enfoque CTS na Educação Básica. Também pode despertar o interesse da comunidade escolar para fenômenos muitas vezes despercebidos, como a poluição de córregos e rios próximos à escola ou que abastecem a cidade, como é o caso do rio Doce em Colatina/ES, o qual tornou-se objeto deste estudo.

Nesta esteira, Chrispino (2017) compreende que as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) têm como objetivo proporcionar aos cidadãos, instrumentos para aprimorar sua compreensão sobre como os conhecimentos científicos, artefatos e sistemas tecnológicos influenciam a sociedade como um todo, destacando-se os impactos nos diferentes grupos sociais. Santos & Mortimer (2002) enfatizam que a educação CTS busca desenvolver atitudes e valores, contrastando com métodos memorísticos, priorizando um ensino que promova a participação ativa. Aikenhead (2003) afirma que essa abordagem exige mudanças fundamentais no *status quo* da educação científica. Busca-se abordar a ciência de modo a possibilitar uma cultura científica, que contribua para o exercício de uma cidadania ativa e consciente (Fernandes et al., 2014).



Sendo assim, é imprescindível debruçar e fomentar a educação científica, à vista da promoção do desenvolvimento sustentável (Eijck; Roth, 2007), com o favorecimento de potencialidades para a educação CTS (Aikenhead, 2003).

A educação CTS deve ser encarada como um compromisso político e ético (Cachapuz et al., 2004), o que inclui a formação de professores em ambientes naturais, com vistas a capacitar educadores a aplicarem práticas pedagógicas semelhantes em seus ambientes escolares. Portanto, há necessidade de fomentar práticas científicas, educativas, em busca da promoção da sensibilização da sociedade, a fim de uma educação CTS (Leite, Terra, Brasil, 2016). Destarte, o trabalho teve como objetivo analisar as potencialidades de uma aula de campo sob a perspectiva da abordagem CTS, assim como as contribuições da aula para a formação de professores da Educação Básica.

Tal abordagem é pertinente para ressignificar a Educação Ambiental (EA) a partir da integração com a educação CTS na perspectiva da multidimensionalidade. Para isso, é essencial investir na formação docente, capacitando os professores para desenvolver uma prática de EA contextualizada e responsável, que supere a visão fragmentada do meio ambiente e articule as questões socioambientais com as problemáticas locais.

Contextualização teórica

A temática CTS teve sua primeira abordagem na Europa e nos Estados Unidos, com o objetivo de compreender como a ciência moderna influenciava a cultura e os valores das instituições científicas, levando em consideração aspectos econômicos, políticos, éticos e ambientais. Teixeira (2020) versa que, na educação, o enfoque CTS pode ser descrito como um movimento que perpassa pela renovação curricular, visto que é argumentando modificações nos currículos tradicionais, sobretudo da área de ciências. O autor defende que o movimento CTS é uma das linhas de investigação mais importantes, no cenário mundial, em educação em ciências, impulsionando a relevância e a potencialidade de pesquisas científicas, devendo ter como um dos focos a formação da cidadania.

É destacado por Teixeira (2020) que no planejamento de projetos educacionais com abordagem CTS é necessário:

uma concepção de educação emancipatória, voltada para um projeto de formação de pessoas críticas em relação à sociedade excludente em que vivemos, considerando os mais variados aspectos; e que busquem, instrumentalizados pelo ensino e conhecimentos que recebem, alternativas para a transformação social (p. 21).

Coadunamos com Teixeira (2020) quando defendemos uma abordagem didática contextualizada, indo de encontro àquela ciência que visa apenas interpretar o mundo e seus fenômenos, e indo ao encontro do desenvolvimento sustentável (Eijck & Roth, 2007; Leite et al., 2016).



Diante das informações apresentadas, é possível notar que a educação em CTS apresenta grande potencial para ser implementada em diversas áreas e práticas educacionais, porém essa aplicação necessita que os responsáveis estejam dispostos a compreender e assumir seus papéis, especialmente os educadores.

Trata-se, portanto, de recontextualizar a educação científica situando-a na esteira das responsabilidades para com a formação da cidadania para uma sociedade justa e socialmente habitável (Santos, 2011). De acordo com López Cerezo (2017), a pesquisa CTS reconhece a ciência e a tecnologia como produtos sociais, moldados pelas relações e necessidades da sociedade. Isso levanta a questão da avaliação e gestão social desses produtos, para garantir que atendam às demandas da população e contribuam para o bem-estar social. Nesse contexto, a educação em CTS assume um papel crucial: busca levar os resultados da pesquisa CTS para os currículos escolares, promovendo uma compreensão reflexiva do papel da ciência e da tecnologia na sociedade. Essa interpretação demanda uma “reação àquela visão acrítica e neutra que se deu à Ciência e à Tecnologia ao longo do tempo” (Chrispino, 2017, p.17).

Também, discorrendo do assunto, Fernandes, Pires e Villamañán (2014) asseveram que o ensino com foco CTS deve ser orientado de forma clara, contextualizada e significativa, de modo a facilitar a compreensão e o aproveitamento dos alunos. Esse enfoque oferece aos estudantes uma visão integradora da relação entre os aspectos da ciência e da tecnologia relacionados com a sociedade. Tais autores consideram que o ensino das ciências sob a perspectiva CTS pode diferir do ensino tradicional, pois além de promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas, também visa a formação de cidadãos conscientes e responsáveis. Dessa forma, a educação CTS possibilita vários caminhos na aproximação entre o currículo de ciências e a realidade da comunidade escolar, tornando os conteúdos mais relevantes e interessantes para os estudantes.

De modo semelhante, Santos & Mortimer (2002) ressaltam a educação CTS como aquela na qual a aprendizagem inerente aos conteúdos de ciências é realizada no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social. Partindo desse pressuposto, busca a integração entre a educação científica, tecnológica e social, de maneira tal que os conteúdos adquirem uma dimensão com potencial de contribuir com a discussão de seus aspectos históricos, políticos, éticos e socioeconômicos.

Parte-se do pressuposto, de Cachapuz et al. (2004), de que essas reflexões são necessárias. À vista disso, a natureza da ciência e sua intensa relação com a tecnologia, a sociedade e o ambiente devem ser consideradas ao ensinar, visto que é um processo contínuo e, por isso, requer atualizações constantes das informações disponíveis. Deste modo, a inserção do enfoque CTS na Educação Básica requer mudanças na seleção dos conteúdos, nas metodologias e nas atitudes dos atores envolvidos no processo ensino-aprendizagem, com vistas a aprender ciência e aprender sobre ciência. Como consequência desta aprendizagem, a escolha de fazer ciência é tomada de modo consciente.

No cenário atual, busca-se a reconceitualização da ciência e da tecnologia, visando desconstruir a ideia tradicional de ciência como imparcial, positiva, pronta e infalível, e de tecnologia como portadora inerente de bondade e progresso associado ao bem-estar duradouro (Chrispino,



2017). Por serem construções sociais são moldadas por uma variedade de influências ao longo do tempo e em constante evolução.

Nesse contexto, a integração da educação em ambientes fora dos muros da escola é apontada como uma opção para diversificar as abordagens tradicionais de ensino, citamos a metodologia das aulas de campo como exemplo.

Em uma pesquisa conduzida por Reis et al. (2019), foi enfatizada a relevância de os professores possuírem conhecimento prévio sobre os conteúdos e locais fora da sala de aula a serem explorados, juntamente com a necessidade de planejar adequadamente suas práticas de ensino. As autoras também ressaltam a importância de esclarecer os objetivos educacionais de forma a estimular a curiosidade e o interesse dos alunos, além de sugerirem o uso de métodos de avaliação diferentes dos convencionais.

Existe uma separação entre os conhecimentos adquiridos na escola e a realidade do mundo, indicando que eles não estão conectados. A realização de aulas de campo é essencial para um ensino interdisciplinar mais integrado, com o objetivo de despertar maior interesse e participação dos alunos. Essas observações são corroboradas por Silva e Leite (2017), que também destacaram a importância da formação de pensamento crítico, profissional e cidadão nos estudantes.

Diante do abordado, observamos que a articulação dos conteúdos curriculares e extracurriculares em aulas de campo com enfoque CTS, se configura como uma alternativa para o ensino de ciências, no caso deste estudo, conteúdos relacionados ao ensino de química inerentes à Educação Básica. As aulas de campo são diferenciadas daquelas aulas vivenciadas no ambiente escolar, uma vez que promovem motivação, complementam a aprendizagem ocorrida em sala de aula, bem como um processo de contextualização com a realidade dos estudantes, como afirma Back et al. (2017, p.6).

É importante partirmos das vivências dos alunos para a construção de novos significados; esse movimento requer/proporciona a participação crítica do estudante, instigando a este um posicionamento para com as questões desencadeadas/vivenciadas no espaço explorado, inculcando a este uma visão crítica e reflexiva, no sentido de não aceitá-las do modo como exposto, mas questioná-las.

A metodologia das aulas de campo representa uma forma de educação que se distancia dos métodos convencionais estabelecidos pela escola, como currículos e sequências disciplinares. Nos espaços extraescolares temos um veículo facilitador da aprendizagem, consequentemente inúmeras possibilidades. Entre estas possibilidades a abordagem CTS também é facilitada, visto que na aula de campo ocorre a aproximação entre o professor e os estudantes, fortalecendo o diálogo. Diálogo defendido por Freire (2013) como sendo um dos elos facilitadores de uma educação horizontal, na medida em que “o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa” (p. 69).

Quando pensamos na comunicação dialógica e sua relação com a aprendizagem escolar, necessitamos entender que ela, neste caso, tem caráter intencional com objetivos e planejamento específicos. Neste estudo, esses objetivos estão relacionados à aprendizagem de conteúdos curriculares e extracurriculares do componente curricular química com enfoque CTS em uma



aula de campo no rio Doce em Colatina/ES. Logo, adquire contornos e objetivos inerentes ao ambiente e à proposta defendida.

Partindo desse pressuposto, o rio Doce (espaço fora dos muros da escola) e a sala de aula (espaço escolar) são os espaços em que a aprendizagem curricular e extracurricular ocorrem. A relação rio-escola emerge como um espaço de interface, promovendo a aproximação das atividades em cada uma das etapas de uma aula de campo. Assumimos a importância da educação CTS em si como um processo educativo, como estimuladora da conquista da autonomia do estudante. O desenvolvimento de uma aula de campo, as condições para a sua implementação e o que cada etapa requer do professor na mediação das atividades para estimular a curiosidade dos estudantes, a partir de questões sociocientíficas, se configuram nas especificidades das aulas de campo com enfoque CTS.

Método

Tratou-se de uma pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso (Gil, 2022), acerca das potencialidades de uma prática pedagógica no contexto da formação de professores de ciências. O local da pesquisa foi a planície aluvionar do rio Doce, no município de Colatina/ES/Brasil, com doze professores da educação básica, com diferentes formações iniciais, seja em nível de licenciatura (Geografia, Biologia, Química e Física) ou bacharelado (Geologia). Todos alunos do curso de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática do Instituto Federal do Espírito Santo - Educimat/Ifes. O Quadro 1 apresenta um resumo do planejamento da intervenção.

Cabe ressaltar que o local da etapa da aula de campo compreende uma das cidades atingidas pelo maior crime ambiental do Brasil, provocado pelo rompimento da barragem da Vale, BHP e Samarco no município de Mariana (MG). Tal fato provocou graves danos econômicos, sociais e ambientais, além das vidas ceifadas (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis [IBAMA], 2015). Em Colatina/ES, a ocorrência do impacto ambiental resultante da ruptura da barragem de rejeitos minerários exacerbou de maneira considerável um contexto já previamente caracterizado por degradação, decorrente tanto da urbanização das terras circunvizinhas à Bacia do rio Doce quanto da ampliação das indústrias locais.

Para discutir o potencial de uma aula de campo, sob a perspectiva da abordagem CTS com foco na contextualização ambiental associada ao rio Doce, foi planejada uma aula de campo baseadas nas três etapas da metodologia das aulas de campo: o pré-campo, o campo e o pós-campo, conforme proposto por Campos (2012), Seniciato & Cavassan (2004), Silva et al. (2010), Orion (1993). As três etapas da aula de campo devem ser pensadas e preparadas como uma intervenção pedagógica, ou seja, com intencionalidade educativa, por isso a necessidade de o planejamento ocorrer em três momentos distintos (Campos, 2012; Orion, 1993).

A aula de campo se inicia na etapa pré-campo com os estudantes se aproximando do objeto de estudo. Orion (1993) denomina esta etapa como pré-viagem, e deve reduzir tensões e inseguranças sobre o campo. O conteúdo é apresentado de modo que na etapa campo os alunos



consigam associar os conteúdos aprendidos com o ambiente de investigação (etapa campo). Os estudantes também são orientados sobre a organização da saída, como roupas e calçados apropriados, embarque, desembarque e outros cuidados não menos importantes (Campos, 2012). Na visão de Seniciato & Cavassan (2004), momentos teóricos são essenciais para alicerçar a prática e facilitar a aprendizagem dos conhecimentos científicos. Durante a etapa de campo, o professor medeia o processo de aprendizagem, estimula a observação e a reflexão com vistas a estimular a compreensão da realidade estudada (Silva et al., 2010). Para Orion (1993), a viagem a campo é central para o modelo. No pós-campo, é necessário que haja um momento de sistematização da aprendizagem, por meio de atividades que promovam a reflexão e a consolidação dos conhecimentos adquiridos (Seniciato & Cavassan, 2004; Orion, 1993). Além disso, é importante que o docente avalie o desenvolvimento dos alunos durante a atividade, de forma a identificar pontos que necessitam ser retomados e oportunidades de melhoria para futuras aulas de campo. Dessa forma, a aula de campo se configura como uma importante metodologia, desde que seja devidamente planejada e conduzida, permitindo uma experiência enriquecedora para os discentes.



Quadro 1. Resumo do planejamento das três etapas da aula de campo com enfoque CTS

Etapas	Objetivos	Atividades	Avaliação
Pré-campo: Na escola	Compreender os aspectos físico-químicos da água	Propriedades e características da água: Debates guiados; rodas de conversa sobre quais os padrões de potabilidade da água. Aproximação ao ambiente de investigação: Pesquisa acerca da história da relação dos moradores locais com o rio Doce, sobre as características fitofisionômicas do trecho do rio e de algumas características do município de Colatina/ES.	Produção textual sobre o resumo dos diálogos, debates e pesquisa.
Campo: rio Doce Colatina/ES	Conhecer o aluvião do rio Doce Caracterizar a aluvião do rio Doce. Discutir as características da água do rio Doce.	Conhecendo o aluvião: Caminhada pelas margens do rio doce, com vistas ao reconhecimento da área. Caracterizando o aluvião do rio Doce: Descrever as características locais e registrar as coordenadas geográficas do local de coleta de uma amostra de água do rio Doce. Descobrimos características da água: Utilizando a água coletada superficial do rio Doce, verificar cor, odor, sabor, turbidez, dureza, íons cloreto, temperatura, condutividade elétrica, pH e magnetismo de minerais no sedimento, conforme instruções contidas no roteiro de observação.	Registro das atividades realizadas em campo no roteiro experimental.
Pós-campo: na escola	Sistematizar os conhecimentos acerca da água coletada no rio Doce Socializar a experiência vivenciada.	Aprofundando o problema: Debate sobre os resultados da prática realizada em campo. Discussão sobre os poluentes, a potabilidade da água e suas implicações com o rompimento da barragem de Mariana/MG. Socialização: Produção de um relato da experiência vivenciada em campo.	Produção textual dos relatos produzidos.

Nota. Dados da pesquisa

No pré-campo, os professores receberam embasamento teórico para se prepararem para as atividades no rio Doce. Os docentes utilizaram grelhas de observação em formato de roteiro



experimental para realizar atividades práticas de estudo da qualidade das águas superficiais do rio. Após as atividades, como pós-campo, foi realizado um debate para aprofundar o conhecimento sobre os impactos causados pela mineração e outras ações humanas no ecossistema local.

Para a coleta de dados, foi realizada a gravação dos diálogos em grupo e a análise dos dados preenchidos. Para análise dos dados produzidos, utilizamos o método da triangulação de dados de Triviños (1987), que busca abarcar a máxima amplitude na descrição, na explicação e no entendimento do foco em estudo. Neste estudo, nos limitamos¹ a discutir as etapas campo e pós-campo realizadas no ambiente de investigação, uma vez que a prática pedagógica foi planejada para ser desenvolvida com estudantes da Educação Básica e testada com professores em formação continuada, com vistas a verificar suas potencialidades. O *corpus* de análise foi sistematizado a partir das respostas das grelhas de observação, que continham o roteiro experimental e o questionário de aplicabilidade na Educação Básica. Além disso, considerou-se os debates pós-campo e as observações realizadas durante todo o transcurso das atividades.

Resultados e sua discussão

A contextualização socioambiental teve como ponto de partida o crime provocado pelo rompimento da barragem de rejeitos de minérios em Mariana/MG, que aconteceu no dia 5 de novembro de 2015, e como isso afetou economicamente, socialmente e ambientalmente a região de Colatina/ES, que possui o rio Doce como uma parte intrínseca de sua identidade e cultura no Brasil.

As atividades desenvolvidas na etapa campo tiveram como foco a análise das águas superficiais do rio Doce, abarcando os seguintes parâmetros: turbidez, pH, íons cloreto, dureza da água, condutividade elétrica e magnetismo de minerais no sedimento (Figura 1). Os participantes foram divididos em 03 grupos de trabalho (GT), receberam uma grelha de observação e uma bandeja com os materiais necessários para a realização das tarefas. As últimas questões abordadas na grelha continham um questionário acerca da relação das atividades propostas com CTS e sua replicabilidade por professores da educação básica com abordagem CTS.

Após o desenvolvimento das atividades, ocorreu uma discussão sobre impactos socioambientais (Santos & Mortimer, 2002). A roda de conversa (pós-campo) visou promover reflexões acerca dos impactos ambientais e socioeconômicos da atividade mineradora e demais ações antrópicas, demonstrando uma abordagem crítica e reflexiva sobre questões sociais, culturais e ambientais, conforme preconizado na Educação CTS (Fernandes et al., 2014; Cachapuz et al., 2004).

¹ A etapa do pré-campo não foi considerada para análise de dados, pois teve por objetivo a familiarização teórica com o ambiente de investigação relacionados aos aspectos geocientíficos. O pré-campo ocorreu durante a disciplina de Educação Científica no Campo no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática.



Figura 1. Registros das etapas experimentais do roteiro de análise qualitativa das águas superficiais do rio Doce em Colatina/ES/Brasil

Nota. Dados da pesquisa

No desenvolvimento da prática em campo, realizaram-se duas formas de análise: a primeira utilizando um condutivímetro portátil e a segunda por meio da construção de um testador de condutividade caseiro². As medições efetuadas pelos grupos de trabalho variaram entre 46 e 52 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O procedimento experimental incluiu um guia detalhado para a fabricação do condutivímetro caseiro, utilizando materiais simples como pilhas, fita isolante, LED verde, pedaços de fios de cobre e tesoura. Tratou-se de uma estratégia qualitativa, determinando apenas a presença ou ausência de corrente elétrica por meio da observação da iluminação do LED. Esse recurso mostrou-se potencialmente pedagógico ao oferecer uma abordagem visual e didática para compreender o fenômeno. Além disso, essa abordagem reflete a essência da cultura *maker*, por meio da inclusão da tecnologia manual, que demonstrou a aplicação de conhecimentos interdisciplinares integrando aspectos socioambientais e sociotecnológicos. Essa integração reforça a importância de explorar conexões entre as disciplinas e contextualizar o aprendizado no ambiente real, promovendo uma educação alinhada aos desafios contemporâneos.

² <https://youtu.be/LCiMJRhQuqc?si=KpJvvz71RtqPhcPy>

Adicionalmente, a análise dos sedimentos por meio de um ímã, identificou a presença de minerais magnéticos, o que pode ter consequências geológicas e ambientais significativas, como aumento da turbidez e alteração do pH da água. Essas análises aditivas contribuíram para um entendimento mais extenso das características químicas, físicas e geológicas do ambiente do rio Doce em Colatina/ES, fornecendo informações para a avaliação e o monitoramento da qualidade da água e do ecossistema local.

Em relação às questões sobre a relação das atividades propostas com CTS e sua replicabilidade por professores da educação básica, os sujeitos da pesquisa consideraram que a prática pedagógica tem alta potencialidade de replicabilidade, bem como conseguiram identificar aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais que estão ilustrados no Quadro 2.

Quadro 2. Relação entre os aspectos da Educação CTS e as intervenções realizadas

GT	ASPECTOS CTS			
	Aspectos Científicos	Aspectos Tecnológicos	Aspectos Sociais	Aspectos Ambientais
Grupo 1	Aplicabilidade em química e física	Confecção dos equipamentos	Entendimento dos sais na água/ interface com a vida	Impacto que pode causar na biota
Grupo 2	Aproximação do aluno na sistematização do método científico	Montagem do condutivímetro, uso de reagentes, medidor de pH	Uso da água para as necessidades humanas	Qualidade da água para o ecossistema e para o uso humano
Grupo 3	Utilização de conceitos e hipóteses	Os materiais utilizados	Conhecimento das propriedades e qualidade das águas	Compreensão dos impactos ambientais causados pelo rompimento da barragem de rejeitos de minérios

Nota. Dados da pesquisa

O Grupo 1 ressaltou aspectos científicos e tecnológicos da análise da qualidade da água para a química e física, além de uma interconexão socioambiental com a biota. Esse olhar está relacionado à formação inicial dos professores do grupo (Química, Física, Biologia), o que denota o potencial interdisciplinar da atividade. O Grupo 2 enfatizou a experimentação com o método científico, o que permitiu a compreensão do conhecimento teórico a partir de uma abordagem dinâmica e prática, com vistas a suscitar a tomada de consciência ambiental quanto ao uso da



água. O Grupo 3 apresentou uma perspectiva mais geral e que se relaciona diretamente com os outros grupos. No que tange à ciência, ressaltou formulação de hipóteses e investigação científica, que dialoga diretamente com atividades investigativas. Em relação à tecnologia, reconheceram que todo material utilizado faz parte de uma técnica. No âmbito socioambiental enfatizaram a importância dos conceitos e propriedades estudados como inerentes à promoção da criticidade quanto ao crime ambiental que atingiu o rio Doce.

A abordagem CTS como ferramenta para o desenvolvimento de competências na formação científica de professores permitiu a análise crítica de problemas socioambientais relacionados à água, como a contaminação e a escassez; habilidade de tomar decisões informadas e realização de discussões acerca de questões relacionadas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; além de permitir a participação ativa na busca de soluções para os desafios socioambientais da comunidade.

Um aspecto relacionado à educação CTS que merece destaque é a ideia de multidisciplinariedade, na qual, de acordo com Dias e Serafim (2009), ciência e tecnologia são abordadas a partir de diversos campos disciplinares (como sociologia, história, economia, filosofia, ciência política, etc.) e de forma integrada. A análise do Quadro 2 evidencia a importância da formação de professores de ciências que estejam preparados para promover a interdisciplinaridade entre as diferentes áreas do conhecimento, conectando a ciência à realidade social e ambiental, para além das disciplinas de Ciências da Natureza.

A partir da temática do rio Doce e da análise da água, a sociologia pode analisar as relações sociais envolvidas no crime ambiental, incluindo o impacto nos moradores locais, as questões de justiça social relacionadas à responsabilização das empresas envolvidas e a resposta da sociedade civil e das comunidades afetadas. Através de uma lente histórica, pode-se examinar o contexto que levou ao crime de Mariana, incluindo o desenvolvimento da indústria mineradora na região, as políticas governamentais relacionadas à exploração de recursos naturais e os padrões históricos de negligência ambiental. A análise econômica pode examinar os impactos financeiros do crime, principalmente para as comunidades afetadas. Isso inclui o custo dos danos ambientais, os efeitos sobre a indústria do turismo e a infraestrutura local, bem como as implicações para o mercado de mineração no Brasil. A filosofia pode fornecer *insights* éticos e morais sobre o crime, explorando questões como a responsabilidade das empresas por danos ambientais, os direitos das comunidades atingidas e as questões de justiça ambiental. Também pode questionar as concepções de progresso e desenvolvimento que levaram a práticas de exploração de recursos naturais que resultaram no desastre. A ciência política pode analisar as respostas políticas ao crime ambiental, incluindo a regulamentação governamental da indústria de mineração, o papel das empresas no *lobby* político e as implicações para a governança ambiental e a participação cidadã. Por fim, pode examinar as políticas de gestão de crimes ambientais e as medidas de recuperação, mitigação, remediação ou reparação.

López Cerezo (2004, p. 28) destaca que “não se pode pretender uma renovação crítica do ensino restringindo tal mudança somente aos conteúdos”. Assim, é essencial considerar a questão metodológica, garantindo que a implementação da educação CTS ocorra por meio de práticas pedagógicas ativas e contextualizadas, ultrapassando abordagens tradicionais. Nesse contexto,



a intervenção descrita, baseada em uma aula de campo, está alinhada com essa perspectiva de promover mudanças na forma de ensinar, segundo a análise dos professores em formação.

Também se perguntou quais das atividades desenvolvidas na aula de campo seriam mais eficazes para a promoção e integração entre os aspectos socioambientais, socioeconômicos e socioculturais. Dois grupos responderam que todas as atividades são eficazes. O grupo 2 concordou com esta afirmativa destacando as atividades relacionadas a dureza da água e dos seus efeitos para o tratamento e acidez e suas consequências para o ecossistema. Destarte, segundo a análise dos professores em formação, a prática pedagógica tem potencial para ser desenvolvida com estudantes da Educação Básica.

Os aspectos científicos (Aikenhead, 2003) foram abordados de forma interdisciplinar, em todas as três etapas de uma aula de campo (pré, campo e pós) por meio da práxis entre teoria e prática (Campos, 2012). A tecnologia ficou a cargo das atividades de campo, incluindo identificação de minerais magnéticos e análise da condutividade elétrica, que proporcionaram uma abordagem prática e sensorial para a compreensão do ambiente, alinhada com a perspectiva da Educação CTS que enfatiza a aprendizagem baseada em experiências (Fernandes et al., 2014).

No pós-campo a roda de conversa foi organizada à vista do aprofundamento da compreensão da repercussão, sobretudo, dos impactos socioeconômicos e ambientais da atividade de exploração de mineradoras e demais ações antrópicas, debruçando em uma abordagem reflexiva e crítica sobre questões ambientais, sociais e culturais condizentes proposto na Educação CTS (Fernandes et al., 2014; Santos & Mortimer, 2002).

Esses debates CTS auxiliam na formação da educação científica docente, em concordância com Cachapuz et al. (2005), quando definem como o envolvimento dos professores na construção do conhecimento, aproximando sua prática científica dos desafios reais. Os conhecimentos adquiridos servirão como base para a reflexão na abordagem CTS, que inclui as interações com o meio ambiente, além de desenvolver atitudes e valores em relação a situações-problema (Cachapuz et al., 2004).

A etapa pós-campo da aula realizada às margens do rio Doce em Colatina/ES desempenhou um papel fundamental na formação de professores da educação básica, proporcionando uma oportunidade única para discussões aprofundadas sobre temáticas sociocientíficas. Os debates nessa fase foram essenciais para contextualizar as experiências práticas vivenciadas no campo, permitindo a integração de conceitos científicos com questões sociais e ambientais pertinentes à região. Explorar as interações entre a comunidade local, a tecnologia, os avanços científicos e os desafios ambientais ofereceu uma perspectiva holística que enriqueceu o conhecimento dos educadores. Além disso, essa abordagem promoveu a mobilização de processos para a sensibilização sobre a interdependência entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, estimulando os professores a buscarem uma prática docente mais contextualizada e alinhada com os desafios contemporâneos enfrentados pela comunidade e pelo meio ambiente ao redor do rio Doce.



Conclusões

Os debates sobre educação CTS são imprescindíveis para promover a compreensão das relações entre esses elementos. A etapa pós-campo de aulas realizadas às margens do rio Doce em Colatina/ES desempenhou um papel fundamental na formação de professores da educação básica, proporcionando uma oportunidade única para discussões aprofundadas sobre temáticas sociocientíficas. Os debates nessa fase são essenciais para contextualizar as experiências práticas vivenciadas no campo, permitindo a integração de conceitos científicos com questões sociais e ambientais inerentes à região (Campos, 2012; Orion, 1993).

Explorar as interações entre a comunidade local, a tecnologia, os avanços científicos e os desafios ambientais oferecem uma perspectiva holística que enriquece o conhecimento dos educadores. Além disso, essa abordagem pode sensibilizar sobre a interdependência entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (Chrispino, 2017), capacitando os professores a buscarem uma educação mais contextualizada e alinhada com os desafios contemporâneos enfrentados pela comunidade e pelo meio ambiente ao redor do rio Doce, no Brasil.

Foi possível inferir que as aulas de campo promovem uma experiência de aprendizado significativa e valiosa, que prepara esses docentes para implementar práticas pedagógicas semelhantes em seus contextos escolares com abordagem CTS, isto é, a promoção de replicabilidade por professores da educação básica. A pesquisa permitiu o estudo contextualizado do rio Doce em Colatina/ES a partir de uma problemática social, estabelecendo articulações sobre a perspectiva da ciência, dos aspectos tecnológicos, sociais, culturais e ambientais.

Portanto, a formação de docentes aliada às aulas de campo pode contribuir na ressignificação da educação científica situando-a na esteira das responsabilidades para com a formação da cidadania para uma sociedade justa e socialmente habitável (Santos, 2011).

Contribuições dos autores

Conceptualização: Joelma Goldner Krüger, Maria Margareth Cancian Roldi e Raíza Carla Mattos Santana; Metodologia: Maria Margareth Cancian Roldi; Software: N/A (não aplicável); Validação: Carlos Roberto Pires Campos; Análise formal: Raíza Carla Mattos Santana, Joelma Goldner Krüger e Maria Margareth Cancian Roldi; Investigação: Raíza Carla Mattos Santana, Joelma Goldner Krüger e Maria Margareth Cancian Roldi; Recursos: Joelma Goldner Krüger; Curadoria de dados: Vilma Reis Terra, Joelma Goldner Krüger e Maria Margareth Cancian Roldi; Escrita - Esboço original: Raíza Carla Mattos Santana, Joelma Goldner Krüger e Maria Margareth Cancian Roldi; Escrita - Revisão & Edição: Raíza Carla Mattos Santana, Vilma Reis Terra e Carlos Roberto Pires Campos; Visualização: Raíza Carla Mattos Santana, Joelma Goldner Krüger e Maria Margareth Cancian Roldi; Supervisão: Vilma Reis Terra; Gestão do projeto: Carlos Roberto Pires Campos; Captação de financiamento: Raíza Carla Mattos Santana, Vilma Reis Terra, Carlos Roberto Pires Campos.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática (EDUCI-MAT) do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Vila Velha e ao Projeto Rio Doce Escolar.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com o aporte financeiro da Fundação Renova, a partir de um convênio entre Ifes, Facto e Fundação Renova – Processo Ifes nº 23187.001719/2021-93.

Referências

- Aikenhead, G. S. (2003). STS education: a rose by any other name. In: Cross, R. (Org.). *A vision for science education: responding to the work of Peter Fensham*. London, UK: RoutledgeFalmer, 59-75.
- Back, D. et al. (2017). Educação em Espaços não Formais no Ensino de Ciências. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, XI ENPEC, Florianópolis, SC. Anais do XI ENPEC. p. 1-10.
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Revista Ciência & Educação*, 10(3), p. 363-381. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000300005>.
- Cachapuz, A., Gol-Pérez, D., Carvalho, A. D., Praia, J., & Vilches, A. A. (2005). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez.
- Campos, C. R. P. (2012). A saída a campo como estratégia de ensino de Ciências: reflexões iniciais. *Revista eletrônica Sala de Aula em Foco*, v. 1, n. 2, 25-30.
- Chrispino, A. (2017). *Introdução aos enfoques CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na educação e no ensino*. Documentos de trabajo de Iberciencia | N.º 4. ISBN 978-84-7666-247-2. Organización de Estados Ibero-americanos e Iberciencia.
- Dias, R. B., & Serafim, M. P. (2009). Educação CTS: uma proposta para a formação de cientistas e engenheiros. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior* (Campinas), 14 (3). <https://doi.org/10.1590/S1414-40772009000300005>.
- Eijck, M. V., & Roth, W.-M. (2007). *Improving Science Education for Sustainable Development*. *Plos Biology*, v.5, n.12, p. 2763-2769. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050306>
- Fernandes, I. M., Pires, D. M., & Villamañán, R. (2014). Educación científica con enfoque CTSA: construcción de um instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación Universitaria*, Chile, v. 7, n. 5, 23-32. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000500004>
- Freire, P. (2013). *Pedagogia do oprimido* [recurso eletrônico] / Paulo Freire. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Gil, A. C. (2022). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 7. ed. Barueri: Atlas.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). (2015). *Laudo Técnico Preliminar: Impactos decorrentes do 62 desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em*

- Mariana, MG. Brasília. Diretoria de Proteção Ambiental – DIPRO. Coordenação Geral de Emergências Ambientais – CGEMA. 1-74.
- Leite, S. Q. M., Terra, V. .R., & Brasil, E. D. F. (2016). Ensino investigativo com enfoque CTS/CTSA e sustentabilidade na formação continuada de professores de ciências da natureza. *Indagatio Didactica*, vol. 8(1), p. 854-869.
- López Cerezo, J. A. (2004). Ciência, Tecnologia e sociedade: o estado da arte na Europa e nos Estados Unidos. In: Santos, L. et al. *Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação*. Londrina: IAPAR.
- López Cerezo, J. A. (2017). *Ciencia, tecnología y sociedad. Cátedra de Ciencia, Tecnología y sociedad*. Cátedra. Asunción.
- Orion, N. (1993). A model for the developement and implementation of field trips as an integral part of the Science curriculum. *School Science and Mathematics*, v. 93, n. 6, p. 325-331.
- Reis, E. F. et al. (2019). Espaços não formais de educação na prática pedagógica de professores de ciências. *Revista REAMEC*, Cuiabá, MT, v. 7, n. 3.
- Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S no contexto da educação brasileira. *Rev. Ensaio*, Belo Horizonte, v.02, n.02, p.110-132, jul-dez. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>.
- Santos, W. L. P. (2011) Significados da educação científica com enfoque CTS. In: Santos, W. L. P.; Auler, D. (organizadores). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Seniciato, T., & Cavassan, O. (2004). Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências: um estudo com alunos do ensino fundamental. *Ciência & Educação*. v. 10, n. 1, p. 133-147.
- Silva, J. S. R., Silva, M. B., & Varejão, J. L. (2010). Os (des)caminhos da educação: a importância do trabalho de campo na geografia. *Revista Vértices*, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 187–198. <https://doi.org/10.5935/1809-2667.20100030>
- Silva, V. H. S., & Leite, S. Q. M. (2017). Aula de campo de tecnologia pesqueira: pensamento crítico na educação profissional de nível médio. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Anais... Florianópolis: UFSC.
- Teixeira, P. M. M. (2020). *Movimento CTS: estudos, pesquisas & reflexões*. Curitiba: CRV.
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. Atlas. São Paulo.