



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

CAIO RÔMULO FREITAS SILVA

**ABORDAGEM CTSA NO ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL: UM ESTUDO
CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS**

FORTALEZA - CE
2021

CAIO RÔMULO FREITAS SILVA

**ABORDAGEM CTSA NO ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL: UM ESTUDO
CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS**

Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dra. Caroline de Goes Sampaio.

FORTALEZA - CE

2021

Caio Rômulo Freitas Silva

**ABORDAGEM CTSA NO ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL: UM ESTUDO
CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Química.

Aprovado em: 29/01/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Caroline de Goes Sampaio – IFCE (Orientadora)

Prof. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso – IFCE (1º avaliador interno)

Prof. Dra. Ana Karine Portela Vasconcelos – IFCE (2º avaliador interno)

Prof. Dra. Maria Goretti de Vasconcelos Silva – UFC (1º avaliador externo)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586a Silva, Caio Rômulo Freitas.
ABORDAGEM CTSA NO ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL : UM ESTUDO
CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS / Caio Rômulo Freitas Silva. - 2021.
114 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e
Matemática, Campus Fortaleza, 2021.
Orientação: Profa. Dra. Caroline de Goes Sampaio.

1. CTSA. 2. Ensino de Química Ambiental. 3. Contextualização. 4. Metais tóxicos. I. Título.

CDD 510.07

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Caroline Sampaio, por todo o apoio, incentivo, confiança e, principalmente, pela paciência e parceria de todos esses anos que trabalhamos juntos. Sou infinitamente grato por todas as oportunidades oferecidas. Torno a dizer que sinto como se nossa relação fosse de mãe e filho, pois a sua disponibilidade em me ajudar sempre excederam uma relação de orientador e orientando.

Aos meus amigos de turma Marley Stedile, Virna Araújo, Viviane Alves e Inaiá Lopes por todos os momentos de apoio e descontração que foram fundamentais para que este trabalho fosse realizado.

Aos professores que compõem o PGECM, em especial às professoras Cleide Barroso e Karine Portela pelas grandes contribuições desde as disciplinas, qualificação e, agora, defesa.

Ao IFCE – *Campus* Maracanaú por ter permitido a aplicação desta pesquisa em suas dependências.

Ao meu colega de pós-graduação Eduardo Firmino por sempre está disposto a repassar suas experiências e orientações quanto a linha de pesquisa CTSA na qual participamos.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram.

RESUMO

Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar as contribuições da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no ensino de química ambiental através da contextualização com a temática de “metais tóxicos”. A aplicação ocorreu com uma turma de 7 alunos matriculados na disciplina optativa de Química analítica III do Curso Superior de Licenciatura em Química do IFCE – *Campus* Maracanaú. Foram realizados três encontros de quatro horas cada, que abordaram os aspectos teóricos sobre o movimento CTSA, a poluição da água por metais tóxicos e a técnica de adsorção como proposta de solução para a problemática ambiental. Utilizaram-se três questionários como método de avaliação. O primeiro, com questões retiradas do COCTS, avaliou os índices atitudinais dos participantes quanto as atitudes CTSA e foi aplicado no formato teste e reteste. O segundo, com perguntas discursivas, foi utilizado para levantamento de conhecimentos prévios e aplicado antes do início das discussões do primeiro encontro. O terceiro, também com perguntas discursivas, foi utilizado para verificação da compreensão das discussões propostas e aplicado ao fim do último encontro. De forma geral, os resultados do questionário adaptado do COCTS mostraram que os participantes apresentaram ganhos nas atitudes adequadas em CTSA após a intervenção proposta nesta pesquisa, evidenciado pelo aumento na média geral de 0,034 na categoria adequada. Já para as categorias plausível e inadequada, houveram perdas de -0,106 e -0,107, respectivamente, corroborando com o aumento observado na categoria adequada. A análise das questões discursivas demonstrou que os participantes concordam que a contextualização do conteúdo com a temática de poluição da água por metais tóxicos facilitou a compreensão de assuntos específicos (técnica de adsorção), comprovado pela correta associação das respostas dos participantes com os termos definidos cientificamente. A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a contextualização proposta nesta pesquisa foi satisfatória, pois tanto houveram ganhos positivos para os índices atitudinais adequados em CTSA, quanto os participantes apresentaram boa compreensão dos assuntos abordados, representando um ganho em conhecimentos teóricos.

Palavras-chave: CTSA, Ensino de Química Ambiental, Contextualização, Metais Tóxicos.

ABSTRACT

This research aimed to assess the contributions of the Science, Technology, Society and Environment (STSE) approach in the environmental chemistry teaching through contextualization with the theme of "toxic metals". The application involved a group of 7 students enrolled in the optional discipline of Analytical Chemistry III of the undergraduate Chemistry Teaching degree of IFCE - Maracanaú *Campus*. The study was carried out in three four-hour meetings, addressing the theoretical aspects of the STSE movement, water pollution by toxic metals, and the adsorption technique as a solution proposal for the environmental problem. Three questionnaires were used as an evaluation method. The first, with questions taken from the survey on science, Technology, and Society (STS), assessed participants' attitudinal indices regarding the attitudes on STSE and was applied in the test and retest format. The second, with discursive questions, was used to check the participants' previous knowledge about the proposed discussions and applied before the beginning of the discussions of the first meeting. The third, also with discursive questions, was used to check the participants' understanding of the proposed discussions and applied at the end of the last meeting. The overall results of the questionnaire adapted from the survey on STS showed that the participants' adequate attitudes in STSE after the intervention proposed in this research, evidenced by the increase in the general average of 0,034 in the adequate category. For the plausible and naive categories, there were losses of -0,106 and -0,107, respectively, corroborating the increase observed in the appropriate category. The analysis of the discursive questions showed that the participants agree that the contextualization with the water pollution by toxic metals theme made easier to understand specific subjects (adsorption technique), evidenced by the correct association of the participants' answers with the terms defined in science. From the results obtained, it can be said that the contextualization proposed in this research was satisfactory, as there were both positive gains for the adequate attitudinal indices in STSE, and the participants showed a good understanding of the subjects proposed, representing a gain in theoretical knowledge.

Key-words: STSE; Environmental Chemistry Teaching; Contextualization; Toxic Metals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aumento da concentração de metais tóxicos em organismos através do efeito biocumulativo.

Figura 2 – Componentes do processo de adsorção.

Figura 3 – Resumo da métrica utilizada para calcular o índice atitudinal dos itens nas questões do COCTS.

Figura 4 - Comparação entre os índices atitudinais médio para cada categoria nas questões, onde os gráficos A, B e C correspondem as categorias adequada, plausível e ingênua, respectivamente.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre o ensino tradicional e o ensino através da perspectiva CTSA.

Quadro 2 – Aspectos da abordagem CTS.

Quadro 3 – Exemplos de adsorventes utilizados na remoção de metais tóxicos da água.

Quadro 4 – Questões escolhidas para aplicação na pesquisa.

Quadro 5 – Respostas dos participantes para a segunda pergunta do questionário pré-aplicação.

Quadro 6 – Respostas dos participantes para a terceira pergunta do questionário pré-aplicação.

Quadro 7 – Respostas dos participantes para a quarta pergunta do questionário pré-aplicação.

Quadro 8 – Respostas dos participantes para a quinta pergunta do questionário pré-aplicação.

Quadro 9 – Respostas dos participantes para a primeira pergunta do questionário pós-aplicação.

Quadro 10 – Respostas dos participantes para a segunda pergunta do questionário pós-aplicação.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conjunto de critérios que permitem avaliar a natureza democrática das iniciativas de gestão pública com relação à política científico-tecnológica.

Tabela 2 – Diferenças entre as tradições CTSA europeia e norte-americana.

Tabela 3 – Descrição dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

Tabela 4 – Padrões de lançamento de efluentes da resolução CONAMA nº430/2011.

Tabela 5 – Cronograma de aplicação da pesquisa.

Tabela 6 – Questões extraídas do COCTS classificadas por tema e subtema.

Tabela 7 – Índices médios para as categorias em cada uma das questões do COCTS utilizadas.

Tabela 8 – Valores médios gerais das categorias das 5 questões do COCTS utilizadas.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Alfabetização científica e tecnológica
AP	Água produzida
CAp/UFPE	Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco
CE	Ceará
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Hg	Mercúrio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Ni	Níquel
Pb	Chumbo
Zn	Zinco
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CT	Ciência e Tecnologia
COCTS	<i>Cuestionarios de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad</i>
EA	Educação ambiental
EEM	Escola de Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPOR	<i>Empirical Program of Relativism</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
IFCE	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará
IES	Instituição de Ensino Superior
NdC&T	Natureza da Ciência e Tecnologia
SCOT	<i>Social Construction of Technology</i>
PLACTS	Pensamento Latino-Americano sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Dependência
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
MG	Minas Gerais

QAI	Qualidade do ar interior
PR	Paraná
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1. Surgimento do movimento CTSA	18
2.1.1. Tradição europeia	21
2.1.2. Tradição norte americana	22
2.1.3. Perspectiva Latino-Americana do movimento CTSA	25
2.2. Ensino de Química Ambiental	27
2.3. Educação CTSA no currículo	34
2.4. Estado da arte da abordagem CTSA no ensino química no Brasil	38
2.5. A poluição da água por metais tóxicos e a técnica de adsorção	48
3. METODOLOGIA	53
3.1. Abordagem quanti-qualitativa	53
3.2. O estudo de caso	55
3.3. Questionário de Opiniões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade	56
3.4. Descrição do público-alvo e <i>locus</i> da pesquisa	59
3.5. Implementação	60
3.6. Questões extraídas do COCTS para aplicação na pesquisa	61
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
4.1. Índices atitudinais por categoria nas questões	63
4.2. Índices atitudinais gerais por categoria	71
4.3. A visão dos participantes sobre a proposta da pesquisa	72
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido submetido ao conselho de ética em pesquisa do IFCE	95
APÊNDICE B – Questões extraídas do COCTS para aplicação na pesquisa	105
APÊNDICE C – Questionário diagnóstico aplicado no início da pesquisa	106
APÊNDICE D – Questionário diagnóstico aplicado no fim da pesquisa	107
ANEXO A – Parecer consubstanciado de aprovação do projeto submetido ao conselho de ética em pesquisa do IFCE	108

1. INTRODUÇÃO

Somos parte integrante de uma sociedade notavelmente influenciada em diversos âmbitos pelo avanço da Ciência e Tecnologia (CT). Os grandes benefícios trazidos com o advento deste avanço fizeram com que a humanidade desenvolvesse um alto nível de confiança em ambas as áreas (Ciência e Tecnologia) e defendesse a ideia de que a CT seria capaz de encontrar as respostas para todos os problemas sociais e culturais (SANTOS; MORTIMER, 2002; SCHNORR; RODRIGUES, 2014). Esta visão sobre a CT ficou conhecida como “visão salvacionista” e é corroborada por Palacios *et al.* (2001), onde citam que se pode resumir a concepção clássica das relações entre Ciência e Tecnologia com a sociedade em uma equação nomeada “modelo linear de desenvolvimento”: + ciência = + riqueza = + tecnologia = + bem-estar. Apesar desta visão, a confiança excessiva na ciência e tecnologia e a definição de ambas a partir de seus benefícios pode mostrar-se como algo perigoso, pois esta prática gera um distanciamento no que concerne às questões com as quais estão envolvidas, ou seja, permite que a ciência e a tecnologia mascararem seus interesses socioeconômicos em suas propostas (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Esta crença absoluta na ciência, aliada à técnica, possui uma vertente ideológica de dominação. A ascensão do capitalismo fez com que a ambas gerassem metodologias científicas de domínio da natureza cada vez mais eficientes, disponibilizando instrumentos efetivos na prática da hegemonia do homem sobre o homem (SANTOS; MORTIMER, 2002). Além disto, o cientificismo gerou o mito da neutralidade científica. A proposição de avanços tecnológicos é uma máscara utilizada para cobrir os reais interesses das classes dominantes e o lucro, os quais ditam influências sobre as classes menos favorecidas, que por sua vez não têm suas necessidades atendidas (SANTOS; MORTIMER, 2002; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Diante da neutralidade inexistente da ciência e da falsa concepção salvacionista, debates éticos têm trazido foco aos impactos no ambiente oriundo da CT e sua aplicação. Mais precisamente, nas décadas de 1960 e 1970, Ciência e Tecnologia passaram a ser analisadas a partir do viés de impacto ambiental e seu vínculo com conflitos bélicos (bombas atômicas e Guerra do Vietnã, por exemplo), sugerindo-se a inserção uma abordagem social na construção do conhecimento científico e tecnológico. Neste contexto, originou-se o movimento conhecido como

Ciência, Tecnologia e Sociedade, representado pela sigla CTS (AULER; BAZZO, 2001; SANTOS; MORTIMER, 2002).

A partir do movimento CTS as discussões sobre ciência e tecnologia passaram a incluir fatores sociais em suas considerações, tornando-as mais democráticas e contribuindo para a desmistificação da CT como neutra e autônoma. De acordo com Palacios *et al.* (2001), os estudos da CTS definem, hoje, um novo e diversificado campo de trabalho, bem consolidado e de natureza crítica em relação à imagem essencialista da ciência e da tecnologia, e de natureza interdisciplinar, por estar presente em disciplinas como a filosofia e a história da ciência e tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia da mudança técnica.

Apesar de o movimento CTS ter surgido devido à preocupação com as consequências negativas da ciência e tecnologia sobre a sociedade, as reflexões desta área tem recebido grande ênfase no sistema educacional, influenciando na elaboração do currículo de ciências, de modo a promover ao estudante acesso não apenas ao conhecimento científico e seus benefícios, mas também desenvolver uma visão crítica que o permita conhecer seus direitos, agir por si, reconhecer quais âmbitos podem ser afetados conforme novas propostas técnico-científicas sejam sugeridas e ser capaz de melhorar a realidade na qual está inserido. O interesse da aplicação do conceito de CTS na educação se dá pelo fato de entender-se a escola como um espaço no qual as mudanças se iniciam (SANTOS; MORTIMER, 2002; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Tornou-se necessidade no mundo contemporâneo educar o cidadão em Ciência e Tecnologia (SANTOS; MORTIMER, 2002). O contexto científico-tecnológico trouxe propostas efetivas e ativas que influenciam de forma real nos assuntos de debates, possibilitando ao público o envolvimento com os problemas em si, e não apenas com a decisão final, que poderia já estar planejada (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

As propostas curriculares com foco em CTS apresentam grande concentração nos impactos da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, principalmente no que diz respeito ao meio ambiente. Por isso, comumente incorpora-se este último aos estudos do movimento CTS, passando a referenciá-lo como CTSA (A = Ambiente) (SCHNORR; RODRIGUES, 2014).

De acordo com Vaz, Fagundes e Pinheiro (2009), no contexto brasileiro é possível discutir sobre temas como (1) exploração mineral por empresas multinacionais e desenvolvimento científico, tecnológico e social; (2) ocupação e poluição ambiental; (3) o destino do lixo e o impacto ambiental e (4) o controle de qualidade dos produtos químicos que são comercializados. Dito isto, o contexto sociocientífico do Brasil é um terreno adequado para estudos com abordagem em CTS. No que diz respeito a esta pesquisa, o segundo tema torna pertinente a temática de contextualização proposta neste trabalho (poluição da água por metais tóxicos), já que baseia-se em um problema de poluição ambiental.

Com o advento dos avanços tecnológicos, indústrias das mais diversas áreas aumentaram suas produções, conseqüentemente gerando grande quantidade de resíduos para descarte. Por vezes a correta destinação destes resíduos de acordo com o estabelecido pelas legislações ambientais pode gerar gastos, o que é desinteressante para as grandes companhias. Ao invés disso, optam por descartá-los no meio ambiente, por ser mais cômodo, contaminando-o. Dentre os poluentes mais conhecidos, encontram-se os metais pesados (JUNIOR; SELZLEIN; NACKE, 2009; SAMPAIO, 2015; RAULINO, 2016).

A partir deste contexto, esta pesquisa tem como objetivo de avaliar as contribuições da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no ensino de química ambiental através da contextualização com a temática de “metais tóxicos”. Além disto, tem como objetivos específicos promover uma discussão a respeito da poluição dos recursos hídricos por metais tóxicos através do ensino contextualizado com abordagem CTSA, propor a técnica de adsorção como uma ferramenta no tratamento de água contaminada com metais tóxicos e verificar a contribuição do conteúdo abordado e a importância do enfoque CTSA para a formação do aluno cidadão.

O primeiro capítulo deste trabalho traz uma breve introdução sobre as temáticas a serem trabalhadas nesta pesquisa, como o movimento CTSA e sua relação com o meio ambiente, e os objetivos que se esperam alcançar. O segundo capítulo trata sobre os aspectos teóricos mais aprofundados sobre o movimento CTSA, explicitando seu surgimento e desenvolvimento até a forma como a conhecemos hoje, bem como a sua inserção no sistema educacional, âmbito no qual obtém seus maiores destaques e resultados. Além disto, traz o estado da arte sobre o uso da abordagem CTSA no ensino de química, além de discorrer sobre a

problemática de poluição da água por metais tóxicos, da técnica de adsorção como método de tratamento e um panorama sobre a relação da educação ambiental com o ensino de química. O terceiro capítulo traz a metodologia escolhida para conduzir esta pesquisa, explicando o tipo de abordagem que adotada, o método de coleta de dados, o calendário de aplicação e quais questões serão utilizadas especificamente. O quarto capítulo apresenta e analisa os dados quantitativos e qualitativos coletados através dos questionários propostos, discutindo-os com base nas informações teóricas levantadas no segundo capítulo. Por fim, o quinto capítulo traz as considerações finais sobre o trabalho, bem como direcionamentos para continuação desta pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Surgimento do movimento CTSA

O movimento CTSA¹ ganhou força entre o fim da década de 1960 e início da década de 1970, quando se percebeu que o desenvolvimento científico e tecnológico não estava contribuindo unicamente para a melhoria do bem-estar social (AULER; BAZZO, 2001). Até então, existia uma visão de que as propostas técnico-científicas eram como motores que impulsionavam tanto no desenvolvimento do saber humano quanto em sua evolução. No entanto, esta visão representava um perigo, pois apesar de seus benefícios, o avanço da ciência e da tecnologia não é independente de seus interesses socioeconômicos (PINHEIRO, 2005).

Naquela época, a sociedade tendia a acreditar em uma proporcionalidade entre ciência, tecnologia, riqueza e bem-estar, onde um aumento na produção científica traria maior produção tecnológica, que por sua vez geraria mais riquezas e, conseqüentemente, mais bem-estar (AULER; BAZZO, 2001). Os primeiros transplantes de órgãos (transplante de rins em 1950) realizados com auxílio dos primeiros computadores (1946), e a pílula anticoncepcional (1955), por exemplo, eram tidos como a prova de que a ciência e a tecnologia estavam a favor do bem-estar geral (PALACIOS *et al.*, 2001; PINHEIRO, 2005).

Por vezes as iniciativas científicas não medem as consequências socioambientais de suas proposições, visando apenas a produção de novos conhecimentos e/ou interesses econômicos. Em curto prazo, é possível perceber os efeitos destas ações, sem distinções, a nível mundial, como nas poluições ambientais e nos produtos utilizados em guerras (RODRÍGUEZ; PINO, 2017). O modelo linear de desenvolvimento caiu em descrédito ao passo que o desenvolvimento científico e tecnológico trouxe consigo consequências ruins fazendo com que a sociedade passasse a visualizar a ciência e tecnologia não mais como sua salvadora, mas sim um problema (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009).

¹ A letra "A" foi incorporada à sigla, inicialmente escrita como CTS, para se dá o devido destaque aos impactos ambientais dentro do desenvolvimento técnico-científico, evitando que as questões concernentes ao meio ambiente sejam tratadas de forma diminuta (VACHESKI, 2016). Para este trabalho será feito o uso da sigla CTSA.

Apesar do otimismo proclamado pelo promissor modelo linear, o mundo tem sido testemunha de uma sucessão de desastres relacionados com a ciência e tecnologia, especialmente desde os finais da década de 1950. Vestígios de resíduos contaminantes, envenenamentos farmacêuticos, derramamento de petróleo etc. Tudo isso nos ajuda a confirmar a necessidade de revisar a política científico-tecnológica do *laissez-faire* e do cheque-em-branco e, com ela, a concepção mesma da ciência-tecnologia e sua relação com a sociedade (PALACIOS *et al.*, 2001, p. 123).

Com o crescente desconforto social em relação ao desenvolvimento técnico-científico, discussões foram iniciadas sobre os impactos causados à sociedade e ao meio ambiente. Neste momento o movimento CTSA ganha força total e pontua a “necessidade do cidadão de conhecer os direitos e obrigações de cada um, de pensar por si próprio e de ter uma visão crítica da sociedade onde vive, especialmente de ter a disposição de transformar a realidade para melhor” (PINHEIRO, 2005, p. 28). As pesquisas feitas com abordagem CTSA apresentam caráter crítico (a ciência e tecnologia) e interdisciplinar (presente nas disciplinas de filosofia, sociologia, história, economia, dentre outras), a fim de compreender o aspecto social da área técnico-científica considerando os pontos de vista histórico e as consequências socioambientais (PALACIOS *et al.*, 2001).

Desta forma, é possível pontuar 3 grandes momentos que culminaram no surgimento e consolidação do movimento CTSA. O primeiro, situado anterior à década de 1950, é caracterizado pela grande confiança na ciência e tecnologia (CT) e em suas boas contribuições, tendo-se ambas como detentoras das respostas para solucionar quaisquer problemas. O segundo momento, entre a década de 1950 e 1960, apresenta o início da desconfiança na CT em detrimento das consequências do mal-uso do conhecimento técnico-científico (acidentes nucleares e guerras, por exemplo). O terceiro momento, que ocorre a partir da década de 1970, é determinado pela busca da diminuição da autonomia científica e tecnológica, onde a sociedade tenta cada vez mais se inserir nas decisões da CT (PINHEIRO, 2005; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

A função da ciência já era algo discutido antes do surgimento do movimento CTSA. Buscava-se interpretar o seu significado através do método científico, o qual servia como parâmetro para identificar o que era ciência ou não (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009). Esta visão influenciou no currículo escolar no fim da década de 50, onde desejava-se formar um minicientista através da prática do método científico (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Com a ascensão do movimento CTSA, três campos de atuação foram determinados como sendo de grande atuação desta abordagem: o de investigação, o de políticas públicas e o da educação. O campo da investigação trazia uma essência teórica, com maior presença no meio acadêmico e que contribuiu com uma crescente visão social contextualizada da CT.

Já o campo das políticas públicas preocupava-se em criar condições democráticas que favorecessem a participação da população nas decisões relativas às políticas em ciência e tecnologia, vista a preocupação com os malefícios observados pela autonomia criativa deste binômio.

O campo educacional, por sua vez, implementava o ensino de ciências com uma aproximação em CTSA, de modo a promover a formação científico-tecnológica dos cidadãos, ampliando a compreensão da ciência e da tecnologia, tornando-os críticos ao contexto social do qual fazem parte (PALACIOS *et al.*, 2001; VACHESKI, 2016).

Os primeiros indícios do movimento CTSA surgiram na Europa e nos Estados Unidos, que buscavam monitorar o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, além de avaliar o modelo linear vigente e compreender o avanço técnico-científico como um processo social construído a partir de valores morais, religiosos, econômicos e políticos, não mais sendo independente. A Europa e os Estados Unidos apresentavam diferentes abordagens em relação ao movimento CTSA (PINHEIRO, 2005).

A tradição europeia, que surgiu por volta de 1979, caracterizava-se como uma investigação acadêmica e tinha os conhecimentos das ciências sociais como os principais fundamentadores, a destacar as áreas da sociologia, antropologia e psicologia. Destaca que o âmbito social precede o desenvolvimento técnico-científico, baseando-se na explicação das teorias científicas (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009).

A tradição norte-americana vale-se da reflexão ética, da análise política e de um referencial mais humano (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009). Preocupam-se mais com as consequências socioambientais que podem surgir com o desenvolvimento científico e tecnológico. Defende a participação cidadã nas políticas públicas sobre ciência e tecnologia (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Mesmo existindo tais divergências, ambas as tradições chegaram a concordar em alguns pontos: repudiavam a autonomia produtiva da ciência (sem a participação

social), criticavam o ponto de vista da tecnologia como a ciência aplicada e desaprovavam a restrição de tomadas de decisões somente a cientistas e técnicos (NUNES, 2014).

2.1.1. Tradição europeia

Originou-se no fim dos anos 1970, na Universidade de Edimburgo, com a implementação do que ficou conhecido como “Programa Forte”. Possui uma base essencialmente acadêmica, com estudos dos precedentes sociais. Esta tradição é centrada na ciência, reservando a tecnologia para um segundo plano (CEREZO, 1998; SANTOS, 2011).

De acordo com Palacios *et al.* (2001), o Programa Forte, que criado por David Bloor, tinha o objetivo de instituir princípios que explicariam, de modo satisfatório, a natureza e mudança do conhecimento científico, com uma visão macrossocial (PALACIOS *et al.*, 2001). Os estudos eram feitos na perspectiva das ciências sociais, buscando-se explicitar a maneira como fatores políticos, econômicos, éticos, religiosos, dentre outros, exerciam influência no contexto científico-tecnológico (PINHEIRO, 2005). Os princípios estabelecidos por David Bloor estão descritos a seguir.

1. Causalidade: uma explicação satisfatória de um episódio científico deve ser causal, isto é, deve enfatizar as condições efetivas que produzem crenças ou estados de conhecimento.
2. Imparcialidade: deve ser imparcial em relação à verdade e falsidade, racionalidade e irracionalidade, sucesso ou fracasso. Ambos os lados dessas dicotomias exigem explicação.
3. Simetria: deve ser simétrica em seu estilo de explicação. Os mesmos tipos de causas devem explicar crenças falsas e verdadeiras.
4. Reflexividade: suas diretrizes explicativas devem ser aplicáveis à própria sociologia. (PALACIOS *et al.*, 2001, p. 21).

À luz do Programa Forte, surgiram outras perspectivas que trouxeram contribuição para a tradição europeia, como o *Empirical Program of Relativism* (EPOR), focado no estudo de controvérsias científicas. Iniciado por H. Collins e posteriormente desenvolvido por T. Pinch, este programa trouxe três grandes colaborações para a compreensão da conjuntura técnico-científica, com enfoque

microsocial: 1. A flexibilidade de análise dos resultados experimentais demonstra que as descobertas científicas são sujeitas a mais de uma interpretação; 2. Ao esclarecer os aspectos que limitam a flexibilidade da análise (sociais, institucionais, retóricos, dentre outros), se favorece a resolução de controvérsias científicas, promovendo um acordo sobre o que é verdadeiro em cada caso; 3. Os meios de resolução em torno da verdade sobre as controvérsias científicas se relacionam de forma mais ampla com o meio social, cultural e político (PALACIOS *et al.*, 2001; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Outro programa de destaque é o *Social Construction of Technology* (SCOT), variado do EPOR. Centrava-se na sociologia do conhecimento científico, compreendendo o desenvolvimento tecnológico como um processo de variação e avaliação. O principal propósito do SCOT era explicar a razão pela qual algumas variáveis sobrevivem e outras, não, ao se construírem modelos multidirecionais. Faziam-se estudos das controvérsias científicas e tecnológicas e posterior análise das opções dos grupos envolvidos de forma direta, a fim de reduzir a variação de interpretações e chegar a um acordo quanto a uma possível resolução (PALACIOS *et al.*, 2001; PINHEIRO, 2005).

2.1.2. Tradição norte americana

Originada nos Estados Unidos entre o fim dos anos 1960 e início dos anos 1970, esta tradição endossa a busca do movimento CTSA em compreender as consequências socioambientais do desenvolvimento tecnológico e os impactos no cotidiano dos cidadãos e instituições sociais e políticas. Diferente da tradição europeia, que realizava estudos quanto a natureza processual das mudanças científicas, a tradição norte americana buscou discernir os aspectos sociais da tecnologia. Sua maior premissa é defender a participação social nas políticas sobre ciência e tecnologia (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009; SANTOS, 2011).

R. Carson e E. Schumacher são considerados os pioneiros do movimento CTSA nos Estados Unidos, já que as preocupações eram centradas nos efeitos do desenvolvimento científico-tecnológico nas esferas social e ambiental, e ambos publicaram obras relevantes e consonantes com estas preocupações (CEREZO, 1998).

De acordo com Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009), a atuação pública no contexto científico e tecnológico era defendida com base em três argumentos: 1. O argumento instrumental, que coloca a participação pública como a melhor forma de garantir a redução de resistência e desconfiança; 2. O argumento normativo, cuja visão é a de que os cidadãos representam os melhores avaliadores e defensores de seus interesses; 3. O argumento substantivo, que põe leigos e especialistas no mesmo patamar em relação a validade de posicionamento.

O núcleo da questão não é impor limites *a priori* ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia nem estabelecer alguma classe de controle político ou social do que fazem os cientistas e engenheiros, mas sim renegociar as relações entre ciência e sociedade: estabelecer quem deveria determinar objetivos políticos em ciência e tecnologia e quem deveria supervisionar seu cumprimento (PALACIOS *et al.*, 2001, p. 135).

A determinação de atores sociais e a organização dos interesses na participação pública é algo complexo, pois existem diferentes pontos de vista, graus de informações, níveis de consciência e poder individual a serem considerados. Considerando tal diversidade em relação a tipos de cidadãos e grupos sociais, foram estabelecidos critérios que possibilitam a avaliação do caráter democrático de iniciativas de gestão pública em políticas científicas e tecnológicas (tabela 1).

Tabela 1 - Conjunto de critérios que permitem avaliar a natureza democrática das iniciativas de gestão pública com relação à política científico-tecnológica.

Caráter	Descrição
Representativo	Deve haver ampla participação no processo decisório. Em princípio, quanto maior o número e a diversidade de indivíduos ou grupos envolvidos, mais democrático pode ser considerado o mecanismo participativo em questão.
Igualitário	Deve permitir a participação do cidadão em pé de igualdade com especialistas e autoridades governamentais. Isso implica, entre outras coisas, a transmissão de todas as informações, a disponibilidade de meios, a não-intimidação, a igualdade de tratamento e a transparência no processo.

Fonte: adaptado, PALACIOS *et al.*, 2001, p. 135-136.

CONTINUAÇÃO

Tabela 1 - Conjunto de critérios que permitem avaliar a natureza democrática das iniciativas de gestão pública com relação à política científico-tecnológica.

Caráter	Descrição
Efetivo	Deve se traduzir em uma influência real nas decisões tomadas. Para isso, é necessário que haja uma delegação de autoridade ou um acesso efetivo àqueles que a possuem.
Ativo	Deve permitir que o público participante se envolva ativamente na definição dos problemas e no debate de seus principais parâmetros, e não apenas para considerar reativamente suas opiniões no campo das soluções. Trata-se de promover uma participação integral na qual não há portas fechadas antecipadamente

Fonte: Adaptado, PALACIOS *et al.*, 2001, p. 135-136.

A incorporação do público na gestão da política científico-tecnológica é explicada através de duas teorias democráticas. Uma é o Pluralismo, onde se formam grupos voluntários de interesse, cujas ações baseiam esta teoria. Os cidadãos prestam apoio aos grupos formados e o governo democrático é tido como o funcionamento livre e bem sucedido destes grupos por meio de interações entre si e com o governo. A segunda teoria é a Participação direta, cuja premissa democrática é a participação individual da população na implementação das diferentes políticas. Apesar da diferença na forma de representação entre as teorias (em grupo, no pluralismo, e individualmente, na participação direta), ambas convergem ao defender que os cidadãos devem ter uma participação mais ampla e significativa na formação de políticas. As diferenças entre as tradições europeia e norte-americana são pontuadas na tabela 2 (PALACIOS, *et al.*, 2001).

Tabela 2 – Diferenças entre as tradições CTSA europeia e norte-americana.

Tradição europeia	Tradição norte-americana
Institucionalização acadêmica na Europa (em suas origens)	Institucionalização administrativa e acadêmica nos Estados Unidos (em suas origens)
Ênfase nos fatores sociais antecedentes	Ênfase nas consequências sociais

Fonte: Adaptado, PALACIOS *et al.*, 2001, p. 128.

CONTINUAÇÃO

Tabela 2 – Diferenças entre as tradições CTSA europeia e norte-americana.

Tradição europeia	Tradição norte-americana
Atenção maior à ciência, e olhar secundário à tecnologia	Atenção maior à tecnologia com olhar secundário à ciência
Possui caráter teórico e reflexivo	Caráter prático e valorativo
Quadro explicativo: ciências sociais (sociologia, psicologia, antropologia, etc.)	Estrutura avaliativa: ética, teoria da educação, etc.

Fonte: Adaptado, PALACIOS *et al.*, 2001, p. 128.

2.1.3. *Perspectiva Latino-Americana do movimento CTSA*

Além da Europa e dos Estados Unidos, na década de 1960 surgiu o Pensamento Latino-Americano sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Dependência (PLACTS), uma vertente do movimento CTSA nos países da América Latina. O PLACTS estava intrinsecamente ligado às políticas públicas, ou seja, tinha um posicionamento voltado para o estudo de CT com objetivos de intervenção social (KREIMER, 2007; NUNES, 2014). Muitos desafios estavam presentes nesta linha, sendo um dos principais acompanhar o progresso tecnológico dos países desenvolvidos (KREIMER 2007).

Os estudos sobre CTSA na América Latina teciam críticas à tendência que os países subdesenvolvidos tinham em copiar a forma de desenvolvimento dos países norte-americanos, defendendo que deveriam estimular a produção técnico-científica com base no contexto social (problemas e necessidades observadas) a partir de onde poderiam vencer o *status* de subdesenvolvidos (KREIMER, 2007; SANTOS, 2011; NUNES, 2014).

Desde a sua origem, o PLACTS teve diversos momentos marcantes em sua evolução, a citar: aumento do número de pesquisadores e grupos de investigação e multiplicação de conhecimentos e metodologias. De acordo com Luckemeyer e Casagrande Junior (2010), seguindo esta linha de progresso, os estudos foram divididos em 3 gerações:

1ª geração: formada por engenheiros e economistas, baixa institucionalidade, vínculos institucionais internacionais pequenos, dimensões políticas e originalidade na formulação dos estudos ECTSAL;

2ª geração: formada por sociólogos, engenheiros com pós-graduação em ciências sociais, economistas e pós-graduados do exterior, institucionalidade média, fortes vínculos internacionais, aparecimento de temáticas teórico-metodológicas e formação de discípulos;
 3ª geração: formada por pós-graduados locais e cientistas sociais, alta institucionalidade, vínculos internacionais médios e maior rigor acadêmico (p. 5-6).

As proposições do PLACTS eram baseadas em quatro pilares: ofertismo, vinculação, transferência de tecnologias e autonomia restringida. O primeiro citado funcionava com base na idealização de conselhos nacionais de ciência e tecnologia, os quais deliberavam acerca dos desenvolvimentos científico-tecnológicos e divulgavam os resultados através de um sistema de informação próprio. O objetivo era definir os conhecimentos mais relevantes à nação e, de forma automática, transferi-los aos meios de produção e a população (SILVA, 2015; PEREIRA 2019).

Mostrando-se falho, o modelo ofertista não alcançou os resultados de inovação esperados. De forma complementar, propôs-se a vinculação, cuja premissa era estreitar as relações entre as instituições técnico-científicas aos meios de produção a fim de produzir inovações que permitissem a mudança do *status* de dependência tecnológica (SILVA, 2015; PEREIRA 2019).

A transferência de tecnologias, terceiro pilar, expôs uma controvérsia. O estreitamento da relação entre as instituições de ciência e tecnologia com os meios de produção buscava inovações tecnológicas tanto para ascensão industrial nacional quanto para melhor projeção do setor econômico latino-americano no mercado internacional. Contudo, para atingir tal objetivo era necessária a importação de tecnologias de países desenvolvidos, seguindo o caminho contrário à diminuição da dependência tecnológica – eis a controvérsia (SILVA, 2015; PEREIRA 2019).

O último pilar, autonomia restringida, enunciava que não havia possibilidade para os países latino-americanos terem desenvolvimento científico e tecnológico integral de forma autônoma. Para alguns setores, porém, esta autonomia poderia ser posta em prática (SILVA, 2015; PEREIRA 2019).

O Pensamento Latino-Americano sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade não se consolidou como uma tradição de maneira forte como a europeia e a norte americana, pois comparado a estes dois últimos, havia uma diversidade de ideologias e métodos, não construindo uma metodologia de análise, além de ausência de uma escola própria, como o Programa Forte, *Empirical Program of Relativism e Social Construction of Technology* (SILVA, 2015).

2.2. Ensino de Química Ambiental

A atividade antropológica, com o decorrer dos anos, vem causando diversos problemas ambientais, seja devido ao acúmulo de rejeitos domiciliares ou ao descarte de resíduos industriais. As consequências têm se mostrado bastante graves, indo desde a contaminação de solos até a poluição da atmosfera, fazendo crescer a discussão sobre os cuidados com o meio ambiente. Neste contexto, como modo de intervenção para a sociedade, instituiu-se a Educação Ambiental (EA) (NASCENTES; COSTA, 2011). O objetivo seria tornar o indivíduo consciente sobre problemáticas socioambientais, fornecendo conhecimentos necessários para que os mesmos possam intervir com soluções que minimizem os impactos negativos causados (ALENCAR; BARBOSA, 2018).

Conceituar a Educação Ambiental consiste, basicamente, em trazer foco para questões concernentes à natureza para as aulas, transformando o indivíduo em um ser cada vez mais consciente e em busca da promoção de hábitos sustentáveis (OLIVEIRA; SILVA, 2017). Entre as discussões conceituais sobre EA, observa-se sua crescente valoração como uma abordagem educativa de forma transversal e interdisciplinar, vinculando o conjunto de saberes a formação de atitudes e sensibilidades ambientais (CÂMARA, 2017).

O Brasil sofreu grande impacto ambiental durante o período militar, compreendido entre 1964 e 1985. Na época, tinha-se a visão, por parte do governo, de que o desenvolvimento econômico deveria ser posto em prática a qualquer custo e sem limites, a fim de superar o *status* de pobreza. Como resultado, a concentração de riquezas permaneceu na posse de uma pequena parcela da sociedade e o meio ambiente, negligenciado, foi duramente afetado (AGUIAR *et al.*, 2017).

A Educação Ambiental brasileira iniciou sua ascensão por volta da década de 1980, vistas as consequências ambientais do plano de desenvolvimento econômico do governo vigente. Esta área se dedica ao estudo da poluição ambiental e ao controle de espécies químicas poluentes na atmosfera, litosfera e hidrosfera (MOZETO; JARDIM, 2002; CORTES JUNIOR; CORIO; FERNANDEZ, 2008). Um marco para esta área foi a instituição da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) através da lei 6.938, de agosto de 1981. A PNMA tornou obrigatória a presença da educação ambiental em todos os níveis de ensino, com o intuito de capacitar tanto

os discentes quanto as comunidades a apresentar uma participação ativa na defesa do meio ambiente (CÂMARA, 2017; AGUIAR *et al.*, 2017).

“No Brasil, a adoção Institucional da Educação Ambiental (EA) aconteceu em 1973, com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente, e se consolidou na Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938/1981, na Constituição Federal do Brasil de 1988, também conhecida como “Constituição Cidadã”, na Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9.795, sancionada em 1999 e mais recentemente nas Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental (DCNEA), Resolução nº 2 de 15 de junho de 2012, Parecer CNE/CP nº 14/2012 (JUNIOR; FERNANDEZ, p. 748, 2016)”.

No âmbito escolar, as propostas da educação ambiental giram em torno de uma abordagem formal. Temas como poluição, reciclagem do lixo, preservação da natureza, conscientizações, dentre outros, são os mais comumente utilizados em aulas. A discussão de problemas ambientais avista a sensibilização dos indivíduos, desenvolvendo suas percepções e pensamentos críticos (OLIVEIRA; PEREIRA; JÚNIOR, 2018).

Em 1999 foi instituída a lei nº 9.795, a Política Nacional de Educação Ambiental, que estabelece em todas as instituições de ensino uma política de preservação ambiental, assim como para a sociedade em geral. O artigo 2º da lei diz que “a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo (BRASIL, 1999)”.

Além da lei nº 9.795, foram criados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), os quais determinavam orientações de adaptação curricular das escolas para a realidade local e faixa etária dos estudantes. Na educação formal, os PCNs introduziram o meio ambiente como um tema transversal, cuja ocorrência se dá nos conteúdos e orientações didáticas de todas as disciplinas, no período escolar obrigatório (CÂMARA, 2017).

A instituições de ensino superior (IES) são locais onde acontecem formações técnicas e investigações científicas, preparando os indivíduos para exercício profissional e, além disso, cooperando com a formação cidadã crítica. Estas desempenham um papel importante no que diz respeito a implementação dos preceitos da educação ambiental e atribuiu-se a estas instituições a maior responsabilidade quanto a reconstrução dos saberes e integrar a extensão ambiental na formação educacional (ALENCAR; BARBOSA, 2018).

O ensino superior se mostra em um patamar mais privilegiado quanto a efetivação das políticas de conscientização ambiental em relação aos outros níveis educacionais, devido as divisões de atividades em ensino, pesquisa e extensão. Contudo, o estímulo às propostas ambientais no currículo ainda é um longo caminho a ser percorrido para que se alcance uma implementação adequada (ALENCAR; BARBOSA, 2018).

Para que se possa construir o desenvolvimento de uma sociedade sustentável e justa, as IESs precisam ultrapassar o pensamento fragmentador de somente preparar o estudante com o fornecimento de informações e a transmissão de conhecimento. Além disso, torna-se forçoso que essas organizações comecem a congregar os princípios e as práticas da Educação Ambiental em prol da sustentabilidade, seja para dar início a um processo de conscientização em todos os seus níveis, atingindo professores, funcionários e alunos, seja para tomar decisões basilares sobre planejamento, treinamento e operações (ALENCAR; BARBOSA, 2018, p. 239).

Educação Ambiental é considerada uma área interdisciplinar, a qual orienta os conhecimentos no sentido de resolverem-se problemas locais de características participativa, comunitária, criativa e de valorização da ação. Para que tais problemas sejam abordados, são necessários entendimentos de diversas disciplinas, por isso fala-se em interdisciplinaridade. Para a delimitação de uma área de estudo e os impactos da problemática alvo, tem-se a geografia como guia. Para a mensuração e discussão das consequências com o passar do tempo, usa-se a história. As metodologias de mediação e solução são traçadas com auxílio das ciências exatas (química, física e biologia). Já a divulgação dos resultados é feita através da publicação de relatórios, os quais são elaborados de acordo com as determinações da língua portuguesa. Estes são alguns dos vários exemplos que podem demonstrar a interação de diversas disciplinas dentro da Educação Ambiental (OLIVEIRA; PEREIRA; JÚNIOR, 2018; MESQUITA *et al.*, 2020).

O caráter multifacetado da educação ambiental colabora com uma formação crítica dos indivíduos sobre a realidade vivenciada e com a construção cidadã, transformando valores e atitudes por meio da construção de novos hábitos e da aquisição de conhecimentos diversos. Traz luz a uma nova ética sensibilizadora e conscientizadora às relações entre o ser humano, a sociedade e a natureza, de forma a obter aumento na qualidade de vida para todas as classes através do equilíbrio local e global (MESQUITA *et al.*, 2020).

A área de química, mais especificamente, desempenhou grande contribuição com o desenvolvimento industrial e o consequente aumento nas pesquisas científicas e linhas de produção. A busca pela substituição de fibras naturais e borracha, por exemplo, foi bastante explorada, resultando em materiais como nylon, borracha sintética e polietileno, os quais revolucionaram meios de comunicação, automobilístico, entretenimento, dentre outros (BRANDÃO *et al.*, 2018).

No que diz respeito a materiais de plástico, estima-se que dentro do período de 1950 a 2015, a quantidade produzida chegou a 8.300 milhões de toneladas. Desta quantidade, 6.300 milhões de toneladas tornaram-se resíduos, que receberam os tratamentos reciclagem (9%), incineração (12%) e acúmulo em aterros ou livres no meio ambiente (79%) (BRANDÃO *et al.*, 2018).

A despreocupação com os resíduos gerados pelas indústrias químicas e a falta de políticas de tratamento de efluentes, da atmosfera e dos solos impulsionou a criação da agência *Environmental Protection Agency* (EPA), pioneira no incentivo a buscas por alternativas que colaborassem com a diminuição dos impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento industrial (BRANDÃO *et al.*, 2018). Nesse sentido, surgiu a Química Verde, subárea da química que busca a elaboração de produtos e processos químicos que reduzam ou eliminem o emprego de substâncias nocivas à saúde e ao ambiente (BRANDÃO *et al.*, 2018; ALMEIDA *et al.*, 2019).

De outro ponto de vista, e em consonância com a Educação Ambiental, a Química Ambiental pode ser considerada multidisciplinar, visto que em suas pesquisas não se utilizam somente os conhecimentos de Química, mas também de outras áreas (biologia, geologia, ecologia, dentre outras). Estas ciências se combinam e caracterizam a Química Ambiental, passando a estudar os processos físicos e químicos que ocorrem no meio ambiente (MENDONÇA *et al.*, 2012).

O ensino de Química Ambiental contribui para o fomento ao desenvolvimento integral do discente. As ações pedagógicas objetivam torná-lo capaz de ler o ambiente em seu entorno e ter as habilidades necessárias para mudá-lo. No entanto, na prática, encontra-se a falta de relação entre o conteúdo e o cotidiano como uma barreira na inclusão de situações problema em salas de aula (SOUSA; VASCONCELOS; SILVA, 2020).

O ensino de química, passa por constantes reformulações, incorporando inovações tecnológicas educacionais em novas estratégias de aprendizagem de

modo a superar as barreiras no momento de ensinar. É necessário um distanciamento do ensino tradicional que preza pela memorização de conteúdos e negligencia a integração entre teoria e prática com o cotidiano dos alunos. Assim, a aprendizagem aliada a situações problema pode ser usada como uma possibilidade de se explorar na Química Ambiental (SOUSA; VASCONCELOS; SILVA, 2020).

Na disciplina Química Ambiental alguns pontos necessitam ser repensados e redefinidos, tendo em vista os aspectos teórico-metodológicos considerados anteriormente relacionados com o que ensinar. É importante que a seleção dos aspectos a serem abordados considere a necessidade de oferecer aos alunos a possibilidade de interagir com normas técnicas, normas de qualidade, dados e informações técnicas de forma a estabelecer relações mais amplas (MATEUS; MACHADO; AGUIAR, 2019, p. 261).

A discussão sobre cuidados com o meio ambiente e da alta degradação ambiental que se observa é uma das premissas do movimento CTSA. A existência de uma disciplina focada em tratar sobre tais assuntos se torna uma grande aliada na propagação deste movimento e representa um papel muito importante na formação de cidadãos críticos (MOZETO; JARDIM, 2002).

A discussão de estratégias de desenvolvimento sustentável está cada vez mais em foco, presente tanto meio social geral quanto no acadêmico e governamental (BARBOSA *et al.*, 2019). A falta de cuidados com o meio ambiente e a saúde dos ecossistemas atingiu um ponto crítico, impactando na perda de biodiversidade a um nível ameaçador de escassez (QUEENAN *et al.*, 2017). (PIMENTEL, 2019). Isto está diretamente relacionado ao desenvolvimento do capitalismo, com constantes transformações e revoluções que interferem diretamente na atividade natural do planeta, além do aumento populacional, que requer uma demanda de recursos maior que a capacidade do meio ambiente (BARBOSA *et al.*, 2019).

Em 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (também conhecida como Rio-92) que contou com a presença de representantes de 172 países e centenas de organizações ambientais. O encontro resultou na assinatura de cinco importantes acordos ambientais: a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Agenda 21, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC), a Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB) e a Convenção do Clima (VIEIRA, 2012).

Na década de 2000, diversos líderes mundiais reuniram-se com Organização das Nações Unidas (ONU) e chegaram na proposição do que ficou conhecido como “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)”, oficializado pela resolução nº 55/2 da Assembleia Geral da ONU. Com limite para cumprimento definido para o ano de 2015, foram determinados 8 objetivos globais para a redução da pobreza extrema (BARBOSA *et al.*, 2019).

Com o fim do prazo estabelecido para a implementação dos ODM, um novo encontro entre os países que compõem a ONU ocorreu em 2015, na cidade de Nova York, de modo a pensarem em novos objetivos e metas para o desenvolvimento sustentável. Como resultado deste encontro surgiu a “Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável”, composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que propõem um pacto global em prol do desenvolvimento humano e do atendimento às necessidades básicas dos cidadãos. Os ODS constituem um planejamento de médio a longo prazo, que visa o desenvolvimento econômico e socioambiental com a orientação de políticas públicas em nível global. Tal desenvolvimento, no entanto, deve ocorrer respeitando o meio ambiente e com propostas de sustentabilidade. (BARBOSA *et al.*, 2019; MOREIRA *et al.*, 2019; PIMENTEL, 2019).

A agenda 2030 considera a interligação de três elementos essenciais. Primeiro busca a universalidade dos objetivos e metas, considerando a diferenciação de cada país e região. Também, a integração de políticas sociais, econômicas e de meio ambiente. Por fim, o princípio de ‘não deixar ninguém para trás, com o intuito de erradicar a pobreza e reduzir as desigualdades (PIMENTEL, 2019, p. 23).

Os ODS (tabela 3) podem ser agrupados de acordo com os resultados esperados para cada proposta: 1. Bem-estar (ODS 1, 3, 4, 5, 10 e 16), 2. Infraestrutura (ODS 2, 6, 7, 8, 9, 11 e 12), 3. Ambiente natural (objetivos 14 e 15) e 4. Saúde única (ODS 17) (QUEENAR *et al.*, 2017).

Tabela 3 – Descrição dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

ODS	Descrição
Objetivo 1	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares
Objetivo 2	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar E melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

Fonte: Adaptado, LOZARDO, 2018.

CONTINUAÇÃO

Tabela 3 – Descrição dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

ODS	Descrição
Objetivo 3	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
Objetivo 4	Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
Objetivo 5	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
Objetivo 6	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos.
Objetivo 7	Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.
Objetivo 8	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos e todas.
Objetivo 9	Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
Objetivo 10	Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
Objetivo 11	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
Objetivo 12	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
Objetivo 13	Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.
Objetivo 14	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
Objetivo 15	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.
Objetivo 16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
Objetivo 17	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Adaptado, LOZARDO, 2018.

Dentre os 17 ODS, destaca-se aqui o objetivo 6, o qual deseja assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Visto que a problemática ambiental trabalhada nesta pesquisa aborda sobre a poluição de água e sugere o tratamento pela técnica de adsorção, esta investigação apresenta grande relação com as propostas dos objetivos de desenvolvimento

sustentável. Além disto, o movimento CTSA tem a premissa de inserir o âmbito socioambiental no desenvolvimento técnico-científico e econômico, e por este motivo os ODS representam peso ainda mais significativo para esta pesquisa (PALACIOS *et al.*, 2001; RODRÍGUEZ; PINO, 2017).

O ser humano está intrinsicamente ligado ao meio ambiente e por isso se faz necessário que a conscientização e sensibilidade ambiental sejam cada vez mais trabalhadas, de modo a frear a exploração e os impactos ambientais exacerbados. A educação ambiental (Química Ambiental, no caso desta pesquisa) desempenha um papel muito importante na formação de indivíduos conscientes de seus papéis quanto as ações de preservação ambiental (BARBOSA *et al.*, 2019).

2.3. Educação CTSA no currículo

Com os problemas causados pelas criações da ciência e da tecnologia, o movimento CTSA surgiu como uma forma de frear a autonomia de ambas as áreas, tornando os indivíduos da sociedade parte do sistema de decisões sobre as criações e avanços técnico-científico. Tornar um cidadão consciente do seu papel social não é algo que acontece de maneira rápida. Por isso, enxergou-se no espaço escolar um ambiente propício a esta construção, já que é na escola que se ensinam valores formativos.

A maneira de ensino considerada tradicional não alcançava com sucesso a formação científica do discente, o que fez com que fosse necessário repensar o currículo escolar. Neste momento, a abordagem CTSA encontra sua porta de entrada para a área da educação, influenciando nas mudanças realizadas. O currículo, então, passou a ter como objetivo o desenvolvimento da capacidade do discente em questionar-se sobre assuntos da área técnico-científica, sendo capaz de tomar decisões por si, tornando-o um ser transformador da sociedade na qual está inserido (FARIAS, 2011; CORRÊA; BRITO, 2012). Desde então, a educação tem sido uma das principais áreas de investigação do movimento CTSA, fazendo com que a ciência e a tecnologia sejam vinculadas à conjuntura social (PINHEIRO, 2005).

A educação no Brasil foi fortemente influenciada pela ação de organizações científicas amparadas pelo governo americano, como *School Mathematic Study Group* e a *American Chemical Society*. Tal influência chegou aos currículos de

disciplinas de ciências, as quais passaram a associar o processo de aprendizagem à investigação científica, com destaque para a verificação de fatos e manuseio de equipamentos (PEREIRA, 2016).

O Ensino de Química no Brasil tem sido bastante discutido em relação às metodologias utilizadas em sala, as quais apresentam uma tendência à memorização de informação. Ao invés disso, tem-se buscado ressignificar os conteúdos de Química, tornando-os relacionados ao cotidiano dos discentes, de modo a contribuir não somente com a teoria sobre esta ciência, mas também com uma formação cidadã (BORGES *et al.*, 2010). Como efeito desta observação, passou-se a ensinar sobre o método científico e a manipulação de equipamentos de laboratório, de modo a promover formação científica e despertar o interesse dos discentes em sempre buscar informações além da sala de aula (PEREIRA, 2016). O quadro 1 expõe um comparativo entre o modelo de ensino considerado tradicional e o ensino pela perspectiva CTSA.

Quadro 1 – Comparação entre o ensino tradicional e o ensino através da perspectiva CTSA.

Ensino tradicional	Ensino CTSA
Levantamento dos principais conceitos encontrados em livros-texto padrão.	Identificação de problemas com interesse /impacto local / pessoal.
Utilização de laboratórios e atividades sugeridas no livro didático e acompanhamento manual de laboratório.	Aproveitamento dos recursos locais (humanos e materiais) para localizar informações e resolver problemas / questões.
Os alunos passivamente recebem informações fornecidas pelo professor e pelo livro didático.	Os alunos estão ativamente envolvidos na busca de informações para uso.
Aprendizagem está contida em uma sala de aula e em uma série escolar.	Prática de ensino que não se limita à sala de aula.
Conteúdo de Ciências a partir de informações existentes e explicadas em livros e palestras do professor.	Conteúdo de ciência não como algo que existe para o domínio do aluno só porque está registrado na imprensa/livros.
Não considera a visão de carreira. Faz referência ocasional a um(a) cientista (em geral mortos) e suas descobertas.	Centra-se na visão de carreira, especialmente as carreiras relacionadas à ciência e tecnologia que os alunos podem escolher, enfatizando as carreiras em outras áreas além da medicina, engenharia e pesquisa científica.
Os alunos se concentram em resolver problemas fornecidos pelos professores e livros didáticos.	Os alunos tornam-se cientes de seus papéis de cidadãos e como eles podem influir nas questões/problemas que identificam como importantes.

Fonte: Adaptado, CHRISPINO, 2017, p. 82.

CONTINUAÇÃO

Quadro 1 – Comparação entre o ensino tradicional e o ensino através da perspectiva CTSA.

Ensino tradicional	Ensino CTSA
A aprendizagem da ciência ocorre apenas na sala de aula como parte do currículo escolar.	Os alunos percebem o papel da ciência em instituições e em comunidades específicas.
Aula de Ciências aborda o que já foi conhecido.	Aula de Ciências foca como o futuro pode ser.
Há pouca preocupação com o uso de informações além da sala de aula e o desempenho em testes.	Os alunos são incentivados a desfrutar e buscar a experiência científica.

Fonte: Adaptado, CHRISPINO, 2017, p. 82.

Defender o ensino com orientação em CTSA provoca a necessidade de um modelo de desenvolvimento curricular diferente do tradicional. Como um os principais objetivos da pesquisa acadêmica e de políticas públicas do movimento CTSA são a desmistificação da ciência e tecnologia e a promoção da participação ativa da sociedade, implementá-la no campo educacional geraria mudanças na programação dos conteúdos educacionais científico-tecnológicos e mudanças metodológicas dos grupos que participam do processo de ensino-aprendizagem, alcançando esses objetivos (CEREZO, 1998; MARTINS, 2020).

O conteúdo com ênfase em CTSA tem caráter multidisciplinar. Os conceitos são tratados a partir de uma visão relacional, evidenciando os diferentes campos do conhecimento em questão, mas acima de tudo, as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2002). A democratização na tomada de decisões é um dos pontos de apoio deste movimento, defendendo-se que o poder de decisão sobre assuntos sociais não seja restrito apenas aos representantes políticos. Uma educação baseada na relação CTSA possibilita aos cidadãos também terem voz em situações que envolvam interesses mútuos (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

A ênfase CTSA no currículo educacional aborda sobre as relações entre explicação científica, planejamento tecnológico e solução de problemas e tomada de decisões sobre temas de importância social (SANTOS; MORTIMER, 2002). Estes mesmos autores pontuam estas relações de forma resumida (quadro 2).

Quadro 2 – Aspectos da abordagem CTS

Aspectos CTSA	Esclarecimentos
1. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
2. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia sobremaneira o estilo de vida desse grupo.
3. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
4. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar a maneira como as pessoas pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.
5. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
6. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: McKavanagh e Maher, (1982, p. 72) apud Santos e Mortimer, (2002, p. 121).

O caráter relacional observado nas informações contidas no quadro 2 demonstra o que se observa a partir da interação em duplas entre ciência, tecnologia e sociedade. Pode-se verificar que os efeitos são diferentes para as 6 possibilidades, mesmo que apenas a ordem seja alterada em relação ao ponto de vista (o efeito da ciência sobre a sociedade difere do efeito da sociedade sobre a ciência, por exemplo). A diferença em cada efeito pode auxiliar no momento de escolher qual aspecto explorar na abordagem CTS, ou seja, pode-se dar maior ênfase a uma das três áreas para que se alcance um resultado específico.

“Longe de ser uma panaceia, a abordagem CTS deve ser encarada como uma das maneiras de apresentar, organizar e multiplicar os conhecimentos, independentemente das características ou restrições impostas externamente (CHRISPINO, 2017, p. 82)”.

O enfoque CTSA tem o objetivo de trabalhar a realidade do aluno, o qual se torna capaz de agir sobre o seu meio, modificando-o a partir de suas próprias reflexões e conclusões, sejam individual ou coletiva. A abordagem CTSA é uma ótima ferramenta para a formação científico-tecnológica, principalmente no que diz respeito à formação cidadã do estudante, como corrobora Chrispino (2017):

Temos defendido que a Abordagem CTS é uma maneira de abordar o currículo escolar ou mesmo de posicionar-se frente à Educação e ao mundo real, nos seus mais diversos aspectos. Mais do que uma técnica (pois não é uma ferramenta didática que conduz a um fim de aprendizado específico para encerrar-se logo após), nem uma metodologia (pois que abarca aspectos muito mais amplos que aqueles que caracterizam uma metodologia), CTS é uma abordagem curricular e uma escolha de política educacional (CHRISPINO, 2017, p. 81-82).

Estudar as aplicações da ciência e da tecnologia sem abordar suas dimensões na sociedade pode acarretar em uma visão equivocada ao aluno no que diz respeito a estes conhecimentos, levando-o a acreditar que a ciência se dispõe apenas para o benefício da sociedade, mascarando os interesses econômicos (SANTOS; MORTIMER, 2002). Por isso é imprescindível a discussão destes assuntos de forma crítica e contextualizada, deixando claro que a ciência não é neutra, remetendo à origem do movimento CTSA, que surgiu justamente devido aos problemas acarretados pelo desenvolvimento técnico-científico e em oposição à concepção salvacionista.

2.4. Estado da arte da abordagem CTSA no ensino química no Brasil

De acordo com Ferreira (2002, p. 258), pesquisas definidas como “estado da arte” possuem caráter bibliográfico e “são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca investigar”. A autora comenta que, no geral, abordagens de estado da arte têm o desafio de investigar e discutir produções acadêmicas em um determinado eixo temático e período de tempo, averiguando como os autores discorrem sobre o assunto de interesse em seus trabalhos e as condições de escrita em diferentes tipos de trabalhos (artigos, dissertações, teses, dentre outros).

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica a fim de expor, de modo geral, como a abordagem CTSA vem sendo utilizada no ensino de Química no Brasil. Os trabalhos encontrados são discutidos com base na metodologia escolhida para condução dos estudos, os resultados obtidos e em quais aspectos a abordagem CTSA foi explorada.

Os artigos foram pesquisados nos conteúdos disponibilizados de forma gratuita e integral na Plataforma de Periódicos CAPES/MEC, com auxílio da ferramenta de

busca avançada. Utilizaram-se as palavras “CTS”, “CTSA” e “Ensino de química” como descritores, os quais tiveram a ocorrência limitada ao título do trabalho, com o recorte de tempo definido no período de 2009 a 2019.

Foram encontrados 12 artigos, publicados nos periódicos descritos a seguir: ACTIO: Docência em Ciências (B2, 1 artigo), Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática (A2, 1 artigo), Educação e Pesquisa (A1, 1 artigo), Ensino de Ciências e Tecnologia em revista (B1, 2 artigos), Mosaicum (B4, 1 artigo), Orbital: *The Electronic Journal of Chemistry* (B4, 1 artigo), *Research, Society and Development* (B2, 1 artigo), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (B2, 3 artigos), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (A2, 1 artigo).

Para o ano de 2010 encontrou-se apenas 1 artigo publicado envolvendo a abordagem CTS e o ensino de química (SANTOS; AMARAL; MACIEL, 2010). A pesquisa se baseou em um estudo de caso com uma turma de 3º ano do curso técnico em Química integrado ao ensino médio do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) – MG, na disciplina de Química Orgânica Aplicada (experimental), trabalhando-se oito temas sociocientíficos: mel, leite, cerveja, cachaça, detergente, sabão, gasolina e óleo diesel. Os alunos da turma foram divididos em duplas, as quais receberam um dos temas socioambientais. A turma deveria trazer ao laboratório uma amostra do tema recebido e realizar experimentos de controle de qualidade, o qual serviria de base para realizar discussões sobre sugestões de redução e tratamento dos resíduos gerados. Além disto, os autores observaram as posturas do docente responsável com a turma em relação a sua comunicação, didática e metodologias adotadas nas aulas. As informações foram coletadas por meio de observações, gravações, filmagens e questionários.

Os resultados obtidos pelos autores mostraram que os participantes da pesquisa apresentaram boa compreensão dos assuntos discutidos. As discussões dos temas durante as aulas com o professor trouxeram uma integração maior com os conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais. A abordagem do gerenciamento dos resíduos produzidos nos estudos de controle de qualidade permitiu aos discentes enxergarem os problemas socioambientais concernentes a cada tema e como podem agir de forma mais crítica enquanto indivíduos diante de um problema real. Um dos questionários utilizados na coleta de dados foi retirado do Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a

Tecnologia e a Sociedade (PIEARCTS), o qual cumpre o papel específico de mensurar a atitude dos participantes em relação ao movimento CTS. As questões discutidas tratavam sobre a definição de Ciência e Tecnologia, onde as respostas dos participantes indicam o grau de concordância das respostas em inadequada, plausível e adequada. A maioria dos estudantes deram respostas adequadas para as perguntas, demonstrando-se que a abordagem CTS colaborou de forma positiva.

A análise do trabalho nos permite verificar que o uso do enfoque CTS foi realizado de modo a associar ciência, tecnologia e sociedade de forma conjunta. Inseriu-se dentro de uma área aplicada (ciência) contextos socioambientais (sociedade), promovendo-se discussões a respeito do controle de qualidade dos temas sugeridos (tecnologia), gerando propostas, por parte dos alunos, de redução dos impactos causados pelo descarte dos resíduos, o que colabora com o crescimento de uma postura social ativa e uma visão crítica acerca de um problema real.

No ano de 2013 encontrou-se um artigo, o qual utiliza o biodiesel como temática no ensino de química (AZEVEDO *et al*, 2013). O estudo consistiu em uma abordagem qualitativa associada a quantitativa conduzida por um bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIBID) com uma turma de 20 alunos no segundo ano do ensino médio na escola EREM Professor Cândido Duarte, trabalhando-se os temas aquecimento global e descarte de óleo de cozinha. Houveram encontros para discussão de aspectos teóricos do aquecimento global, dos efeitos da poluição da água pelo descarte incorreto do óleo de cozinha e da origem e produção de biocombustível através de óleos e gorduras. Além disso, houve a realização de uma aula prática de produção de biodiesel a partir do óleo de fritura doado pelos participantes da pesquisa. Os dados foram coletados através de questionários pertinentes aos assuntos trabalhados nos encontros teóricos e prático, aplicados no modo pré-teste e pós-teste.

A análise dos questionários aplicados na pesquisa mostrou que os participantes apresentaram uma evolução no conhecimento a respeito do aquecimento global, da poluição da água por óleo de cozinha e do reaproveitamento deste último na produção de biodiesel. A associação dos vieses ambientais com a temática de biodiesel facilitou a compreensão dos alunos sobre conceitos químicos de funções orgânicas, reação de transesterificação, catalisador, dentre outros, citados pelos autores.

Observa-se que o aspecto ambiental recebeu bastante destaque na abordagem CTS feita neste trabalho, diferindo do foco técnico-científico abordado em outros trabalhos. O ensino de química foi facilitado através da exploração de duas problemáticas reais, o aquecimento global e a poluição da água por óleo de cozinha. A produção de biodiesel foi uma proposta de solução para a destinação incorreta de óleo usado, colaborando com construção de uma postura ativa nos participantes.

Para o ano de 2014 encontrou-se um artigo, o qual utiliza a correção do pH do solo como tema para abordar o movimento CTS no ensino de química (NIEZER; SILVEIRA, 2014). Os autores escolheram uma abordagem qualitativa centrada na observação dos participantes como metodologia para a pesquisa. A aplicação ocorreu com 10 alunos de primeiro e segundo ano do curso de curso técnico integrado em Agropecuária de um Centro Estadual de Educação Profissional. Ocorreram 10 encontros, os quais abordaram aspectos teóricos acerca do pH do solo, experimentação de verificação do pH de uma amostra de solo e a análise e socialização dos resultados obtidos.

Após a observação proposta na metodologia, os autores puderam constatar que a temática de acidez do solo despertou maior consciência socioambiental nos participantes, já que muitos comentaram e refletiram sobre o destino que é dado ao lixo produzido em casa e na instituição da qual fazem parte, salientando a possibilidade de reaproveitamento. Além disto, os alunos tiveram a compreensão dos conceitos de átomos, íon, ligações químicas, funções inorgânicas, dentre outros, facilitada pela contextualização.

Nesta pesquisa nota-se que, apesar do contexto ambiental, a abordagem CTS obteve maior sucesso no âmbito social associado a conhecimentos científicos, pois o depoimento dos participantes deixou claro a compreensão acerca do problema da produção excessiva de lixo, mas sem abordar impactos além do mencionado na proposta da pesquisa (acidez do solo).

O ano de 2015 apresenta a maior quantidade de artigos publicados na área de CTS/CTSA. O primeiro trata sobre o uso de temas sociocientíficos para a educação química no ensino fundamental (RODRIGUES *et al*, 2015). Os autores realizaram uma pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso em um projeto denominado “Quixaba”, com temáticas relacionadas ao ramo industrial da cidade na qual se encontra a escola. Participaram 54 alunos de duas turmas de 9º ano de uma escola

de ensino fundamental privada localizada em Vitória – Espírito Santo. Ocorreram aulas teóricas e práticas, as quais ocuparam 20 semanas em um tempo de 9 meses. A coleta de dados foi feita por meio de observações, fotografias, diários de bordo dos participantes, seminários e entrevista.

Os resultados obtidos mostraram que os participantes desenvolveram autonomia no que diz respeito a pesquisas em meios físicos e digitais sobre os temas socioambientais pelos quais estavam responsáveis, além de expandirem suas visões de mundo através da observação de campo. A organização de informações também foi algo positivo para os discentes, pois os mesmos precisaram sintetizar e apresentar suas conclusões através de relatórios, seminários e feira científica. A socialização dos dados coletados pelos participantes faz breve menção sobre a relação de conceitos químicos com os âmbitos industriais observados.

A abordagem CTSA proposta pela pesquisa de Rodrigues *et al* (2013) tem grande foco no aspecto social, pois encoraja os participantes a se inserirem no contexto socioeconômico do local onde vivem através da observação de campo de atividades industriais. Em termos tecnológicos, a abordagem é consideravelmente rasa, já que apenas os processos de produção tratam sobre tecnologia, mas que são operações avançadas, não muito comentadas e além dos conhecimentos dos participantes. Em relação a esfera ambiental, as considerações são ainda mais rasas, pois não há abordagem de uma problemática específica e propostas de solução. Atem-se somente a menções de que é importante preservar o meio ambiente, mas sem formas claras e efetivas de como deve ser feito. A área científica é mencionada ao abordarem-se conceitos de química. No entanto, diferente da proposta do título, cujo foco é a educação química, a pesquisa apresentou maior centro em explorar a evolução da visão de mundo dos participantes, disponibilizando maior tempo para discussão de como estes desenvolveram autonomia de pesquisa e organização de informações, limitando a associação dos conceitos de química a meros comentários.

O segundo artigo de 2015 trata do uso da temática de resíduos sólidos na análise de uma sequência de ensino de química (DANTAS FILHO *et al*, 2015). Baseou-se em uma abordagem quanti-qualitativa através da pesquisa-ação. A sequência didática ocorreu com 38 alunos de uma escola pública localizada em Paraíba. Foi dividida em 5 etapas, contando com levantamento de dados, discussão de texto, aula audiovisual, minicurso e visita de campo.

Os autores comentam nos resultados que a primeira etapa da sequência gerou dados quanto a satisfação dos participantes em relação a coleta seletiva na cidade onde vivem, onde a maioria se deu como parcialmente satisfeito e insatisfeitos, e o local onde os mesmos despojam seus resíduos. As discussões e a apresentação audiovisual, segunda e terceira etapas respectivamente, aprofundaram os conhecimentos dos participantes sobre a temática de resíduos sólidos. A quarta etapa permitiu a apresentação de uma alternativa para a problemática, com a produção de objetos a partir da reciclagem. Por último, a visita de campo a um “lixão” permitiu o contato real com local para o qual se destinam a maior parte dos resíduos sólidos, onde os participantes demonstram visão crítica sobre a situação.

A abordagem CTSA proposta para o trabalho focou na temática de poluição por resíduos sólidos. A condução da pesquisa careceu de ferramentas de coletas de dados que permitem mensurar a ocorrência e desenvolvimento das atitudes CTSA dos participantes, limitando as discussões a comentários de observações feitas pelos autores. O aspecto socioambiental é o único em evidência no que diz respeito ao movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente. O aspecto científico é tênue na condução da pesquisa, não havendo conceitos específicos e aprofundados sendo discutidos. Do ponto de vista tecnológico, praticamente não há correlação com este campo, já que não se explora esta área nem mesmo na etapa prática da sequência didática. De modo geral, o trabalho possui pouca profundidade e detalhamento, comprometendo a qualidade da aplicação enquanto pesquisa e da abordagem CTSA proposta.

O terceiro artigo no ano de 2015 traz uma pesquisa do “estado da arte” da abordagem CTS no ensino de química (LOCATELLI; ZOCH; AMARAL, 2015). Apoiou-se em uma pesquisa quanti-qualitativa do tipo teórico-bibliográfica. Realizaram-se análises de conteúdos disponíveis em trabalhos publicados em anais dos eventos RASBQ, EDEQ, ENEQ e ENPEC entre os anos de 2010 e 2014. Os critérios de inclusão utilizados foram a presença dos termos “Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)” ou “Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)” no título, palavras-chave ou corpo do texto.

O resultado do levantamento bibliográfico gerou um total de 63 trabalhos, os quais foram separados em 6 categorias: atividades experimentais (3), propostas para o ensino de química (24), abordagem temática (12), formação de professores (10), pesquisa exploratória (11) e estado da arte (3). Constata-se que “propostas

para o ensino de química” e “abordagens temáticas” concentram a maior quantidade de publicações, o que permite afirmar que grande parte dos trabalhos com enfoque CTS/CTSA propõem metodologias alternativas para abordarem-se assuntos específicos de química de forma contextualizada. “Formação de professores” é outra área que merece destaque entre as publicações, pois traz luz ao fato de que estão sendo feitas propostas de capacitação de docentes em CTS/CTSA, aumentando as ferramentas de ensino.

A verificação do “estado da arte” da área CTSA permite observar como este movimento vem sendo abordado e o quanto está sendo difundido com o passar dos anos. Dependendo da condução da pesquisa, é possível, ainda, verificar de forma mais detalhada como os autores realizam a abordagem CTSA em seus estudos.

O último artigo de 2015 encontrado neste levantamento utiliza a qualidade do ar interior (QAI) como proposta de enfoque CTS no assunto de gases e cinética química (OLIVEIRA; GUIMARÃES; LORENZETTI, 2015). Ocorreu através de uma abordagem qualitativa com uma turma de 20 alunos no segundo ano do ensino médio de uma escola estadual na região metropolitana de Curitiba – PR. Qualidade do ar interior (QAI). Houveram 14 encontros, dividindo-se os momentos entre discussões acerca da poluição do ar, conteúdos específicos de química, realização de atividades práticas, leitura de textos contextualizados e apresentações audiovisuais.

Os resultados foram baseados na observação da participação dos discentes, realizadas por meio da elaboração de textos narrativos ao fim de cada encontro, os quais demonstraram boa compreensão da temática específica de estudo dos gases e cinética química através da contextualização com a qualidade do ar interior. A aproximação com um problema real trouxe maior significado ao conteúdo e uma perspectiva de desenvolvimento de visão crítica.

A aplicação da abordagem CTSA neste trabalho abordou os 4 pilares de forma equilibrada. O aspecto sociocientíficos esteve presente ao utilizar-se da temática de poluição do ar interior como forma de contextualizar um assunto científico específico, o estudo dos gases e a cinética química. O campo tecnológico esteve presente nas discussões acerca de como a tecnologia pode influenciar no cotidiano e como esta contribui para a poluição do ar. Diferente de trabalhos que chegam a deixar à margem um ou mais das 4 áreas do movimento CTSA, os autores tiveram cuidado em não deixar de abordar nenhum dos domínios.

No ano de 2016 encontrou-se 1 artigo (OLIVEIRA; GUIMARÃES; LORENZETTI, 2016), o qual é da mesma autoria do último artigo supracitado (OLIVEIRA; GUIMARÃES; LORENZETTI, 2015). A abordagem permaneceu a mesma, diferindo apenas no formato de coleta de dados, utilizando-se diários de bordo produzidos pelos alunos e professor e questionários aplicados no formato pré-teste e pós-teste, e no foco de análise das discussões (alfabetização científica e tecnológica – ACT – nas áreas prática, cívica, cultural e profissional).

Os resultados coletados mostraram que os participantes destacaram a importância do cuidado com a qualidade do ar em espaços fechados, refletindo sobre a origem da problemática e meios de reduzir os impactos socioambientais. Além disto, salientaram que a produção de relatos através do diário de bordo colaborou, de modo indireto, com a fixação do aprendizado acerca dos assuntos abordados.

Assim como no trabalho publicado em 2015, a abordagem CTSA também está presente de forma completa na publicação de 2016, onde a problemática socioambiental foi abordada como forma de contextualizar um conteúdo científico específico (gases e cinética química), inserindo-se a nuance tecnológica tanto na abordagem da problemática quanto na discussão dos resultados (Alfabetização Científica e Tecnológica).

Para o ano de 2017 foram encontradas duas publicações. A primeira trata sobre o uso do potencial metacognitivo da argumentação em sala de aula, de modo a investigar como esta abordagem pode promover reflexão nos participantes utilizando-se dos preceitos do movimento CTS (CHIARO; AQUINO, 2017). A aplicação ocorreu com uma turma de alunos do 3º ano do ensino médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp/UFPE), utilizando-se o tema “Radioatividade” como assunto específico de química a ser contextualizado nas discussões sociocientíficas. Os dados foram coletados através de escritas individuais dos participantes baseadas no tema “Radioatividade: vida ou morte?”, Houveram 4 momentos dedicados para a escrita, intercalados com 3 debates.

As autoras escolheram discutir os resultados baseadas em um recorte da escrita individual de 3 participantes. A análise dos posicionamentos dos participantes demonstrou que as discussões estimularam o pensamento autorreflexivo, o que caracterizou um nível metacognitivo de acordo com a fundamentação teórica das autoras.

O trabalho desenvolvido por Chiaro e Aquino (2017) focou a abordagem CTS na dimensão científicosocial. Ao escolher tratar sobre o assunto “Radioatividade” na área da química, as discussões levaram os participantes a abordar como esta temática era apresentada para a sociedade, os quais destacaram o aspecto negativo com o qual se falava sobre radioatividade. Não houveram aproximações aos conceitos teóricos concernentes ao tópico específico de química escolhido, nem debates relativos aos níveis tecnológico e ambiental do movimento CTSA.

O segundo artigo de 2017 utiliza a abordagem CTS para trabalhar o assunto de “química verde” (MOREIRA; AIRES; LORENZETTI; 2017). O trabalho baseou-se em uma revisão bibliográfica utilizando-se os termos “CTS” e “Química Verde” como palavras-chave. A busca foi feita em trabalhos oriundo da disciplina de CTS do PPGECM/UFPR e na plataforma Google Acadêmico.

Os trabalhos analisados pelos autores, que variam entre artigos, dissertações e teses, mostraram que todos os trabalhos discutidos corroboram com os preceitos do movimento CTS no que diz respeito a formação de um indivíduo crítico e ciente do seu papel na sociedade, além do melhor aprendizado de conteúdos específicos por meio da contextualização com temáticas reais e próximas dos participantes.

Trabalhos de levantamento bibliográfico ajudam a observar o estado em que se encontra a difusão do movimento CTS, permitindo verificar quais as nuances mais exploradas desta abordagem e a formulação de hipóteses inovadoras de pesquisa.

Em 2019 foram encontradas duas publicações. O primeiro buscou analisar a o enfoque CTS em questões do ENEM relativas ao ensino de química (SOUZA; BRITO; 2019). A coleta dos dados foi feita através de observação e documentação, enquanto a análise de conteúdo seguiu o método de Análise Textual Discursiva (ATD). As questões foram retiradas das edições do ENEM aplicadas de 2009 a 2015.

Os autores encontraram um total de 156 questões associadas ao ensino de química nas aplicações que ocorreram no intervalo definido, categorizando-as em 3 níveis: questões associadas aos pressupostos CTS (34; 21,8%), questões aparentemente associadas aos pressupostos CTS (50; 32,1%) e questões não associadas aos pressupostos CTS (72; 46,1%). Os três assuntos de química mais recorrentes nas questões analisadas foram “relação da química com as tecnologias, a sociedade e o meio ambiente”, “água” e “transformação química e equilíbrio”.

Deste modo, os autores constataram que as questões do ENEM relacionadas ao ensino de química aproximam-se da abordagem CTS em diferentes níveis.

O trabalho realizado por Souza e Brito (2019) traz uma visão importante no que diz respeito a abordagem CTS em questionamentos teóricos. Muitos trabalham buscam aplicar este movimento em sala de aula de modo a verificar a contribuição com a aprendizagem dos participantes, mas o caminho inverso, onde o indivíduo deve utilizar seus conhecimentos prévios para associar um conteúdo teórico específico a uma temática real, é pouco explorado.

O último artigo encontrado no levantamento bibliográfico, o segundo para o ano de 2019, traz a temática de papiloscopia forense com uma ferramenta para o ensino de química com enfoque CTS (GUERREIRO; SAMPAIO, 2019). A pesquisa utilizou uma abordagem qualitativa do tipo estudo de caso, onde trabalhou-se com 6 alunos do 3º ano do ensino médio da escola EEM Tenente Mario Lima, localizada em Maracanaú – CE. Foi utilizada temática de papiloscopia forense contextualizada à descoberta de impressões digitais em uma cena de crime para auxiliar na compreensão do assunto de interações intermoleculares da área de química. Houve um encontro de 4 horas, sendo 2 horas para explicações teóricas e 2 horas, para experimentação. Os dados foram coletados através de questionário aplicado no modo pré-teste e pós-teste.

Após a análise dos questionários aplicados, verificou-se que nenhum dos participantes soube relacionar a química com a revelação de impressões digitais em cena de crime. No entanto, todos responderam de forma positiva sobre conhecer o assunto de interação intermolecular e a relação deste com revelação de impressões digitais. Os discentes concordaram que a experimentação é uma maneira de facilitar a compreensão de conteúdos de teóricos de química.

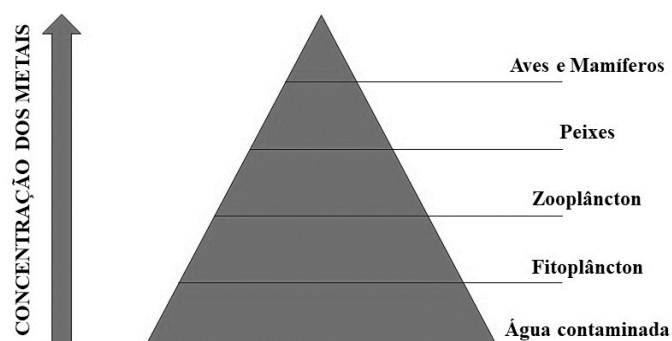
A abordagem CTS realizada por Guerreiro e Sampaio (2019) utilizou uma temática de contextualização pouco explorada na abordagem do ensino de química (Papiloscopia forense), o que tanto torna o trabalho mais inovador quanto introduz um aspecto social fortemente presente no cotidiano dos participantes (cenas de crime). Observa-se, também, que há a discussão de duas áreas científicas, a química e a forense, e a abordagem tecnológica através da experimentação proposta. O meio ambiente foi a única camada inexplorada no que diz respeito ao movimento de enfoque escolhido para o trabalho.

A análise dos artigos encontrados no levantamento bibliográfico aqui proposto permitiu observar o modo como o movimento CTSA é utilizado por diversos autores, excluindo-se os trabalhos também delineados como bibliográficos. A maioria das produções focam em utilizar temáticas socioambientais para trabalhar conteúdos específicos de química, de modo a facilitar a compreensão e propiciar uma visão mais crítica aos participantes no diz respeito aos impactos da evolução técnico-científica. Por outro lado, a maior parte dos trabalhos negligenciam a esfera tecnológica do movimento CTSA durante a condução da pesquisa, focando nos binômios Ciência-Sociedade e Ciência-Ambiente.

2.5. A poluição da água por metais tóxicos e a técnica de adsorção

O Brasil apresentou grande desenvolvimento industrial desde a década de 1960. Em decorrência deste avanço, muitos resíduos industriais foram produzidos, chegando a quantidades excessivas (SANTOS *et al.*, 2018). Das várias substâncias descartadas pelas indústrias, os metais recebem destaque, pois muitos são considerados tóxicos devido a nocividade em quaisquer quantidades no organismo. Além disto, estes elementos são biocumulativos e não degradáveis, gerando consequências de forma direta ao ecossistema aquático e, indiretamente, aos seres humanos, através da cadeia alimentar, como indica a figura 1 (HOMEM, 2001; ROCHA, 2009; GURGEL; GIL, 2009).

Figura 1 – Aumento da concentração de metais tóxicos em organismos através do efeito biocumulativo.



Fonte: produzida pelo autor.

Embora muitos metais sejam conhecidos por seus efeitos negativos ao organismo, há alguns que são indispensáveis ao seu funcionamento e que trazem

benefícios ao sistema biológico humano em quantidade adequadas, como é o caso do zinco, sódio, potássio, cálcio, ferro, magnésio, dentre outros. Em contraste, metais como chumbo, mercúrio, cádmio, estanho e antimônio são prejudiciais em quaisquer quantidades (ROCHA, 2009; MOREIRA, 2004).

“A manifestação dos efeitos tóxicos está associada a dose e pode distribuir-se por todo o organismo, afetando vários órgãos, alterando os processos bioquímicos, organelas e membranas celulares” (ROCHA, 2009, p. 8). De modo geral, a toxicidade dos metais ocorre devido à capacidade destes em formar complexos com os agrupamentos enxofre ($-S$), carbonila ($-COOH$) e amino ($-NH_2$) de proteínas que comandam a velocidade de importantes reações metabólicas no organismo, além da capacidade de ligar-se à membrana das células e impedir o transporte de materiais (RAULINO, 2016).

As questões ambientais ganharam destaque tanto pela gravidade dos impactos causados, quanto por ter relação direta com o cotidiano dos indivíduos que estão inseridos na sociedade (BORGES *et al*, 2010). No Brasil, por exemplo, o rompimento da barragem da Companhia Vale da Mina do Córrego do Feijão, ocorrido em 2019, liberou uma avalanche de lama sobre a cidade de Brumadinho (MG), atingindo a fauna e flora, a população e os recursos hídricos da região (RUCHKYS; CASTRO; MIRANDA, 2019). Com destaque para a poluição da água, que representa um dos focos desta pesquisa, verificaram-se altas quantidades de metais dissolvidos, principalmente mercúrio (acima de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$) e manganês (acima de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$) (SOARES; DINIZ; SILVA, 2019; SOARES; SOARES, 2020). As quantidades estavam acima dos valores máximos permitidos pela legislação ambiental brasileira, onde os padrões para lançamento de mercúrio e manganês são de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente (BRASIL, 2011).

Indústrias galvanoplásticas, metalúrgicas, têxteis e agrícolas são algumas das maiores fontes de poluentes de metais pesados. Devido à contaminação excessiva de coleções de água, a legislação ambiental passou a ter mais rigor quanto ao descarte destes materiais, criando a resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes. De acordo com esta resolução “efluente: é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (BRASIL, 2011, p. 2)”. Alguns dos metais que mais causam poluição são cobre, cádmio, chumbo e níquel, devido ao grande emprego em diversos segmentos industriais, os quais devem estar presentes

na água em quantidades máxima destacadas na tabela 4 (BRASIL, 2011; SILVA; ROHLFS, 2011).

Tabela 4 – Padrões de lançamento de efluentes da resolução CONAMA nº 430/2011.

Parâmetro inorgânico	Valor máximo permitido (VMP), em mg.L ⁻¹
Cádmio total	0,2
Chumbo total	0,5
Cromo dissolvido	1,0
Cromo hexavalente	0,1
Cromo trivalente	1,0
Estanho total	4,0
Mercúrio total	0,01
Níquel total	2,0

Fonte: Adaptado, BRASIL, 2011, 4-5.

Existem diversos métodos pelos quais se podem recorrer para realizar a remoção destes metais tóxicos dos recursos hídricos, como troca iônica, osmose reversa, precipitação e adsorção (SKOOG, 2005). A maioria destes recursos possui um custo alto em relação ao seu uso em larga escala, seja por necessitar de grandes equipamentos ou de reagentes caros. No entanto, a técnica de adsorção despertou bastante interesse nesta área de pesquisa, pois estudos realizados nos últimos anos têm mostrado que além da eficiência deste processo, há uma grande disponibilidade de adsorventes naturais de diferentes fontes (subprodutos da indústria e da agricultura), como destacado no quadro 3, contribuindo com a redução dos impactos ambientais causados pelo destino incorreto de metais tóxicos do meio aquoso e com o reaproveitamento de resíduos sólidos (ARAGÃO *et al.*, 2013; NASCIMENTO, *et al.*, 2014).

Quadro 3 – Exemplos de adsorventes utilizados na remoção de metais tóxicos da água.

ADSORVENTE	FONTE
Quitosana	Desacetilação alcalina da Quitina, proveniente do exoesqueleto de crustáceos, como caranguejo e camarão (GUINESI; ESTEVES; CAVALHEIRO, 2007; CATÃO, 2012).

Fonte: Produzido pelo autor.

CONTINUAÇÃO

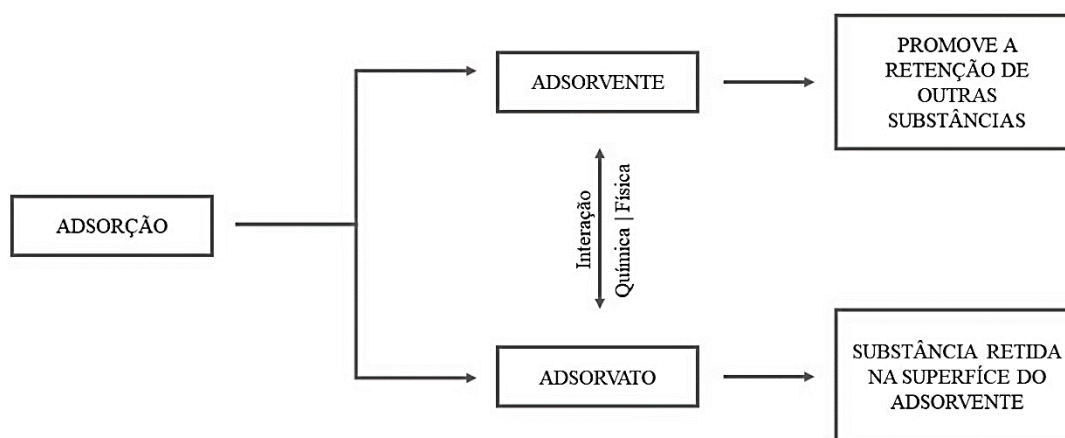
Quadro 3 – Exemplos de adsorventes utilizados na remoção de metais tóxicos da água.

ADSORVENTE	FONTE
Carvão ativado	Materiais que possuem um alto teor de carbono, como madeira, hulha, lignina, casca de coco, grão de café, bambu, quitosana (BALDISSARELLI, 2006).
Mangiferina	Folha, casca do caule, frutos e raiz da mangueira (SAMPAIO, 2015; SAMPAIO <i>et al.</i> , 2015)
Argilas	Silicatos lamelares de magnésio e de alumínio (filossilicatos), quartzo, feldspato, carbonatos, óxidos metálicos, matérias orgânicas, dentre outros (GALINDO, 2012; ARAGÃO <i>et al.</i> , 2013).
Pó de casca de coco	Casca de coco verde (RAULINO, 2011).
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Vagem seca de feijão (RAULINO, 2016).
<i>Limnobium spongia</i>	Planta aquática (SANTANA, 2012).

Fonte: Produzido pelo autor.

Adsorção é um processo de transferência de massa que estuda a capacidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, permitindo a separação dos componentes desses fluidos (NASCIMENTO *et al.*, 2014). A figura 2 resume, em forma de fluxograma, os componentes que fazem parte do processo de adsorção.

Figura 2 – Componentes do processo de adsorção.



Fonte: Produzida pelo autor.

Existem duas maneiras pelas quais o processo de adsorção acontece: fisissorção e quimissorção. O que diferencia cada um dos processos são as forças envolvidas e sua intensidade. “Na adsorção física apenas interações de van der Waals estão envolvidas, ou seja, forças intermoleculares relativamente fracas. Na adsorção química, há a formação de ligações químicas entre a molécula do adsorvato e a superfície do adsorvente” (NASCIMENTO *et al.*, 2014; RAULINO, 2016).

Martins *et al.* (2020) realizaram estudos utilizando biocarvão na remoção de cobre, chumbo, cromo e mercúrio da água, comprovando grande eficiência do adsorvente quanto a retiradas dos contaminantes, destacando melhores valores em relação ao uso de carvão ativado comercial e conformidade com a legislação para o padrão de lançamento de efluentes.

Teixeira *et al.* (2019) aplicaram a hidrocalcita na retirada de poluentes presentes em água produzida (AP) de petróleo, fazendo-se aqui o recorte para a análise de metais pesados, foco desta pesquisa. Os autores citam o descarte do material de estudo (AP) no rio Mossoró, o que eleva a quantidade dos contaminantes em corpos d'água. A determinação da concentração foi feita observando-se as espécies Cr, Ni, Cd, Pb, Cu, Mn, Fe, Zn e Mg, resultando boa adsorção de todos os metais, exceto zinco (Zn).

Lima (2018) utilizou uma espécie vegetal aquática, a *Eichhornia crassipes*, como adsorvente na remoção de cobre, zinco e níquel da água. A autora conduziu os estudos com três versões distintas do material de adsorção, sendo eles *in natura*, biocarvão e híbrido magnético. Constatou-se que os materiais apresentaram alta capacidade de remoção de cobre, chegando a registrar eficiência acima de 70%, e capacidade moderada para zinco e níquel.

A exemplos dos trabalhos supracitados, existem muitos outros que comprovam a eficiência da técnica de adsorção, além de haverem aplicações de diferentes tipos de adsorventes, das mais diversas naturezas. A contaminação da água por metais pesados é um problema que concerne ao meio ambiente, encaixando-se no contexto do movimento CTSA. Por isso, a pesquisa pauta-se neste problema ambiental para ministrar aulas teóricas de Química Ambiental de forma contextualizada.

3. METODOLOGIA

Este tópico discorre sobre a descrição dos procedimentos adotados para conduzir a pesquisa, as etapas do percurso metodológico, a descrição do *locus* e do público alvo da pesquisa e dos instrumentos de coleta de dados.

3.1. *Abordagem quanti-qualitativa*

Para cumprir os objetivos definidos para esta pesquisa, propõe-se uma pesquisa quanti-qualitativa. Segundo Giddens (2012), ao se utilizar de um método combinado (qualitativo + quantitativo), pode-se obter uma compreensão mais extensa a respeito do estudo em questão.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009, p. 32) “os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os dados analisados são não-métricos (suscitados e de interação) e se valem de diferentes abordagens”.

Em uma abordagem qualitativa, o foco se encontra nos processos que são realizados, que podem servir a diferentes meios de interpretação das informações coletadas diante do estudo teórico que fundamenta a investigação. A análise dos dados tende a seguir um caminho indutivo, desde que seja embasada no referencial teórico. Demanda investigação e planejamento e envolve intensa observação durante a execução das atividades propostas (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Segundo esta perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando “captar” o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes (GODOY, 1995, p. 21).

Bogdan e Biklen (1994) citam cinco características inerentes à pesquisa qualitativa: 1. O ambiente natural é a fonte direta de dados; 2. A investigação realizada é descritiva; 3. Para os investigadores qualitativos, o processo da pesquisa tem mais importância que resultados/produtos; 4. Os investigadores qualitativos

apresentam uma tendência de analisar seus dados de maneira indutiva; 5. O significado é indispensável em uma abordagem qualitativa.

Duas características na pesquisa do tipo qualitativa representam seus pontos mais fortes: a capacidade de produzir informações sobre experiências humanas (que incluem emoções, crenças, comportamentos, interações, dentre outras) com riqueza de detalhes e de analisar as narrativas dentro da conjuntura na qual as observações ocorrem. Isto permite uma análise profunda e complexa do que concernem as interações humanas (pessoal, grupal e/ou cultural), o que não é possível quando se utilizam meios quantitativos. Em contrapartida, este enfoque não apresenta confiabilidade quanto a associação de informações obtidas entre observações distintas e dificulta a avaliação do vínculo existente destas relações. Outra limitação é a de que uma pesquisa qualitativa carece de uma descrição bem definida dos procedimentos a serem realizados, o que limita a capacidade de gerar uma conclusão definitiva para o problema que se estuda (CASTRO *et al.*, 2010; FARRA; LOPES, 2013).

A abordagem quantitativa em uma pesquisa é pautada na quantificação de dados, os quais são analisados estatisticamente. Neste tipo de pesquisa é possível fazer um retrato real sobre uma população ou pode ser utilizada para se obter a comprovação de uma hipótese ou teoria. Os dados podem ser coletados através de instrumentos padronizados, como questionários e entrevistas (CRESWELL, 2007; GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Dentre os pontos fortes de uma pesquisa quantitativa, podem-se citar: i) operacionalização e mensuração precisas de uma ideia ou teoria; ii) capacidade de comparação entre grupos; iii) capacidade de realizar comparação entre variáveis de interesse; iv) possibilidade de especificação de modelos e teste de hipótese de pesquisa. Por outro lado, uma grande limitação da metodologia quantitativa é que a mensuração pode afastar os dados coletados do seu contexto de origem – fenômeno também chamado de descontextualização (CASTRO *et al.*, 2010; FARRA; LOPES, 2013).

A associação dos métodos quantitativo e qualitativo de pesquisa é uma maneira de se ampliar o olhar investigativo sobre um problema definido. Ao juntar-se os métodos precisos e bem definidos da pesquisa quantitativa com a análise da interação social e a fidelidade do contexto de observação da pesquisa qualitativa,

tem-se um aumento da credibilidade dos resultados produzidos (FARRA; LOPES, 2009; SOUZA; KERBAUY, 2017).

“Dentre as contribuições da pesquisa quanti-qualitativa/quali-quantitativa (...): reúne controle de vieses (métodos quantitativos) com compreensão, a partir dos agentes envolvidos na investigação (métodos qualitativos); agrega a identificação de variáveis específicas (métodos quantitativos) com uma visão global do fenômeno (métodos qualitativos); enriquece constatações obtidas sob condições controladas com dados obtidos dentro do contexto natural de sua ocorrência; e a validade da confiabilidade das descobertas pelo emprego de técnicas diferenciadas (SOUZA; KERBAUY, p. 39, 2017)”.

Os aspectos quantitativos e qualitativos devem ser compreendidos não como opostas, mas sim complementares. O estudo quantitativo pode contribuir para o melhor entendimento de realidades estudadas, através de métodos qualitativos, bem como o contrário também é uma verdade (MINAYO, 2010).

3.2. O estudo de caso

Dentro do campo da pesquisa qualitativa, pode-se realizá-la de três modos distintos: pesquisa documental, estudo de caso e etnografia (GODOY, 1995). Ainda de acordo com a mesma autora, o estudo de caso é um tipo de pesquisa que objetiva propiciar a vivência de uma realidade através da discussão, análise e tentativa de solução de um problema oriundo da vida real.

“O estudo de caso como modalidade de pesquisa é entendido como uma metodologia ou como a escolha de um objeto de estudo definido pelo interesse em casos individuais. Visa à investigação de um caso específico, bem delimitado, contextualizado em tempo e lugar para que se possa realizar uma busca circunstanciada de informações (VENTURA, p. 384, 2007)”.

O estudo deve ser o mais fiel e digno possível em relação a imagem da realidade pesquisada, considerando suas dimensões e complexidades. Pode-se caracterizar como um estudo de uma entidade bem demarcada, seja uma escola, um programa ou uma unidade social (YIN, 2005).

De um modo geral, as estratégias do estudo de caso são bem adequadas à pesquisa quando se têm questões do tipo “como” e “por que” a serem respondidas em relação a uma situação sobre a qual o pesquisador tem pouco controle e que diz

respeito a um fenômeno atual e que faz parte do contexto da vida real (GOMES, 2008).

Os estudos de caso podem ser classificados de acordo com o foco do estudo, sendo os mais comuns os de foco em uma unidade, que se centraliza em apenas um indivíduo, e o de foco múltiplo, onde há a possibilidade de dirigir o estudo com várias pessoas (VENTURA, 2007). Para esta pesquisa, será utilizado o foco múltiplo, pois pretende-se trabalhar com uma turma de alunos.

De acordo com Sá, Francisco e Queiroz (2007), o estudo de caso pode acontecer pode ter sua aplicação baseada em diversos métodos. Um deles é a aula expositiva, cuja característica é apresentar uma história bem elaborada e com objetivos específicos, contada pelo professor para os alunos. Pode haver a presença de diálogos e debates.

Segundo Gil (2002), o estudo de caso não é adequado para situações em que se tem um roteiro muito rígido a ser seguido. Em contrapartida, este tipo de abordagem pode ser descrita em 4 etapas características: i) determinação de unidade/caso; ii) coleta de dados; iii) seleção, análise e interpretação dos dados; iv) elaboração de relatório.

A abordagem CTSA é oriunda de uma interação entre as vertentes científica, tecnológica, social e ambiental. Sua aplicação no contexto educacional gera dados discursivos, os quais não necessitam de quantificação e tratamento estatístico para a sua interpretação, tendendo ao tipo qualitativo de pesquisa. No entanto, com a abordagem de estudo de caso e a aplicação de questionários e entrevistas como fonte de obtenção de informações, insere-se neste contexto um caráter também quantitativo.

3.3. Questionário de Opiniões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade

Especificamente para a área CTSA, Alonso *et al.* (2006) cita que desenvolveram, a partir de estudos prévios, o *Cuestionarios de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*, o qual pode ser utilizado como um instrumento de avaliação confiável para mensurar a compreensão dos discentes sobre a Natureza da Ciência e Tecnologia (NdC&T) (BISPO FILHO *et al.*, 2013)

O COCTS funciona com base em um banco de dados contendo 100 questões de múltipla escolha. Sobre esta ferramenta de avaliação, podem-se citar como

destaque: a partir do modelo de múltipla resposta é possível utilizar toda a informação de cada questão; permite a extração de todas as informações das respostas obtidas na aplicação e quantificá-las fielmente; classificação de todas as frases do questionário em categorias por um grupo de especialistas, permitindo a aplicação de uma métrica adequada no cálculo do índice atitudinal (CUNHA; SILVA, 2009; BISPO FILHO *et al.*, 2013).

As 100 questões têm como característica um enunciado, que apresentam focos variados (ciência, tecnologia e/ou sociedade), e itens que funcionam como respostas ao enunciado. O participante dá a cada um dos itens na questão um peso dentro de uma escala de 9 pontos (1-9). Os pesos exprimem o grau acordo ou desacordo do participante em relação ao item avaliado como resposta ao enunciado: 1 indica total desacordo e 9, total acordo (MAS; ALONSO, 2001).

Além das pontuações, cada item na questão apresenta uma classificação, que pode ser “Adequada”, quando o item representa uma opinião apropriada nos pontos de vista científico, histórico, filosófico e sociológico, “Plausível”, quando o item não é totalmente apropriado, mas apresenta um certo grau de satisfação científica, histórica, filosófica e sociológica, e “Ingênua”, onde a proposição é inadequada ou não plausível pelos mesmos pontos de vista (MAS; ALONSO, 2001; FREITAS; QUEIRÓS, 2020).

As pontuações dadas a cada item pelo participante ao responder o COCTS se transformam em um índice atitudinal normalizado, que variam de acordo com a classificação do item em (Adequada, Plausível ou Ingênua) e vão de -1 a $+1$. A interpretação é feita com base no valor obtido do índice, onde quanto mais positivo for o valor (máximo de $+1$), melhor a atitude, e quanto menos positivo for esse valor (mínimo de -1), pior a atitude. O cálculo do índice atitudinal permite ao pesquisador analisar os resultados sob duas perspectivas: realizar as discussões de forma individual em uma frase em específica ou com base na questão de forma integral (MAS; ALONSO, 2001; FIRMINO, 2020). A figura 3 resume o modo como a métrica das questões é realizada.

Figura 3 – Resumo da métrica utilizada para calcular o índice atitudinal dos itens nas questões do COCTS.

Categorías	Número de posiciones	Escala de valoración: significado de las puntuaciones									Cálculo de las puntuaciones directas			Cálculo de los índices de actitud de categoría			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máximo	Fórmula	Mínimo	Máx.	Índices	Mín.	
Escala directa		Total	Casi total	Alto	Parcial alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	Casi nulo	Nulo							
Adecuadas	N _a	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	+4N _a	Σ a _j	-4N _a	1	I _a = Σ a _j / 4N _a	-1	
Plausibles	N _p	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	+2N _p	Σ p _j	-2N _p	1	I _p = Σ p _j / 2N _p	-1	
Ingenuas	N _n	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	+4N _n	Σ n _j	-4N _n	1	I _n = Σ n _j / 4N _n	-1	
Total	N										Índice de actitud global de cada ítem			1	I = (I _a +I _p +I _n)/3		-1

Fonte: MAS; ALONSO, 2001, p. 20.

Notas: a_j : pontuação atitudinal direta para a frase "Adequada" j.

p_j : pontuação atitudinal direta para a frase "Plausível" j.

n_j : pontuação atitudinal direta para a frase "Ingênuo" j.

N_a , N_p e N_n : número de frases pertencentes a cada uma das categorias "Adequadas", "Plausível" ou "Ingênuas".

$\sum$: soma das pontuações diretas de $j = 1$ a $j = N_a$ ($j = N_p$ ou $j = N_n$) para o conjunto de sentenças pertencentes a cada uma das categorias "Adequadas", "Plausível" ou "Ingênuas".

A aplicação do COCTS foi realizada com a escolha de 5 questões, as quais foram aplicadas no modelo Teste-Reteste (pré-teste e pós-teste), de modo a possibilitar a comparação dos dados obtidos e verificar se há mudanças comportamental em relação as atitudes CTSA (apêndice B). Os resultados foram calculados de acordo com a métrica descrita anteriormente e expostas na figura 3. As discussões foram feitas de forma individual por questão, explicitando-se o que ocorreu em cada categoria, e de modo geral.

Além das questões retiradas do COCTS, houve a aplicação de dois questionários com perguntas discursivas, a fim de coletar informações a respeito da visão dos participantes quanto ao movimento CTSA, ao uso da contextualização no ensino, da problemática ambiental e da proposta de solução (apêndice C e D). A intenção destes questionários foi de complementar os dados exatos e quantificáveis obtidos através das questões escolhidas no banco de dados do COCTS.

Desta forma, estando esta pesquisa definida como qualitativa, foi utilizada a metodologia do estudo de acaso em sua efetivação, pois se adequa melhor para o cumprimento os objetivos propostos. A problemática da poluição da água por metais tóxicos foi a realidade aplicada nos debates e discussões, a qual foi analisada com ênfase no movimento CTSA em relação aos seus impactos ambientais e teve como

proposta de solução o uso da técnica de adsorção para a remoção deste contaminante, atendendo, assim, aos pré-requisitos inerentes ao estudo de caso. Além disso, houve a aplicação de questionários como meios de se obterem informações a respeito da aplicação da pesquisa, satisfazendo a condição quantitativa definida.

3.4. Descrição do público-alvo e locus da pesquisa

O público-alvo da pesquisa é composto por 7 graduandos, sendo 4 homens e 3 mulheres, com idade entre 18 e 30 anos, regularmente matriculados na disciplina de Química Analítica III do Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Maracanaú. Vale salientar que a definição de uma faixa etária foi feita por exigência do comitê de ética em pesquisa do IFCE, não sendo necessariamente a idade mínima e máxima. A instituição de aplicação da pesquisa está localizada no município de Maracanaú, o qual integra o Distrito Industrial do Ceará, cuja característica é o crescente contingente de empresas de setores variados, que vão desde o gênero alimentício e têxtil ao metalúrgico-mecânico. apresentada pelos participantes. O IFCE – *Campus* Maracanaú foi criado com o objetivo de atender a demanda de mão-de-obra qualificada para as empresas do Estado do Ceará.

O curso de Licenciatura em Química ofertado pela instituição apresenta um total de 8 semestres, os quais contemplam tanto disciplinas obrigatórias quanto optativas. A disciplina de Química Analítica III foi escolhida para a aplicação da pesquisa por ser contemplada como uma disciplina optativa na ementa vigente do curso e apresentar foco para parte instrumental da área da Química. Além disto, dois motivos principais tornam a disciplina pertinente para o foco deste trabalho: 1. A disciplina permite a flexibilização do conteúdo para a inserção de uma temática ambiental (a poluição da água por metais tóxicos); 2. Apresenta uma unidade que trabalha o assunto de “Espectroscopia atômica”, que permite fazer um recorte para a abordagem da técnica de adsorção (proposta de solução).

De modo a preservar a identidade dos participantes desta pesquisa, estes foram representados pela letra “P” seguida de um algarismo numérico (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7). A identificação numérica associada a letra P se deu de modo aleatório.

3.5. Implementação

A implementação ocorreu na disciplina de Química Analítica III. Foram realizados 3 encontros com a turma, que seguiram as atividades descritas na tabela a seguir (Tabela 5). Devido a situação de pandemia (COVID-19/Novo Coronavírus) que ocorreu durante o período de aplicação da pesquisa, todos os procedimentos foram realizados de forma remota (à distância), seguindo-se as recomendações dos órgãos de saúde, com disponibilização de materiais e encontros virtuais, respectivamente, através das plataformas *Google Classroom* e *Google Meet*.

Tabela 5 – Cronograma de aplicação da pesquisa.

Fase	Data
Apresentação da pesquisa Assinatura do TCLE Aplicação dos questionários (teste) Aula teórica sobre o movimento CTSA	16/10/2020
Aula teórica sobre metais tóxicos e a problemática de poluição da água	22/10/2020
Aula teórica sobre a técnica de adsorção Aplicação dos questionários (reteste)	23/10/2020

Fonte: Produzida pelo autor.

As aulas teóricas foram ministradas de modo expositivo-dialogado, buscando-se levantar discussões acerca do conteúdo da respectiva aula, de modo incentivar o desenvolvimento de uma visão consciente nos discentes, abrindo-se caminhos para o pensamento crítico a respeito do ambiente no qual está inserido. A pesquisa foi submetida previamente ao Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE e aprovado sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética número 26071519.0.0000.5589 (Anexo A).

No primeiro encontro foram esclarecidos os objetivos da pesquisa, bem como a abordagem a ser adotada nas aulas e foi requerido aos participantes permissão/autorização para a realização de registros fotográficos, audiovisuais e aplicação de entrevistas e/ou questionários. Foi disponibilizado, de forma virtual, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice A) para que os discentes pudessem assinar, escanear e devolver via e-mail. Os registros audiovisuais (gravações dos encontros virtuais através do *Google Meet*) têm o intuito

de manter fontes de informação na construção da dissertação, além de permitir a observação da aula a partir de um referencial diferente. Além disto, foi realizada a primeira aplicação das questões extraídas do COCTS (apêndice B) e um questionário diagnóstico produzido pelo próprio autor (apêndice C), ambos disponibilizados através da plataforma Google Formulários. Foram dadas duas horas para que os participantes pudessem preencher o TCLE e responder aos questionários. No mesmo encontro, nas duas horas restantes, foi realizada uma aula teórica sobre o movimento CTSA, linha de pesquisa adotada neste trabalho, abordando-se o contexto histórico no qual surgiu, os marcos científicos que fundamentaram as pautas do movimento, sua inserção no âmbito educacional e como esta abordagem foi incorporada nesta pesquisa.

No segundo encontro ocorreu a aula teórica abordando os conteúdos de introdução aos metais tóxicos e suas características, poluição ambiental por metais tóxicos, legislações ambientais que discorrem sobre o descarte destes materiais em corpos d'água e exemplos reais de acidentes que envolveram este contexto, como os de Brumadinho e Mariana.

No terceiro encontro se reservaram duas horas para a abordagem da técnica de adsorção, a qual foi discutida quanto a sua definição, características teóricas, possibilidades de aplicação, viés ambiental de remediação de água poluída por metais tóxicos e exemplo de aplicação prática. Após a finalização da aula, nas duas horas restantes, foi pedido aos participantes que respondessem à reaplicação das questões retiradas do COCTS (apêndice B) e ao segundo questionário diagnóstico (apêndice D).

3.6. Questões extraídas do COCTS para aplicação na pesquisa

Das 100 questões presentes no COCTS, foram retiradas 5 para serem aplicadas neste estudo. A escolha foi feita com base no planejamento das aulas teóricas. Ao todo, as cinco questões somam 35 frases, as quais serão avaliadas dentro da escala de 1 a 9 e, posteriormente, transformados em índices atitudinais, como destacado anteriormente por Mas e Alonso (2001). O quadro 5 expõe de forma resumida as questões escolhidas. Vale ressaltar que cada questão é identificada através de um código numérico, presentes no COCTS.

Quadro 4 – Questões escolhidas para aplicação na pesquisa.

QUESTÃO	ENUNCIADO
10111	Definir o que é a ciência é difícil porque ela é complexa e engloba muitas coisas. Mas a ciência é, principalmente:
10211	Definir o que é a tecnologia pode ser difícil porque esta serve para muitas coisas. Mas a tecnologia, PRINCIPALMENTE, é:
40451	A ciência influencia a sociedade?
40821	Precisamos nos preocupar com problemas de poluição que são insolúveis hoje. A ciência e a tecnologia não precisam necessariamente resolver esses problemas no futuro. Ciência e tecnologia NÃO PODEM corrigir tais problemas
80131	Quando se desenvolve uma nova tecnologia (por exemplo, um computador novo, um reator nuclear, um míssil ou um medicamento novo para curar o câncer), esta pode ser posta em prática ou não. A decisão de usar a nova tecnologia depende de as vantagens para a sociedade compensarem a desvantagens.

Fonte: Produzida pelo autor.

A quantidade pequena de questões escolhidas se deve ao fato de a análise das respostas permitirem uma grande quantidade de abordagens nas discussões. Dada a natureza do trabalho e do programa ao qual se submete, uma quantidade muito grande de questões resultaria em muitos dados para serem analisados, o que geraria uma discussão que poderia não ser aprofundada o suficiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão discutidos de forma individual por questão, com base nas médias dos índices atitudinais obtidos para as categorias nas questões aplicadas no teste e reteste, comparando os aspectos quantitativos de modo a verificar se houveram ou não ganhos a respeito das atitudes CTSA dos participantes. Após a discussão individual, será feita a análise geral dos dados.

4.1. Índices atitudinais por categoria nas questões

As questões do COCTS escolhidas para serem aplicadas nesta pesquisa foram selecionadas de acordo com a proximidade com a abordagem proposta neste trabalho (abordagem CTSA na problemática de poluição da água por metais tóxicos). As questões do COCTS também são divididas de acordo com temas e subtemas, facilitando a escolha de quais se adequam à pesquisa. A tabela 6 mostra os temas e subtemas das assertivas aplicada neste estudo.

Tabela 6 – Questões extraídas do COCTS classificadas por tema e subtema.

Nº DA QUESTÃO	TEMA	SUBTEMA
Definições		
10111	1. Ciência e tecnologia	1. Ciência
10211		2. Tecnologia
Sociologia externa à ciência		
40451	4. Influência da ciência e tecnologia na sociedade	4. Resoluções de problemas
40821		8. Influência geral
Sociologia interna à ciência		
80131	8. Construção social da tecnologia	1. Decisões tecnológicas

Fonte: Adaptado, BISPO FILHO *et al.* (2013, p. 332-333).

Após a aplicação e conversão dos dados dos participantes em índices atitudinais, calcularam-se as médias por categoria, bem como o índice global ponderado de cada questão, descritos na tabela 7.

Tabela 7 – Índices médios para as categorias em cada uma das questões do COCTS utilizadas.

Ques. ¹	TESTE				RETESTE			
	Adequada ²	Plausível ²	Ingênua ²	IGP ³	Adequada ²	Plausível ²	Ingênua ²	IGP ³
10111	0,500	−0,029	0,125	0,199	0,625	−0,071	−0,143	0,137
10211	0,679	0	−0,679	0	0,393	0,048	−0,679	−0,079
40451	0,786	−0,167	0,714	0,444	0,893	−0,238	0,375	0,343
40821	*	−0,321	0,488	0,084	*	−0,232	0,417	0,093
80131	0,560	0,143	−0,571	0,062	0,750	−0,214	−0,393	0,048

Fonte: Produzida pelo autor.

Notas: ¹ abreviação para “Questão”.

² média das pontuações médias das categorias (Adequada, Plausível e Ingênua) nas questões respondidas pelos participantes da pesquisa.

³ índice geral ponderado das categorias adequada, plausível e ingênua.

* A questão 40821 não possui item adequado.

Para a questão 10111, que trata sobre a definição de ciência, a aplicação no teste resultou em uma média de 0,500 para a categoria adequada. Um olhar inicial sobre este valor demonstra que os participantes possuem boa compreensão quanto a definição de ciência a partir de seus conhecimentos prévios (valor positivo e próximo do limite de 1,0). Após as explicações ocorridas nos encontros descritos na tabela 5 e, por conseguinte, a aplicação do reteste, obteve-se um valor médio de 0,625. Comparando-se os resultados de ambas as aplicações, se observa um ganho de 0,125 para a categoria adequada da questão, indicando que as aulas contribuíram de forma positiva para o aumento das atitudes adequadas dos participantes.

Firmino (2020), que utilizou a abordagem CTSA no ensino de cromatografia líquida contextualizada com o tema socioambiental “agrotóxicos”, também aplicou a questão 10111 em sua pesquisa, onde observou perda de −0,018 para as atitudes adequadas dos participantes. Comparando-se o resultado obtido nesta pesquisa com o do autor supracitado, pode-se afirmar que a abordagem aqui realizada alcançou maior êxito, pois não houve perda na atitude adequada, mas um ganho de 0,125. Além disto, vale ressaltar que Firmino (2020) realizou 10 encontros presenciais em sua pesquisa (com aulas teóricas e prática, além de visita de campo) enquanto esta ocorreu de forma reduzida, em 3 encontros (apenas aulas teóricas), devido a pandemia da COVID-19, o que torna o resultado obtido ainda mais

significativo, pois conseguiu-se um aumento nas atitudes adequadas dos participantes sobre a definição de ciência em menos encontros e com menor diversidade de metodologia de ensino.

Alonso *et al.* (2006) também aplicaram a questão 10111 em seu trabalho. Este ocorreu em um curso de bacharelado que continha uma disciplina optativa chamada “Ciência, Tecnologia e Sociedade”, durante o período de 1 ano, na Espanha. Os autores verificaram uma perda de $-0,099$ na média dos índices atitudinais para a categoria adequada. Em comparação com o resultado obtido nesta pesquisa (0,125), corrobora-se mais ainda com o êxito da aplicação da mesma questão neste trabalho, pois houve ganho para a categoria mencionada em um período menor de tempo, assim como verificado na comparação com Firmino (2020).

Sobre a categoria plausível, no teste obteve-se valor médio de $-0,029$. Já para o reteste, este valor sofre uma queda de 0,042, atingindo $-0,071$. Diferente do que se observou na categoria comentada acima, Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006) obtiveram crescimento na média dos índices normalizados, com valores, respectivamente, de 0,150 e 0,092. De acordo com Mas e Alonso (2001), os itens classificados como plausíveis não são totalmente apropriados, embora apresentem um certo grau de satisfação científica, histórica, filosófica e sociológica, então a perda nas atitudes desta categoria sobre a definição de ciência não é completamente ruim, no caso deste trabalho. Visto que houveram ganhos na categoria adequada, pode-se dizer que a compreensão dos participantes sobre os itens aumentou, os quais passaram a atribuir pesos menores no reteste a esta categoria em relação ao teste. Para os trabalhos de Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006), que apresentaram quedas nas médias da categoria adequada, o crescimento na categoria plausível é significativo, apesar de as proposições dos itens não serem completamente apropriadas.

A categoria ingênua gerou um valor médio de 0,125 no teste. Em comparação ao reteste, cujo valor obtido foi $-0,143$, verifica-se uma perda de 0,268. Diferente da categoria adequada, onde o ideal é haver ganhos nas atitudes, a categoria ingênua se beneficia com a ocorrência de perda entre teste e reteste, pois é um indicativo de que os conhecimentos adquiridos nas discussões propostas nesta pesquisa contribuíram com o aumento da percepção dos participantes sobre o que é ciência, diminuindo as atitudes ingênuas. A aplicação da mesma questão por Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006) atingiram perdas, respectivamente, de $-0,107$ e $-0,044$ para a

mesma categoria. Em comparação com este estudo, onde a queda foi de $-0,268$, pode-se constatar que os três trabalhos alcançaram o mesmo efeito para a categoria ingênua. O confronto destes dados também permite trazer luz a uma segunda observação: a diminuição na média do índice atitudinal ingênuo obtido nesta pesquisa foi mais que o dobro que a de Firmino (2020) e seis vezes maior que a de Alonso *et al.* (2006), estando em consonância com o aumento da média para a categoria adequada desta questão aplicada nesta pesquisa (crescimento de $0,125$).

Para a questão 10211, que trata sobre a definição de tecnologia, o índice atitudinal para a categoria adequada apresentou valor de $0,679$ no teste. Após as discussões teóricas, o reteste resultou em $0,393$, constatando-se perda de $0,286$. A perda no índice atitudinal adequado indica que a execução feita nesta pesquisa contribuiu pouco com a compreensão dos participantes sobre o que é tecnologia. Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006) aplicaram a mesma questão em suas pesquisas, também apresentando queda na média para esta categoria, com valores iguais a $-0,036$ e $-0,051$, respectivamente. A comparação dos resultados mostra este trabalho apresentou grande perda para esta categoria em relação a dos autores citados, indicando que as metodologias utilizadas nas três investigações necessitam de adaptações no que diz respeito a colaborar com a melhoria da compreensão adequada dos participantes sobre a definição de tecnologia.

Para a categoria plausível, o valor médio aqui obtido foi igual a 0 (zero). Com o reteste, o valor médio cresceu em $0,048$, atingindo $0,048$. Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006) apresentaram resultados no mesmo sentido para esta categoria, com ganhos de $0,122$ e $0,146$, respectivamente, maiores que o obtido nesta pesquisa. O aumento observado para as atitudes plausíveis dos participantes, e perda para as adequadas, corroboram com a pouca compreensão sobre o que é tecnologia. Um entendimento realmente significativo teria gerado crescimento para a categoria apropriada (adequada), não para uma parcialmente apropriada (plausível). Estes resultados sinalizam que as discussões sobre tecnologia necessitam ser melhoradas e presentes de maneira mais clara, de modo a contribuir adequadamente com a compreensão dos participantes sobre esta área.

A respeito do índice médio ingênuo, tanto o teste quanto o reteste apresentaram o valor médio de $-0,679$. A inalteração em relação a atitudes ingênuas está em concordância com a constatação da baixa compreensão sobre o que é tecnologia, já que as discussões não influenciaram nos índices para esta categoria.

Seguindo a comparação com Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006), os autores obtiveram, respectivamente, quedas de $-0,107$ e $-0,030$ na média dos índices atitudinais ingênuos dos participantes, amenizando a perda observada na categoria adequada e representando um melhor resultado que o obtido neste trabalho.

A questão 40451, que aborda sobre a resolução de problemas da sociedade através da ciência e da tecnologia, apresentou os valores médio de índice atitudinal adequado para teste e reteste de, respectivamente, $0,786$ e $0,893$. Verifica-se um ganho de $0,107$ após as contribuições da proposta desta pesquisa. O valor inicial de $0,786$ indica que a compreensão dos participantes já era consideravelmente alta, pois é próximo ao índice atitudinal normalizado máximo de $1,0$. Pode-se dizer que as discussões trabalhadas foram abordadas de forma eficaz, contribuindo com o aumento da percepção adequada dos participantes, elevando o índice atitudinal médio para $0,893$. Vale destacar que os participantes, que já apresentavam uma boa visão social e crítica sobre a influência científico-tecnológica na sociedade, aumentaram ainda mais tal visão. Esta observação tem grande peso no que diz respeito aos preceitos do movimento CTSA, pois indica que os participantes envolvidos desenvolveram, de forma adequada, suas percepções quanto ao uso da ciência e tecnologia para a resolução de problemas na sociedade, que é um dos grandes pontos defendidos pelas propostas em CTSA. Os autores com os quais os dados vinham sendo comparados anteriormente (FIRMINO, 2020; ALONSO *et al.*, 2006) não utilizaram esta questão em suas pesquisas.

Com relação a categoria plausível, o teste resultou em um índice atitudinal médio de $-0,167$. Após a intervenção, o reteste constatou um valor médio de $-0,238$, registrando-se uma perda de $0,071$. Semelhante ao que se obteve para a questão 10111, a diminuição da média atitudinal nesta categoria reforça o ganho observado no índice médio adequado, revelando uma atribuição de peso menor aos itens plausíveis por parte dos participantes.

O teste para a categoria ingênua mostrou um índice atitudinal médio de $0,714$, o que revela uma ingenuidade elevada por parte dos participantes (próximo de $1,0$) quanto a resolução de problemas da sociedade através da ciência e da tecnologia. No reteste, obteve-se um valor médio atitudinal de $0,375$ para esta categoria, verificando-se uma perda de $0,339$ em relação as atitudes ingênuas. Isto indica um aproveitamento positivo da intervenção feita e respalda o aumento visto na categoria adequada. Ao confrontar tais resultados com o período de aplicação desta pesquisa

(3 encontros), pode-se afirmar que os valores mostrados são bastante significativos, pois foram alcançados em poucos encontros.

Para a questão 40821, que aborda sobre a influência geral da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, não existem itens considerados adequados. O teste foi realizado para as categorias plausível e ingênua, averiguando-se que os índices atitudinais médio foram, respectivamente, $-0,321$ e $0,488$. Após a aplicação do reteste, a categoria plausível recebeu um aumento de $0,083$, atingindo uma média de $-0,238$, enquanto a categoria ingênua apresentou queda de $-0,113$, alcançando índice atitudinal médio de $0,375$. Alonso *et al.* (2006) obtiveram uma variação de $0,148$ para a categoria plausível e queda de $-0,051$ para a categoria ingênua. A comparação dos resultados mostra que ambos os trabalhos atingiram efeitos semelhantes, apesar da diferença nos períodos de aplicação. Considerando-se que a questão 40851 não apresenta itens adequados, o ganho observado nas atitudes plausíveis é visto de forma positiva, já que estas são as proposições que mais se aproximam de uma concepção apropriada. A considerável perda nas atitudes ingênuas reforça as contribuições positivas da abordagem feita sobre problemática ambiental (poluição da água) e a proposta de solução trabalhadas (técnica de adsorção). Firmino (2020) não utilizou esta questão em sua pesquisa.

Por fim tem-se a questão 80131, que trata sobre a decisão de usar ou não uma nova tecnologia, que resultou em uma média de $0,560$ para o índice atitudinal adequado. No reteste, a média sofre um aumento de $0,190$, indo a $0,750$. A exemplo das outras questões nas quais houveram ganhos nas atitudes adequadas (10111 e 40451), o acréscimo de $0,190$ demonstra-se como um resultado satisfatório. Firmino (2020) obteve queda de $-0,018$ para a categoria adequada da mesma questão. Já Alonso *et al.* (2006) alcançou um aumento de $0,228$, valor relativamente próximo ao verificado neste trabalho. Vale ressaltar que a compreensão inicial dos participantes da pesquisa de Alonso *et al.* (2006) era de $0,074$, aumentando para $0,302$ após as intervenções realizadas. Quando comparada à concepção dos participantes deste estudo, a compreensão inicial já era elevada ($0,560$ contra $0,074$) e crescendo ainda mais ao final da aplicação ($0,750$ contra $0,302$).

Para a categoria plausível, verifica-se que o valor atitudinal médio para o teste foi de $0,143$. No reteste, o valor médio cai para $-0,214$, uma perda de $0,357$. Visto o ganho observado para a categoria adequada, considera-se a perda constatada para as atitudes plausíveis como um aumento na compreensão dos participantes acerca

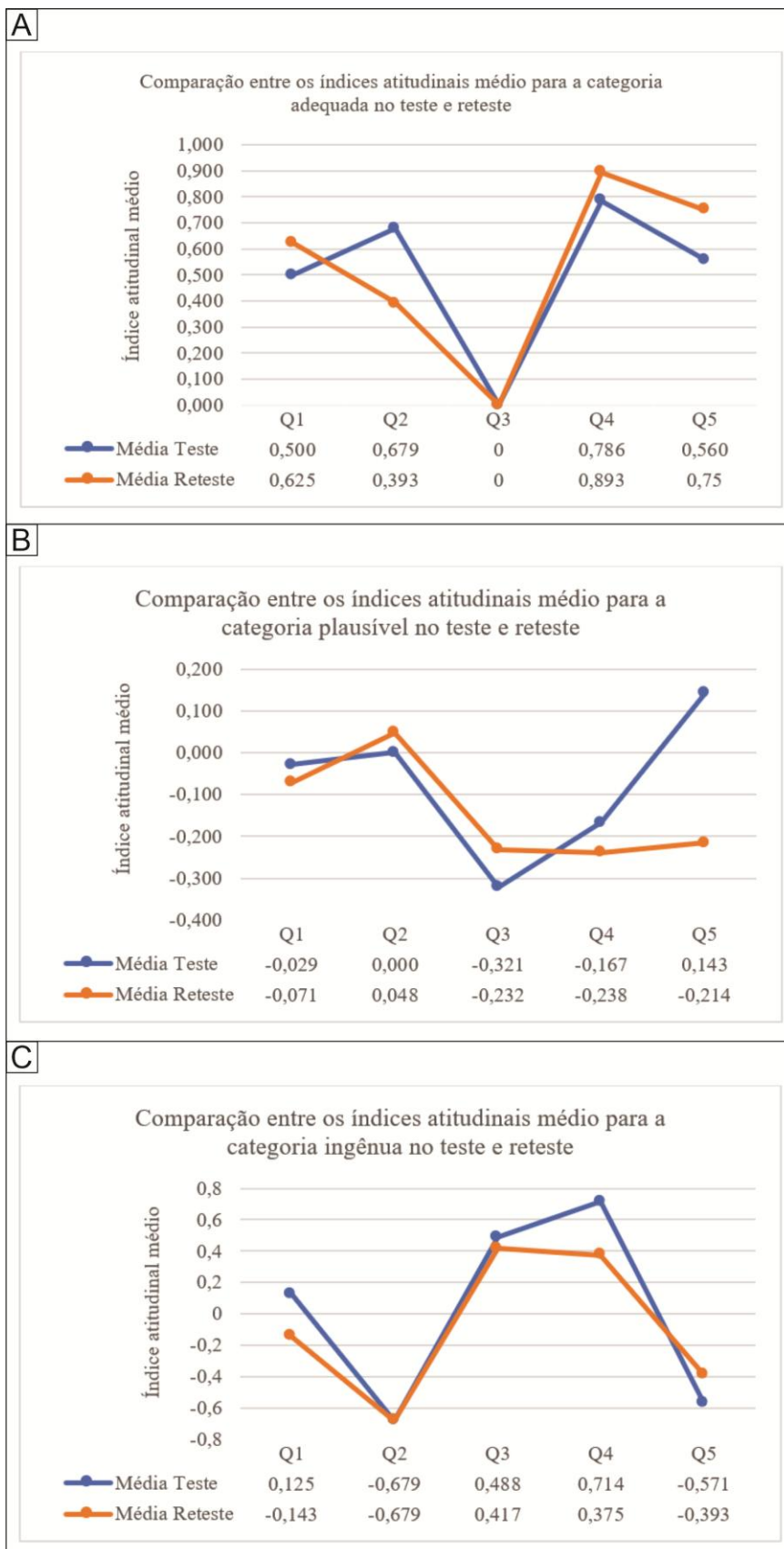
da proposição do uso de novas tecnologias, aproximando-os de um comportamento mais apropriado. Firmino (2020) também obteve queda para esta categoria, com valor de $-0,250$, enquanto Alonso *et al.* (2006) obteve um aumento de $0,081$.

Em contraste aos dados discutidos acima (das categorias adequada e plausível), percebe-se um ganho de $0,178$ nos índices atitudinais ingênuos, onde a média atitudinal vai de $-0,571$ para $-0,393$. Um aumento nas atitudes ingênuas não é o ideal, já que se espera contribuir com o aumento da consciência dos participantes acerca das atitudes CTSA para o mais adequado possível. Apesar do aumento para esta categoria, verificou-se que as percepções adequadas dos participantes acerca desta questão já eram altas, com valor médio positivo, e cresceu mais ainda, com diferença considerável e ligeiramente mais alta em relação ao constatado para as percepções ingênuas, compensando a contradição no crescimento atitudinal adequado e ingênuo. Alonso *et al.* (2006) também verificaram aumento nas atitudes ingênuas dos participantes de sua pesquisa, com crescimento de $0,147$, próximo ao verificado nesta pesquisa. Firmino (2020) apresentou um crescimento de $0,125$ para as atitudes ingênuas dos participantes de sua pesquisa.

Em relação a questão 80131, dos trabalhos com os quais os resultados desta pesquisa foram comparados, nenhum apresentou o mesmo aspecto aqui observado: ganho na categoria adequada e perdas nas categorias plausível e inadequada.

Os gráficos comparativos das médias atitudinais por categoria entre o teste e o reteste de cada uma das 5 questões aplicadas estão expostos a seguir na figura 4.

Figura 4 - Comparação entre os índices atitudinais médio para cada categoria nas questões, onde os gráficos A, B e C correspondem as categorias adequada, plausível e ingênua, respectivamente.



Fonte: Produzida pelo autor

4.2. Índices atitudinais gerais por categoria

O cálculo das médias gerais foi feito a partir do índice médio das categorias das questões do COCTS utilizadas, cujos valores estão destacados na tabela 8. Os dados continuarão a serem discutidos em comparação com os estudos de Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006).

Tabela 8 – Valores médios gerais das categorias das 5 questões do COCTS utilizadas.

	TESTE				RETESTE			
	Adequada ¹	Plausível ¹	Ingênua ¹	IGP ²	Adequada ¹	Plausível ¹	Ingênua ¹	IGP ²
Média	0,631	-0,013	-0,103	0,172	0,665	-0,119	-0,210	0,112
DP³	0,393	0,440	0,654	0,400	0,365	0,421	0,551	0,481

Fonte: Produzida pelo autor.

Notas: ¹ média das pontuações médias das categorias (Adequada, Plausível e Ingênua) nas questões respondidas pelos participantes da pesquisa.

² índice geral ponderado das categorias adequada, plausível e ingênua.

³ abreviação para “Desvio padrão”.

Em relação a categoria adequada, de forma geral verificou-se um ganho de 0,034 entre teste e reteste. Apesar de parecer um ganho pequeno, comparando-se com os resultados de Firmino (2020), com ganho geral de 0,002 para a mesma categoria, o crescimento obtido é relativamente satisfatório. Já na pesquisa de Alonso *et al.* (2006), houve uma queda de -0,067 na média geral para a categoria adequada, corroborando ainda mais o crescimento alcançado neste trabalho.

Na categoria plausível observou-se uma queda de -0,016 no índice atitudinal médio geral, indo de -0,103 a -0,119. Em contraste ao resultado desta pesquisa, Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006) obtiveram ganhos para esta categoria, com valores respectivos de 0,149 e 0,098. A diminuição do índice geral plausível constatado neste trabalho pode ser associada ao aumento geral para a categoria adequada, levando os participantes a ponderarem de forma mais apropriada os itens das questões.

Para o índice atitudinal geral da categoria ingênua, verificou-se um decréscimo de -0,107 entre o teste e o reteste, reforçando o ganho na categoria adequada. Na pesquisa de Firmino (2020) esta categoria também apresentou diminuição no índice atitudinal geral (-0,036), seguindo a mesma perspectiva que

este trabalho. Já o resultado de Alonso *et al.* (2006) mostrou um aumento de 0,035 no índice geral desta categoria, indicando que os participantes tiveram suas percepções ingênuas elevadas.

Uma comparação entre os índices globais ponderados do teste e reteste demonstra uma perda de 0,060. Discussões anteriores mostraram que os maiores ganhos ocorreram na categoria adequada, enquanto a plausível e a ingênuas sofreram perdas. Visto que 2 das 3 categorias sofreram mais perdas, justifica-se a ligeira queda entre os índices globais ponderados. A abordagem individual das categorias por questão, no entanto, mostrou que os ganhos da intervenção proposta foram positivos, contrabalanceando a diferença no IGP.

Ressalta-se que os trabalhos de Firmino (2020) e Alonso *et al.* (2006), utilizados como comparação para esta pesquisa, foram aplicados em períodos maiores que o desta investigação (10 encontros e 1 ano, respectivamente), validando a metodologia proposta aqui como eficaz e abrindo caminhos para a adaptação e melhora dos pontos mais negativos, de modo a alcançar resultados ainda melhores.

4.3. A visão dos participantes sobre a proposta da pesquisa

Além das questões retiradas do COCTS, foram preparados outros 2 questionários para coleta de dados. Estes, no entanto, apresentam caráter discursivo, contribuindo com uma análise no viés qualitativo da pesquisa. Foram aplicadas no formato teste e reteste junto ao questionário retirado do COCTS.

A escolha de uma abordagem qualitativa na condução de uma pesquisa está intrinsicamente ligada a obtenção de dados discursivos, já que na maioria dos casos não há uso de ferramentas de natureza quantitativa. Assim, a avaliação de uma pesquisa do tipo qualitativa pode ser auxiliada por três perguntas, as quais serão utilizadas como base para a discussão dos resultados desta pesquisa:

- “• Os resultados estimulam a elaboração de novas hipóteses de trabalho?
- Que nível de conhecimento útil é oferecido? Pode variar desde aumento de conhecimento até recomendações de ações específicas.
- Os resultados ajudam a resolver problemas locais? (PEREIRA; QUEIROS, 2012, p. 70)”

Na aplicação do primeiro questionário (apêndice C), antes das aulas teóricas, buscou-se verificar se os participantes (P) conheciam o movimento CTSA e suas visões acerca do uso da contextualização como meio de facilitar a compreensão de conteúdos da área de Química. Com base nas respostas obtidas, 5 dos participantes (71%) não ouviram falar do movimento CTSA até o momento da aplicação desta pesquisa (P1, P3, P4, P5 e P6), enquanto apenas 2 participantes (29%) já ouviram falar (P2 e P7). Pode-se verificar que, apesar de ter surgido na década de 1960, o movimento CTSA ainda não é tão difundido na sociedade. Mesmo com a inclusão da CTSA como uma abordagem na área da educação, espaço considerado o mais propício para sua difusão (FARIAS, 2011; CORRÊA; BRITO, 2012), é necessário o desenvolvimento de melhores estratégias para que disseminação seja mais efetiva.

Para a segunda pergunta, obtiveram-se as seguintes respostas (quadro 5):

Quadro 5 – Respostas dos participantes para a segunda pergunta do questionário pré-aplicação.

02. Na sua concepção, contextualizar os conteúdos de química facilita a compreensão? Justifique sua resposta.	
P1	Sim, principalmente com o público adolescente, onde se pode levar jogos, memes ou coisas que eles se interessam, para aproximar os alunos da disciplina.
P2	Sim, ao abordar a química presente no cotidiano correlacionando-a com o conteúdo dado acaba-se facilitando e tornando mais palpável a aprendizagem do assunto e sua compreensão.
P3	Sim, pois proporciona ao aluno uma percepção cotidiana sobre o assunto, dessa forma fica mais palpável a visualização da explicação do professor. Além de uma melhor memorização por associação.
P4	Sim. O conteúdo abstrato, sem a contextualização, dificulta a compreensão. É como se o assunto fosse apenas uma hipótese, sem nunca sair do plano teórico.
P5	Sim, porque muitos conhecimentos da Química são abstratos e de difícil compreensão, porém contextualizando os conteúdos, trazendo para uma realidade próxima do aluno, a probabilidade de o discente compreender a matéria aumenta.
P6	Sim, devido ao fato da química ser uma ciência abstrata e se torna um pouco complicado ao aluno compreender apenas definições.
P7	Sim, pois a contextualização facilita a acomodação do conhecimento que está sendo adquirido.

Fonte: Produzida pelo autor.

A visão dos participantes sobre o uso da contextualização em conteúdos de Química para facilitar a compreensão é unânime, os quais concordaram que é uma

maneira positiva de favorecer o entendimento dos alunos. Alguns dos participantes apontaram o caráter abstrato dos assuntos como um dos maiores obstáculos (P4, P5 e P6), pois nem sempre o discente consegue visualizar as explicações de forma clara, prejudicando seu aproveitamento. Em contrapartida, a realização da contextualização de forma aproximada ao cotidiano dos alunos foi a abordagem mais citada nas respostas (P1, P2, P3 e P5).

As informações obtidas a partir da aplicação do primeiro questionário corroboram a estrutura planejada para as aulas teóricas, pois ao iniciar com a discussão sobre como o movimento CTSA surgiu e se desenvolveu, cumpre-se o papel de disseminação desta abordagem e permite aos participantes conhecerem-na (para os que responderam “Não” para a primeira questão) e/ou aprofundarem-se em seus aspectos (para os que responderam “Sim” para a primeira questão).

Com o segundo encontro reservado para a discussão da poluição da água por metais tóxicos, possibilitou-se a familiarização dos participantes com a problemática ambiental e gerou-se uma visão de como somos afetados. Além disto, o cunho socioambiental da discussão traz luz ao uso do movimento CTSA, exemplificando como esta abordagem é feita.

Por fim, no terceiro encontro, a conversa sobre a técnica de adsorção e a proposição desta como forma de solução para a poluição da água por metais tóxicos trouxe uma maneira contextualizada de trabalhar tópicos teóricos da área de Química associados a um exemplo presente no dia-a-dia dos participantes.

Durante os encontros e discussões era sempre solicitado aos discentes suas visões sobre os assuntos, de modo a construir debates e compartilhar diferentes pontos de vistas. No entanto, os participantes apresentam quase nenhuma interação. O formato virtual e a gravação da videochamada podem ter sido fatores que contribuíram com a baixa participação.

As respostas para a terceira pergunta estão indicadas no quadro 6.

Quadro 6 – Respostas dos participantes para a terceira pergunta do questionário pré-aplicação.

03. Ressignificar os conteúdos teóricos de Química, relacionando-os ao cotidiano, colabora com a aprendizagem? Fale um pouco sobre sua visão.	
P1	Colabora e muito, eu sou adepto da contextualização dos assuntos de química, vendo essa prática como uma ferramenta para atrair a atenção do aluno e conseguir despertar o interesse e a curiosidade nele, fazendo assim com que a aprendizagem ocorra de forma natural.
P2	Sim, colabora muito, pois assim fica mais palpável ao aluno conseguir entender e associar os conteúdos com o dia a dia. Assim o ensino não se resume apenas a memorizar conteúdos e atribui maior significado ao conhecimento.
P3	Sim, pois melhora a absorção e memorização do conteúdo.
P4	Sim.
P5	Sim, pois ao resignificar você está buscando meios e formas de simplificar o que está sendo estudado.
P6	Sim, porque termos técnicos podem causar espanto e dificultar a aprendizagem dos alunos, mas uma releitura/revisão dos conteúdos teóricos pode quebrar esse "pré-conceito" e estimular os alunos a se aproximarem naturalmente do novo conhecimento.
P7	Sim. Acredito que com essa aplicação da química ao cotidiano a disciplina ganhe uma leveza e uma relevância aos olhos do aluno já que ele poderá notar que os conteúdos de química não estão apenas no plano teórico, mas são aplicáveis e de extrema importância para o desenvolvimento humano.

Fonte: Produzida pelo autor.

Todos os participantes concordam que relacionar conteúdos de química com o cotidiano facilita a aprendizagem. P1 destaca que esta associação é uma ferramenta capaz de atrair a atenção do aluno e despertar interesse e curiosidade. P2 menciona que os conteúdos se tornam mais palpáveis e com mais significado, não se resumindo apenas a memorização. Em contraste, P3 salienta a melhora da absorção e memorização do conteúdo. P4 apenas concorda que associar o conteúdo ao cotidiano facilita a aprendizagem. P5 aponta que resignificar o conteúdo é uma forma de simplifica-lo. P6 destaca que a associação do conteúdo ao cotidiano por ajudar na superação do "preconceito" com termos técnicos, instigando o aluno a apropriar-se naturalmente de novos conhecimentos. Por fim, P7 frisa que a aplicação da química no cotidiano traz leveza à disciplina e proporciona relevância maior para os estudantes, os quais vão conseguir enxergar os benefícios da química aplicada ao cotidiano.

Para a quarta pergunta, as respostas obtidas estão mostradas no quadro a seguir (quadro 7):

Quadro 7 – Respostas dos participantes para a quarta pergunta do questionário pré-aplicação.

04. Você acredita que a contextualização e discussão dos conteúdos de Química contribuem com a formação de um indivíduo mais crítico? Discuta sobre seu ponto de vista.	
P1	Com toda certeza. Ao se instigar a discussão sobre determinados assuntos dentro de sala de aula ira-se proporcionar que cada aluno mostre suas opiniões, dando chance a todos. A partir do momento que essa prática se torna frequente, os alunos irão passar a se acostumar e a desenvolver interesses pelo diálogo e pelo conteúdo, além de que a capacidade de crítica e de opinião será desenvolvida aos poucos, ao longo das discussões.
P2	Sim, pois para ser criado um indivíduo crítico é necessário o pensar, e isto envolve uma observação inicial, e diante ao fato, um comentário ou qualquer outro tipo de reação a este estímulo. Quando o aluno não conhece o contexto, não é capaz de mostrar seu pleno julgamento sobre o assunto.
P3	Sim, pois proporciona autonomia ao aluno no momento da aprendizagem, pois cada pessoa vai ter uma experiência diferente relacionada ao contexto e dessa forma vai adquirindo crítica para formar os seus próprios conceitos.
P4	Sim, dessa forma os alunos irão entender o porquê estão estudando a disciplina.
P5	Com certeza, pois quando você tem a noção do meio que você vive com um olhar científico, a tendência é você agir da mesma maneira.
P6	Sim, pois ele não fica engessado em conceitos e definições pré-estabelecidas e consegue construir um novo conhecimento que pode lhe auxiliar futuramente.
P7	Sim. Através dessa contextualização e discussão os alunos começarão a abrir seus horizontes de conhecimento e perceberão como a química interage com outras temáticas. Conscientes dessas relações entre outras temáticas e a química, acredito que começarão a buscar respostas baseadas nesse conhecimento prévio e assim desenvolverão o senso crítico.

Fonte: Produzida pelo autor.

A percepção dos participantes quanto a formação de um indivíduo mais crítico através da contextualização e discussão dos assuntos é unânime (todos concordam). P1 menciona que o incentivo a discussão proporciona ao aluno diferentes pontos de vista, o que irá aprimorar sua capacidade de opinião crítica conforme as discussões tornem-se frequentes. P2 comenta que conhecer o contexto de um assunto e a refletir sobre isso é um modo de pensar, sendo desta forma que um indivíduo desenvolve sua capacidade crítica. Para P3, a contextualização e as discussões conferem autonomia na aprendizagem do discente, que aprimora sua criticidade conforme o contato com diferentes experiências. P4 destaca que desta forma (contextualizar e discutir os assuntos) compreende o porquê estudarem a disciplina de química. P5 aponta que um indivíduo que se apropria do conhecimento científico torna-se capaz de transformar o ambiente no qual está inserido através de um olhar baseado em tais conhecimentos. P6 frisa que uma abordagem contextualizada e discussões de um assunto possibilita aos discente construir

conhecimentos por si próprio, não atendo-se a conceitos e definições pré-estabelecidos. Por último, P7 comenta sobre a interação da disciplina de química com outras temáticas, onde os discentes expandem suas percepções por meio da contextualização e discussão dos assuntos e passam a buscar respostas por si, o contribuindo com o aumento da percepção crítica.

As respostas dos estudantes para a quinta pergunta estão descritas a seguir (quadro 8):

Quadro 8 – Respostas dos participantes para a quinta pergunta do questionário pré-aplicação.

05. Em sua opinião, como o ensino de química pode ser facilitado? Descreva.	
P1	Através da contextualização dos conteúdos, da dinamicidade na aula, a partir do uso de ferramentas como softwares e peças palpáveis como estruturas de compostos que podem ser montados pelos alunos, além da realização de experimentos simples mesmo sem a existência de laboratório de química na escola.
P2	Sim, o ensino de química pode se tornar mais palpável para os alunos, tanto com experiências ou como outros métodos tecnológicos. Algumas escolas já utilizam esses métodos, mas outras ainda estão travadas por vários fatores.
P3	Sendo aliado a parte prática e visual do processo, mostrando em prática situações do cotidiano em que a química está presente e nem percebemos.
P4	Com novas metodologias de ensino que possam levar o aluno a compreender a importância da disciplina.
P5	O ensino de química pode ser facilitado a partir do momento que o aluno vivencia aquele conhecimento na prática.
P6	Através de Metodologias Ativas, de um ensino mais humano, do uso adequado de Teorias da Aprendizagem (como a Cognitivista e a Aprendizagem Significativa) e com investimentos em laboratórios.
P7	Através da contextualização dos conteúdos com o cotidiano dos alunos, trocando as explicações abstratas e teóricas por explicações associativas e dentro da realidade e do conhecimento intelectual dos alunos.

Fonte: Produzida pelo autor.

Dentre as propostas dos participantes sobre facilitar o ensino de química, destacam-se o uso de aulas práticas como forma de proporcionar um contato real para o aluno (P2, P3, P5 e P6), a contextualização para a aproximação do conteúdo com a realidade vivida pelo discente (P1 e P7) e a proposição de novas metodologias que possam vir a contribuir com a compreensão do estudante (P4).

A aplicação do segundo questionário (apêndice D) ao final das aulas buscou verificar a visão dos participantes acerca da temática de poluição da água por metais tóxicos e a técnica de adsorção, que nos permite verificar se os conteúdos

trabalhados foram compreendidos de forma satisfatória. As respostas para a primeira pergunta estão expostas a seguir (quadro 9).

Quadro 9 – Respostas dos participantes para a primeira pergunta do questionário pós-aplicação.

01. Durante as discussões acerca da problemática de contaminação da água por metais pesados, propôs-se a técnica de adsorção como solução. Após participar desta aula, qual a sua visão sobre a importância da técnica mencionada no tratamento da contaminação da água por metais pesados? Fale brevemente sobre.	
P1	A técnica vem sendo bastante promissora. De acordo com pesquisas recentes, já temos processos de adsorção que envolve reaproveitamento de restos alimentares, como cascas de frutas e exoesqueleto de crustáceos, para a produção de adsorventes eficientes.
P2	O mal descarte de resíduos industriais são um dos principais causadores da contaminação. Existem alguns métodos de separação que permitem retirar esses componentes da água, como o método da troca iônica ou da separação por precipitação, mas essas técnicas possuem certas desvantagens para serem produzidas em larga escala. A técnica de adsorção pode ser utilizada para esse fim, por ser relativamente barato e possuir uma grande disponibilidade de adsorventes. O adsorvente é basicamente um material de forma sólida que tem capacidade de "colar" os metais pesados em sua superfície.
P3	É uma técnica que utiliza uma matéria prima que aparentemente não tem utilidade alguma, mas quando tratada e adaptada de uma forma diferente, pode ser útil. Nesse caso, seu uso é de extrema importância pois consegue adsorver os metais pesados no processo de limpeza da água e efluentes. Esse é apenas um passo para impulsionar novos estudos e aprimoramento dessa técnica para utilização em grande escala.
P4	É uma técnica muito interessante e de grande importância para o tratamento de água contaminadas com metais pesados, podendo reduzir os impactos desses poluentes para o meio ambiente.
P5	É uma técnica recente e bastante promissora, tendo em vista os avanços industriais e a necessidade de se buscar meios e técnicas capazes de amenizar os estragos causados pelos metais pesados.
P6	É uma técnica que demonstrou ser interessante e eficaz, sem grandes custos. Importante que novas formas de tratamento sejam pesquisadas.
P7	Através da tecnologia de adsorção desenvolvida no trabalho apresentado, pode-se promover a descontaminação dos efluentes industriais de forma eficiente, barata e ecológica, já que a matéria prima dos adsorventes são justamente produtos naturais.

Fonte: Produzida pelo autor.

De acordo com Nascimento *et al.* (2014), a adsorção é um processo de transferência de massa que estuda a capacidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, permitindo a separação dos componentes desses fluidos. Com base na definição científica da adsorção, pode-se observar que os participantes da pesquisa tiveram uma boa compreensão acerca desta técnica, relacionando-a corretamente tanto com

a forma como esta acontece, quanto com a problemática da poluição da água por metais tóxicos. Além disto, salientaram que a técnica trabalhada é interessante (P4 e P6), possui importância no tratamento de água contaminada (P3 e P4), apresenta vantagens em termos de produção e aplicação (P1, P2 e P5) e abrange um viés ambiental de reaproveitamento em adição ao de tratamento da poluição mencionada (P1 e P7).

Uma das principais motivações do movimento CTSA é formar os indivíduos em conhecimentos científico-tecnológicos, tornando-os críticos quanto ao contexto social no qual estão inseridos (PALACIOS *et al.*, 2001; VACHESKI, 2016). Visto que os participantes desta pesquisa conseguiram compreender do que se trata a técnica de adsorção e a sua importância no tratamento de água contaminada por metais tóxicos, além de pontuarem alguns benefícios socioambientais da aplicação do processo de adsorção (além do tratamento de água). Pode-se dizer que a aplicação da abordagem CTSA nesta pesquisa contribuiu com o desenvolvimento da percepção dos participantes quanto a apropriação de conhecimentos científicos e sua aplicação em situações reais.

Para a segunda pergunta, as respostas dos participantes foram as seguintes (Quadro 10).

Quadro 10 – Respostas dos participantes para a segunda pergunta do questionário pós-aplicação.

02. Qual relevância você identifica a respeito do tema “Poluição da água por metais tóxicos e o tratamento pela técnica de adsorção” estudado? Discorra sobre.	
P1	Possui uma grande relevância para o meio ambiente, podendo ser uma técnica muito útil no tratamento de águas contaminadas, principalmente em regiões onde houveram contaminação em larga escala, que é o caso das cidades de Mariana e Brumadinho em Minas Gerais.
P2	Essa pesquisa é de grande importância, principalmente considerando que os temas relacionados a meio ambiente estão cada vez criando mais força devido a necessidade que se tem de cuidar e de recuperar o ecossistema. Hoje temos elevados níveis de poluição nas águas através do descarte de efluentes, onde esses acabam levando metais pesados juntamente com a parte orgânica, além da ocorrência de desastres ambientais que contaminaram diversos rios, sendo necessários métodos eficientes para a retirada por completos desses metais, que são bastantes tóxicos aos seres vivos.
P3	A falta de tratamento de efluentes em indústrias, a contaminação por produtos de limpeza que utilizamos em casa, ou como os casos isolados de contaminações das barragens como aconteceu em Mariana e Brumadinho, tudo isso influencia na qualidade da água e no nível de contaminação. As vezes essa contaminação não é resolvida apenas com métodos de tratamento físico-químicos, por esse motivo a adsorção é um dos processos mais eficientes nos tratamentos de água e efluentes.

Fonte: Produzida pelo autor.

CONTINUAÇÃO

Quadro 10 – Respostas dos participantes para a segunda pergunta do questionário pós-aplicação.

P4	É um assunto de bastante interesse, desde o crescimento de indústrias como as têxteis, etc. E várias regiões podem ser afetadas com a poluição devido a movimentação das massas de ar. A descontaminação dessas águas por um processo relativamente barato como a técnica de adsorção poderá ser empregada e diminuindo a poluição das águas.
P5	É uma questão de conscientização sobre uma importante problemática atual e a visão de uma solução para tal.
P6	A água por ser uma substância vital para todos os seres vivos, necessita de meios capazes, eficientes e de baixo custo que sejam capazes de eliminar tais poluentes. O tratamento por adsorção surge como um método eficaz que possibilitará os avanços tecnológicos, alcançados nas grandes indústrias como também a preservação do meio ambiente.
P7	É um tema muito relevante que precisa ser discutido amplamente para que haja a conscientização e o desenvolvimento de novas tecnologias que auxiliem a remediação desses problemas pertinentes da poluição das águas.

Fonte: Produzida pelo autor.

A maioria dos participantes menciona que o tema discutido relevante e/ou importante (P1, P2, P4, P5 e P7) e destacam que a técnica de adsorção é uma alternativa eficiente no tratamento da problemática de poluição discutida (P1, P3, P4 e P6).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável apresentam um dos objetivos dedicados a traçar metas quanto ao fornecimento de água potável, bem como seu tratamento e preservação. O objetivo 6 busca assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Dentre as metas traçadas para alcançar tal objetivo, traz-se destaque para a 6.3:

Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente (JUNIOR, 2018, p. 165).

Como observado nas respostas dos participantes ao questionário, todos apresentaram boa compreensão tanto sobre a preocupação ambiental da poluição da água por metais tóxicos quanto aos aspectos teóricos e aplicados da técnica de adsorção. A luz do movimento CTSA, pode-se afirmar que a intervenção contribuiu com uma melhora na consciência ambiental dos discentes, bem como desenvolveu suas percepções sobre como agir para frear os impactos abordados (poluição da

água). Quanto aos ODS, verifica-se que a proposta desta pesquisa contribuiu de forma indireta (porque não foi o foco do trabalho) com a aproximação tanto ao objetivo 6 quanto a uma de suas metas.

Firmino (2020) também utilizou um questionário qualitativo com o objetivo de captar as percepções dos participantes de sua pesquisa. Em sua abordagem foram realizadas perguntas sobre a visão dos participantes quanto a técnica proposta (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência), ao tema de contextualização (Agrotóxicos), sobre a experimentação no ensino e a visita técnica realizada. Semelhante ao que se obteve neste trabalho, os participantes da pesquisa do autor supracitado comentaram que as propostas facilitaram a compreensão dos assuntos específicos, destacando a problemática real trazida para a sala de aula (Agrotóxicos) como um alerta, já que afeta diretamente na saúde de todos. Outro destaque se encontra na afirmação dos estudantes em relação a aula prática, os quais concordam que a experimentação corrobora com a aprendizagem, facilitando-a. Neste trabalho não houve a execução de aula prática devido ao isolamento social estabelecido como maneira de frear a propagação do Novo Coronavírus (COVID-19), mas houve o questionamento aos participantes sobre suas visões de como a aprendizagem pode ser facilitada (quadro 14). Assim como as respostas obtidas por Firmino (2020), os discentes apontaram que a aula prática é uma das formas de se favorecer a aprendizagem.

As questões 3 e 4 dos questionário qualitativo pós-aplicação aplicação da pesquisa não serão discutidos, pois as informações escritas pelos participantes fugiram do contexto da pergunta feita, não apresentando relevância para a discussão.

Conforme Pereira e Queiros (2012, p. 70), as perguntas “1. Os resultados estimulam a elaboração de novas hipóteses de trabalho?”, “2. Que nível de conhecimento útil é oferecido? Pode variar desde aumento de conhecimento até recomendações de ações específicas” e “3. Os resultados ajudam a resolver problemas locais?” auxiliam a análise dos resultados de uma pesquisa qualitativa. A seguir, tem-se a resposta destes questionamentos baseados nos resultados discutidos anteriormente.

Para a primeira pergunta, pode-se dizer que este estudo de caso abre espaço para o levantamento da hipótese “Como as atitudes dos participantes da pesquisa em relação ao movimento CTSA podem ser investigadas e mensuradas?”, pois as

observações feitas neste trabalho basearam-se em como a inserção da abordagem CTSA ajudou na compreensão de assuntos específicos, não atendo-se buscar dados sobre CTSA em sua natureza.

Para a segunda pergunta, constatou-se que os conhecimentos ofertados durante as aulas teóricas apresentam um nível adequado e proveitoso no sentido introduzir novos assuntos para os participantes, contribuindo com o aumento de seus conhecimentos da área específica de Química e da consciência socioambiental.

Para a terceira pergunta, é possível associá-la com a problemática ambiental de poluição da água por metais tóxicos trabalhada. Os rejeitos industriais são mencionados como uma das principais fontes do poluente em questão, e a instituição escolhida para a aplicação do estudo de caso localiza-se em Maracanaú – CE, um grande polo industrial. A abordagem realizada para o problema (como a poluição pode nos afetar enquanto indivíduos sociais) e a proposta de solução (técnica de adsorção) podem despertar nos participantes a iniciativa de estudar como o descarte de metais tóxicos é realizado pelas indústrias da cidade e verificar as possibilidades de redução dos impactos ambientais através da aplicação da técnica de adsorção.

Visto que as perguntas propostas por Pereira e Queiros (2012) foram atendidas, constata-se que a metodologia escolhida para a condução deste estudo foi adequada. A análise das respostas obtidas das questões aplicadas no estudo de caso demonstrou boa compreensão dos assuntos por parte dos participantes, os quais realizaram associações corretas entre o conceito do conteúdo específico (adsorção) e a problemática trabalhada (poluição da água por metais tóxicos). Além disso, os resultados positivos das análises feitas das respostas das questões retiradas do COCTS corroboram com a boa compreensão da proposta desta pesquisa. Pode-se afirmar, então, que a aplicação da abordagem CTSA nos conteúdos teóricos facilitou o entendimento, alcançando-se o objetivo determinado para este trabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram que a inserção de uma problemática presente no contexto social traz uma perspectiva com mais significado para os discentes. A perspectiva CTSA no ensino se mostra como uma possibilidade promissora nos currículos de ciências, pois contribui não só com a compreensão de um assunto específico, como também desenvolve percepções sobre questões socioambientais. Além disto, contribuiu com a difusão deste movimento, que como constatado nas discussões, ainda é desconhecido para uma parcela da sociedade.

Uma das vantagens da perspectiva CTSA no ensino é a possibilidade de superar o modo tradicional de ensinar, que preza pela memorização engessada de conteúdos. Abordar as dimensões tecnológica, social e ambiental expande as possibilidades de associação dos assuntos de ciências com o cotidiano. Além de tornar o ensino-aprendizagem mais fácil, contribui com a formação cidadã dos discentes, colaborando com o aumento de sua conscientização sobre as problemáticas ambientais e tornando-o capaz de agir ativamente.

A abordagem CTSA nesta pesquisa alcançou resultados positivos quanto a aprendizagem e conscientização dos participantes. Os índices atitudinais calculados através dos dados obtidos das questões do COCTS aplicadas indicaram que os participantes da pesquisa compreenderam temas relacionados à ciência e a propostas técnico-científicas, desenvolvendo suas percepções e atitudes em relação a natureza e ao papel destas duas áreas. No entanto, a compreensão quanto aos assuntos que concernem à tecnologia apresentou perdas, indicando que a maneira como esta área foi abordada não foi tão satisfatória quanto as demais, deixando-se margens para adaptações e melhoras para uma futura aplicação.

O uso da contextualização como facilitador da compreensão de um assunto da área de química foi um dos pontos de convergência entre os participantes, que concordaram com a eficácia dessa metodologia. O entendimento foi comprovado a partir das respostas aos questionários discursivos, onde os participantes comentaram sobre o uso da contextualização e da abordagem sobre a técnica de adsorção, relacionando esta última corretamente com sua definição e aplicações científicas.

De modo geral, pode-se afirmar que a proposta de abordagem desta pesquisa foi satisfatória, onde o objetivo de aplicar a abordagem CTSA no ensino de química

ambiental a fim de verificar as contribuições para o ensino-aprendizagem foi alcançado, obtendo-se um resultado satisfatório. Além disto, as constatações verificadas também corroboram com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Agenda 2030, enriquecendo os ganhos obtidos.

Apesar de ser um movimento que surgiu por volta da década de 1970, a abordagem CTSA ainda não possui um alcance tão grande quanto se espera. A realização desta pesquisa colabora com a divulgação e acesso para outras pessoas sobre o que é e o que defende este movimento, incentivando outros públicos a aderirem esta abordagem em suas pesquisas (ou aulas, no caso de aplicações em sala de aula).

Esta pesquisa pode ser continuada com a realização de novos estudos de caso, variando-se o tempo de aplicação, seja na quantidade de encontros ou na carga horária por encontro, de modo a verificar haverá diferenças nos resultados em relação a pesquisa desenvolvida neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P. C. B; COSTA NETO, R. F.; BRUNO, N. L.; PROFICE, C. C. Da teoria à prática em educação ambiental. **R. Gest. Sust. Ambient.**, v.6, n. 2, p. 111-132, Florianópolis, 2017.
- ALENCAR, L. D.; BARBOSA, M. F. N. Educação Ambiental no Ensino Superior: ditames da política nacional de Educação Ambiental. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 229-255, 2018.
- ALMEIDA, Q. A. R.; SILVA, B. B.; SILVA, G. A. L.; GOMES, S. S.; GOMES, T. N. C. Química Verde nos cursos de Licenciatura em Química do Brasil: Mapeamento e importância na prática docente. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 15, n. 34, p. 178-187, jul./dez. 2019.
- ALONSO, A. V.; DÍAZ, J. A. A.; MAS, M. A. M.; ROMERO, P. A. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA MATERIA CTS DE BACHILLERATO EN LAS ACTITUDES CTS DEL ALUMNADO CON UNA METODOLOGÍA DE RESPUESTA MÚLTIPLE. **Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.**, v. 3, n. 3, p. 317-348, 2006.
- ARAGÃO, D. M.; ARGUELHO, M. L. P. M.; ALVES, J. P. H.; PRADO, C. M. O. Estudo Comparativo da Adsorção de Pb (II), Cd (II) e Cu (II) em Argila Natural Caulínica e Contendo Montmorilonita. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, S, v. 5, n. 3, p.1-7, out. 2013.
- ARAÚJO, A. B.; SILVA, M. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade; Trabalho e Educação: Possibilidade de Integração no Currículo da Educação Profissional. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 99-112, jan. 2012.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.
- AZEVEDO, L. A.; BEJAN, C. C. C.; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Biodiesel a partir do óleo de fritura: uma temática atual para a abordagem das relações cts em uma sala de aula de química. **R. B. C. E. T.**, V. 6, N. 2, p. 41-61, mai./ago. 2013.
- BALDISSARELLI, V. Z. **Estudo da adsorção do corante reativo preto 5 sobre carvão ativado**: caracterização do adsorvente e determinação de parâmetros cinéticos e termodinâmicos. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Química, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.
- BARBOSA, M. V. G.; MELO, D. S.; DUTRA, M. T. D.; VALENÇA, M. M. Agenda 2030 e o desenvolvimento sustentável: educação ambiental crítico-dialógica com a oficina conhecendo os 17 ODS. **X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, IBEAS, Fortaleza, Ceará, 2019.
- BISPO FILHO, D. O.; MACIEL, M. D.; SEPINI, R. O.; ALONSO, A.V. **Alfabetização científica sob o enfoque da ciência, tecnologia e sociedade: implicações para a**

formação inicial e continuada de professores. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 2, p. 313-333, 2013.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto Editora, 1994.

BORGES, C. O.; BORGES, A. P. A.; SANTOS, D. G.; MARCIANO, E. P.; BRITO, L. C. C.; CARNEIRO, G. M. B.; NUNES, S. M. T. Vantagens da Utilização do Ensino CTSA Aplicado à Atividades Extraclasse. Instituto de Química da Universidade de Brasília. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Distrito Federal, jul. 2010.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 2011.

_____. **Subchefia De Assuntos Jurídicos. 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.

BRANDÃO, J. B.; BOUZON, J. D.; SANTOS, T. C.; PEREIRA, V.; CHRISPINO, A. Mapeamento de publicações sobre o ensino da química verde no Brasil a partir de redes sociais. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 14, n. 30, p. 59-76, jan./jul. 2018.

CÂMARA, V. O. F. A importância da educação ambiental lúdica: abordagens e reflexões para a construção do conhecimento infantil. **Revbea**, v. 12, n. 4, p. 60-75, São Paulo, 2017.

CASTRO, F. G.; KELLISON, J. G.; BOYD, S. J.; KOPAK, A. **A Methodology for Conducting Integrative Mixed Methods Research and Data Analyses.** *J Mix Methods Res.* v. 4, n. 4, p. 342–360, set. 2010.

CATÃO, A. J. L. **Estudo de adsorção de íons Cobre (II) em esferas de quitosana e esferas de quitosana reticulada.** 2012. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Curso de Química Industrial, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

CEREZO, J. A. L. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión em Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 18, p. 41-68, 1998.

CHIARO, S.; AQUINO, K. A. S. Argumentação na sala de aula e seu potencial metacognitivo como caminho para um enfoque CTS no ensino de química: uma proposta analítica. **Educ. Pesqui.**, v. 43, n. 2, p. 411-426, abr./jun. 2017.

CHRISPINO, A. **Introdução aos Enfoques CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na Educação e no Ensino.** 1 ed. Madrid - Espanha: OEI - Organização dos estados Iberoamericanos, v. 1, 2017, 181 p.

CORRÊA, E. M.; BRITO, M. R. CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE E O CURRÍCULO DE CIÊNCIAS NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: PELA TRANSVERSALIDADE DE SABERES. **III Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, 2012.

CORTES JUNIOR, L. P.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. As Representações Sociais de Química Ambiental dos alunos ingressantes no Instituto de Química da Universidade de São Paulo. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Curitiba, jul. 2008.

CORTES JUNIOR, L. P.; FERNANDEZ, C. **A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA: ESTUDO DIAGNÓSTICO E REPRESENTAÇÕES SOCIAIS**. *Quim. Nova*, v. 39, n. 6, p. 748-756, 2016.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 2º ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 248 p.

CUNHA, A. M.; SILVA, D. CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO DE ATITUDES FRENTE AS RELAÇÕES CTS. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, nov. 2009.

DANTAS FILHO, F. F. D.; SILVA, H. C.; LUCENA, L. L.; LINS, L. D. Análise de uma sequência de ensino de química focando os resíduos sólidos na perspectiva CTSA. **Mosaicum**, n. 21, p. 18-26, 2015.

FARRA, R. A. D.; LOPES, P. T. C. Métodos mistos de pesquisa em educação: pressupostos teóricos. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 24, n. 3, p. 67-80, set./dez. 2013.

FARIAS L. N. **Relações Ciência-Tecnologia-Sociedade em currículo de Ciências**. Texto apresentado no X seminário Nacional de Políticas Educacionais e Currículo. Belém, 2011.

FERREIRA, N. S. A. AS PESQUISAS DENOMINADAS “ESTADO DA ARTE”. **Educação & Sociedade**, ano XXIII, n. 79, ago. 2002.

FIRMINO, E. S.; SAMPAIO, C. G.; NOJOSA, A. C. B.; SALDANHA, G. C. B.; GUERRA, M. H. F. S.; VASCONCELOS, A. K. P.; BARROSO, M.C.S. **AGROTÓXICOS COMO TEMA SOCIOAMBIENTAL NO ENSINO DE CROMATOGRÁFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE): UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM COM ENFOQUE CTSA**. 2020. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, IFCE, Fortaleza, 2020.

FREITAS, W. P. S.; QUEIRÓS, W. P. O PROCESSO DE COMPREENSÃO DAS INTERAÇÕES CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) EM UM CURSO DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 2, p. 324-347, 2020.

GALINDO, L. S. G. **REMOÇÃO DE ÍONS DE CHUMBO E CÁDMIO EM DIFERENTES SISTEMAS DE ADSORÇÃO/TROCA IÔNICA EM ARGILA BENTONÍTICA TIPO FLUIDGEL**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009. 120 p.

GIDDENS, A. **Sociologia**. Tradução: Sandra Regina Netz. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. RAE - Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GOMES, A. A. **ESTUDO DE CASO - PLANEJAMENTO E MÉTODOS**. Nuances: estudos sobre Educação (XIV). Presidente Prudente, v. 15, n. 16, p. 215-221, jan./dez. 2008.

GONÇALVES JUNIOR, A. C.; SELZLEIN, C.; NACKE, H. Uso de biomassa seca de aguapé (*Eichornia crassipes*) visando à remoção de metais pesados de soluções contaminadas. **Acta Scientiarum Technology**, v. 31, n. 1, p. 103-108, 2009.

GUERREIRI, I. L.; SAMPAIO, C. G. Papiloscopia forense e revelação de impressões digitais na cena de um crime: uma ferramenta para o ensino de química com enfoque CTS. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 7, p. 1-16, 2019.

GUINESI, L. S.; ESTEVES, A. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. ADSORÇÃO DE ÍONS COBRE (II) PELA QUITOSANA USANDO COLUNA EM SISTEMA SOBRE FLUXO HIDRODINÂMICO. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 809-814, 2007.

GURGEL, L. V. A.; GIL, L. F. Adsorption of Cu(II), Cd(II) and Pb(II) from aqueous single metal solutions by succinylated twice-mercerized sugarcane bagasse functionalized with triethylenetetramine. **Water Research**, v. 43, p. 4479 – 4488, 2009a.

HOMEM, E. M. **Remoção de Chumbo, Níquel e Zinco em Zeólita Utilizando Sistema de Leito Fluidizado**. 2001. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Unicamp, Campinas, 2001.

KREIMER, P. Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina: ¿para qué?, ¿para quién?. **Redes**, Argentina, v. 13, n. 26, p. 55-64, 2007.

LIMA, J. R. A. **REMOÇÃO DE METAIS EM ÁGUA UTILIZANDO EICHHORNIA CRASSIPES NA FORMA IN NATURA, BIOCÁRVÃO E HÍBRIDO MAGNÉTICO**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; AMARAL, L. C. Z. Enfoque CTS no ensino de química: uma pesquisa do “estado da arte”. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 5, n. 1, p. 34-47, jan./jun. 2015.

LOZARDO, E. **Agenda 2030** – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. IPEA, Governo Federal, 2018.

LÜCKEMEYER, A. C. A. B.; CASAGRANDE JUNIOR, E. F. UMA INTRODUÇÃO AOS ESTUDOS CTS NA AMÉRICA LATINA COM ENFOQUE EM TECNOLOGIA E AMBIENTE. **Revista Educação e Tecnologia**, n. 10, Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutec-ct/article/view/1108/714>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MARTINS, D. D. S. *et al.* Biochar efficiency in the removal of heavy metals. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 3, p. 131-138, 2019.

MARTINS, I. P. REVISITANDO ORIENTAÇÕES CTS|CTSA NA EDUCAÇÃO E NO ENSINO DAS CIÊNCIAS. **APeDuC Revista/ APeDuC Journal**, v. 1, n. 1, p. 13-29, 2020.

MAS, M. A. M.; ALONSO, A. V.; DÍAZ, J. A. A. **Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat**. Palma de Mallorca, Illes Balears, Spain: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. p. 72, 2001.

MATEUS, A. L. M. L.; MACHADO, A. H.; ÁGUIAR, P. A. Tabela de Tempo de Decomposição de Materiais: Contexto para a Abordagem de Química Ambiental no Ensino Profissional de Nível Médio. **Quím. nova esc.**, v. 41, n. 3, p. 259-265, São Paulo, ago. 2019.

MENDONÇA, A. M. G. D. *et al.* A PRÁTICA DE ENSINO EM QUÍMICA: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE COMO TEMA TRANSVERSAL. **Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB**. 2012.

MESQUITA, A. N. S.; SILVA, A. F. O.; SANTOS, A.; SIQUEIRA, W. N. A relação entre ambiente e sociedade: a importância das práticas de Educação Ambiental no Parque Estadual Horto Dois Irmão (Recife – Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 11-29, 2020.

MINAYO, M.C. S. **O desafio do conhecimento: Pesquisa Qualitativa em Saúde**. (12ª edição). São Paulo: Hucitec-Abrasco, 2010.

MOREIRA, C. S. **ADSORÇÃO COMPETITIVA DE CÁDMIO, COBRE, NÍQUEL E ZINCO EM SOLOS**. 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MOREIRA, M. R. O Brasil rumo a 2030? Percepções de especialistas brasileiros(as) em saúde sobre o potencial de o país cumprir os ODS Brazil heading to 2030. **Saúde Debate**, v. 43, p. 22-35, dez. 2019.

MOREIRA, A. M.; AIRES, J. A.; LORENZETTI, L. Abordagem CTS e o conceito química verde: possíveis contribuições para o ensino de química. **ACTIO**, v. 2, n. 2, p. 193-210, jul./set. 2017.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. **A QUÍMICA AMBIENTAL NO BRASIL**. Quim. Nova, v. 25, Supl. 1, p. 7-11, 2002.

NASCENTES, C. C.; COSTA, L. M. **Química Ambiental**. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256 p.

NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. Recomposição do pH do solo utilizando casca de ovo: enfoque CTS sobre o ensino de química. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 4, n. 2, p. 69-84, jul./dez. 2014.

NUNES, A. O. **POSSIBILIDADES DE ENFOQUE CTS PARA O ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA**: Proposta de uma abordagem para ácidos e bases. 2014. 226 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

OLIVEIRA, F. M. F.; SILVA, E. L. EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA: UTILIZAÇÃO DOS OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, Cajazeiras, n. 2, p. 94 - 106, set. de 2017.

OLIVEIRA, S.; GUIMARÃES, O. M.; LORENZETTI, L. Uma proposta didática com abordagem CTS para o estudo de gases e a cinética química utilizando a temática da qualidade do ar interior. **R. B. C. E. T.**, v. 8, n. 4, p. 75-105, set./dez. 2015.

_____. O ensino de química e a qualidade do ar interior: análise de uma proposta de abordagem temática com enfoque CTSA. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 521-553, dez. 2016.

OLIVEIRA, F. M. F.; SILVA, E. L. Educação Ambiental para o ensino de química: utilização de objetos virtuais de aprendizagem. **Revista de pesquisa Interdisciplinar**, n. 2, p. 94-106, Cajazeiras, 2017.

OLIVEIRA, F. R.; PEREIRA, E. R., JÚNIOR, A. P. Horta escolar, educação ambiental e a interdisciplinaridade. **Revbea**, v. 13, n. 2, p. 10-31, São Paulo, 2018.

PALACIOS, E. M. G.; GALBARTE, J. C. G.; CERREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C. **Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual**. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), 2001. Bravo Murillo, 38, Madrid, España.

PEREIRA, F. A. M.; QUEIROS, A. P. C. A consolidação da pesquisa social qualitativa: um aporte teórico. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 134, jul. 2012

PEREIRA, D. S. **A CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS) COMO UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO NO RIO GRANDE DO SUL**. 2016. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-

Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

PEREIRA, S. T. **A PEDAGOGIA FREIREANA E O PENSAMENTO LATINO AMERICANO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE PARA A SUPERAÇÃO DA INVASÃO CULTURAL EM BUSCA DA SÍNTESE CULTURAL**. 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PIMENTAL, G. S. R. O Brasil e os desafios da educação e dos educadores na agenda 2030 da ONU. **Rev. Nova Paideia**, v. 1, n. 3, p. 22-33, 2019.

PINHEIRO, N. A. M. **Educação crítico-reflexiva para um ensino médio científico-tecnológico: a contribuição do enfoque CTS** para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático. 2005. 305 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

_____. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 1, n. 49, p. 1-14, mar. 2009.

PRESSE, F. **Impacto ambiental da tragédia de Brumadinho 'será sentido por anos', diz Fundo Mundial para a Natureza**. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/01/30/impacto-ambiental-da-tragedia-de-brumadinho-sera-sentido-por-anos-diz-fundo-mundial-para-a-natureza.ghtml>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

QUEENAN, K.; GARNIER, J.; ROSENBAUM, N.; BUTTIGIEG, S.; DE MENEGHI, D.; HOLMBERG, M.; ZINSSTAG, J.; RÜEGG, S. R.; HÄSLER, B.; KOCK, R. Roadmap to a One Health agenda 2030. **CAB Reviews**, v. 12, n. 14, p. 1-17, 2017.

RAULINO, G. S.C. **Sistema piloto de adsorção de íons de metais em coluna (leito fixo) utilizando como adsorvente o pó da casca de coco verde**. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Pós graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

_____. **Biossorção em sistema multielementar dos íons Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} e Zn^{2+} em solução aquosa usando vagem seca do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) modificada: otimização usando planejamento fatorial**. 2016. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

ROCHA, A. F. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio - A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?** 2009. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências da

Nutrição, Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto, Porto, 2009.

RODRIGUES, L. N.; Educação Química no Projeto Escolar “Quixaba”: Alfabetização Científica com Enfoque CTSA no Ensino Fundamental a Partir de Temas Sociocientíficos. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 7, n. 1, jan./mar. 2015.

RODRÍGUEZ, A. S. M.; PINO, J. C. D. Abordagem ciência, tecnologia e sociedade (CTS): perspectivas teóricas sobre educação científica e desenvolvimento na américa latina. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 2, Canoas, 2017.

RUCHKYS, U. A.; CASTRO, P. T. A.; MIRANDA, M. P. S. Mineração em Geossistemas Ferruginosos e Questões de Geoética: o Caso do Rompimento da Barragem de Córrego do Feijão, Minas Gerais – Brasil. **Revista franco-brasileira de geografia**, v. 40, n. 40, p. 1-15, 2019.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em Química. **Quím. Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SAMPAIO, C. G. **Remoção de cromo (VI) a partir da utilização de subprodutos de Mangifera indica L.** 2015. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Química, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SAMPAIO, C. G.; FROTA, L. S.; MAGALHÃES, H. S.; DUTRA, L. M. U.; QUEIROZ, D. C.; ARAÚJO, R. S.; BECKER, H.; SOUZA, J. R. R.; RICARDO, N. M. P. S.; TREVISAN, M. T. S. **Chitosan/mangiferin particles for Cr(VI) reduction and removal**. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 78 p. 273–279, 2015.

SANTANA, H. S. **Bioadsorção de íons de Cd²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Ni²⁺ e Zn²⁺ pela macrófita aquática *Limnobium spongia***. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D. Temas sociocientíficos (Cachaça e Cerveja) em aulas práticas de Química na educação profissional: uma abordagem CTS. **R. B. C. E. T.**, v. 3, n. 2, p. 98-116, mai./ago. 2010.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p.110-132, dez. 2002.

SANTOS, M. S.; BAGGIO FILHO, H.; ARAUJO, A. D.; FREITAS, M. O.; COSTA, T. M.; HORN, A. H. Análise Da Concentração E Distribuição De Metais Pesados Na Água Do Rio Das Velhas Entre A Cidade De Várzea Da Palma E O Distrito De Barra Do Guaicuí - MG. **Revista Cerrados**, Montes Claros, v. 16, n. 1, p.130-158, jan-jun. 2018.

SANTOS, M. S. **Temas sociocientíficos em aulas práticas de química na educação profissional: uma abordagem CTS**. 2011. 272 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Matemática, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2011.

SCHNORR, S. M.; RODRIGUES, C. G. História e filosofia do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na educação e no ensino de ciências: um estudo bibliográfico. **Xanped Sul**, out. 2014. Disponível em: < http://xanpedsul.faed.udesc.br/arq_pdf/290-0.pdf>. Acesso em 21/08/2019.

SILVA, A. P. M.; ROHLFS, D. B. **Impactos à saúde humana e ao meio ambiente causados pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas**. 2011.

SILVA, F. T. C.; SAMPAIO, C. G.; BARROSO, M. C. S.; BENIGNO, A. P. A. Abordagem da temática agrotóxico no ensino de química na perspectiva CTS/CTSA e Aprendizagem Significativa: um estudo bibliográfico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-39, 2020.

SILVA, P. B. C. **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE NA AMÉRICA LATINA NAS DÉCADAS DE 60 E 70: ANÁLISE DE OBRAS DO PERÍODO**. 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2015.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. 8ª ed., São Paulo: Cengage, 2006.

SOARES, A. F. S. S.; DINIZ, P. S.; SILVA, L. F. M. VALORAÇÃO DOS DANOS AOS RECURSOS HÍDRICOS DECORRENTES DOS RESÍDUOS DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO EM BRUMADINHO-MG. **II CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE**. Foz do Iguaçu: IBEAS, 2019.

SOARES, A. F. S.; SOARES, F. S. Avaliação da qualidade da água do rio paraopeba em brumadinho, após rompimento da barragem B1 e considerações técnicas acerca da alteração do ponto de captação nesse manancial para abastecimento da região metropolitana de belo horizonte. **XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, IBEAS, Vitória, Espírito Santo, 2019.

SOUSA, K. R. P.; VASCONCELOS, S. M., SILVA, M. D. B. Educação Ambiental e Ensino de Ciências: o lixo como tema gerador de uma sequência didática nas aulas de química. **REnCiMa**, v. 11, n. 6, p. 268-288, São Paulo, out./dez. 2020.

SOUZA, J. R. T.; BRITO, L. P. Análise de aproximações das concepções presentes em questões associadas ao ensino de química aplicadas ao novo Enem com as concepções do enfoque CTS. **Revista em Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 15, n. 33, p. 116-133, jan./jun. 2019.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, v. 31, n. 61, p. 21-44, Uberlândia, jan./abr. 2017.

TEIXEIRA, J. S.; SANTOS, E. V.; PEREIRA, M. G.; CARVALHO, K. A.; SOUZA, L. D.; OLIVEIRA, R. B. Síntese, caracterização e aplicação de hidrotalcita na remoção de metais presentes em água produzida do petróleo. **20º congresso brasileiro de catalise**, São Paulo, set. 2019.

VACHESKI, G. M. O. **ATIVIDADES SOB A PERSPECTIVA CTS NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA: IMPLICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DOCENTE**. 2016. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; PINHEIRO, N. A. M. O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma Revisão. **I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Paraná, p.98, 2009.

VENTURA, M. M. **O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa**. Ver. SOCERJ. v. 5, n. 20, p. 383-386, 2007.

VIEIRA, R. S. Rio+20 – conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: contexto, principais temas e expectativas em relação ao novo “direito da sustentabilidade”. **Revista NEJ - Eletrônica**, v. 17, n. 1, p. 48-69, jan./abr. 2012.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE A – DOCUMENTOS SUBMETIDOS AO CONSELHO DE ÉTICA EM PESQUISA DO IFCE



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Ensino de Química Ambiental com abordagem CTSA: um estudo contextualizado sobre metais tóxicos e sua remoção pela técnica de adsorção

Pesquisador: Caio Rômulo Freitas Silva

Orientadora: Caroline de Goes Sampaio

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Como a abordagem CTSA pode contribuir para um ensino contextualizado de Química Ambiental? Como a compreensão da temática de poluição de recursos hídricos por metais tóxicos e seu tratamento pode ser facilitada para os discentes através da aplicação deste movimento no ensino? Para responder a estes questionamentos norteadores, esta pesquisa tem por objetivo ensinar Química Ambiental pela perspectiva CTSA, aplicando a técnica de adsorção na remoção de metais tóxicos da água como ferramenta de ensino.

Objetivo Geral da pesquisa:

- Aplicar a abordagem CTSA no ensino de Química ambiental no Curso Superior de Licenciatura em Química do IFCE – *Campus* Maracanaú utilizando a poluição da água por metais tóxicos como tema contextualizador e a técnica de adsorção para tratamento de remoção dos contaminantes.

Objetivos específicos da pesquisa:

- Promover uma discussão a respeito da poluição dos recursos hídricos por metais tóxicos através do ensino contextualizado com abordagem CTSA;
- Aplicar o conteúdo da técnica de adsorção como uma ferramenta de contextualização de ensino no tratamento de água contaminada com metais tóxicos;
- Verificar a contribuição, por meio de questionário, do conteúdo abordado nas aulas de Química Ambiental e a importância do enfoque CTSA.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a responder questionário e a gravações de áudio e/ou vídeo sempre que necessário durante o período de aplicação desta pesquisa. Os procedimentos descritos ocorrerão de forma remota, com encontros através do aplicativo *Google Meet*, na disciplina de Química Analítica

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



III do Curso de Química do IFCE – *Campus* Maracanaú, obedecendo-se aos horários da disciplina, não sendo necessária a presença no *campus* em outros períodos. Somente o pesquisador e a orientadora terão acesso aos materiais coletados e a identidade dos participantes será mantida em sigilo absoluto. A aplicação de questionários deve ocorrer dentro do tempo de uma (1) aula, que corresponde a 50 minutos. Ao fim da pesquisa, os dados serão discutidos pelos pesquisadores envolvidos e, em seguida, os materiais coletados na forma de questionário e entrevista de áudio e/ou vídeo serão descartados, ficando em posse dos pesquisadores por um período máximo de 12 meses após o término da aplicação da pesquisa.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deve participar deste estudo caso sentir algum tipo de desconforto dentro das condições da aplicação da pesquisa ou possuir impossibilidade de seguir as orientações do pesquisador, pois esta pesquisa envolve a participação de forma remota, requerendo condições adequadas de equipamentos (celular, tablet, computador *etc.*) e conexão com a internet nas dependências em que se encontrar o participante.

Ao participar desta pesquisa o sujeito está exposto aos seguintes riscos/desconfortos:

- Riscos ergonômicos

Acontecem devido aos esforços repetitivos que prejudicam a postura do profissional, causando lesões graves e que podem afetar a realização de suas atividades. São considerados riscos ergonômicos todas as ações que podem interferir nas características psicofisiológicas do profissional. Os melhores exemplos desses riscos são: levantamento de peso, execução de movimentos repetitivos, trabalho em turnos muito longos e postura incorreta do trabalhador durante a execução de suas funções. Esse risco é classificado com moderado. Recomenda-se que o participante evite realizar esforços além de suas capacidades e fique atento a posturas e realizações de movimentos repetitivos em excesso, procurando minimizar os riscos de danos físicos.

- Cansaço físico

Pode ser causado pela posição na qual o participante estará conforme acompanha o encontro virtual, bem como pelas condições do local (material e formato da cadeira, mesa, cama ou outro móvel/local que o participante decida utilizar para participar do encontro virtual). Desconfortos mais comuns: tensão muscular nos ombros e pescoço e dores na coluna. Estes desconfortos são considerados como mínimo, pois podem ser facilmente evitados quando se está prepara um ambiente adequado e atenta-se para a postura adequada durante o encontro. Recomenda-se que o participante prepare um local com estrutura adequada para a participação da pesquisa, como local espaçoso e arejado, assento confortável e adequado à altura do participante, pouca interferência sonora (local mais silencioso possível), dentre outros.

- Cansaço visual

O cansaço visual pode ser gerado ao forçar a visão para enxergar em locais com pouca iluminação ou por exposição dos olhos a ambientes como iluminação excessiva (pode ser o caso quando se utilizam aparelhos como celular, tablet e/ou

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



monitor para computador, considerando que estes sejam utilizados com a iluminação relativamente alta). Associado ao cansaço visual, há o risco de ocorrência de dores de cabeça. Recomenda-se ao participante que procure um local bem iluminado e ajuste da iluminação do aparelho ao qual escolher para participar virtualmente desta pesquisa, atentando-se para não forçar os olhos.

- **Riscos de constrangimento**

Seja por razões de qualquer natureza (aparência durante a vídeo chamada, quedas na conexão com a internet, desconforto na fala de outro(s) participante(s), dentre outros exemplos), o participante da pesquisa pode sentir-se constrangido durante os encontros de aplicação da pesquisa. Para o caso de ocorrência de constrangimento, é garantido ao participante o direito de retirar-se do encontro virtual, por tempo determinado ou não, podendo retornar, a depender do estado e vontade do mesmo. Recomenda-se ao participante que não ative o áudio e a câmera do dispositivo ao qual escolher para participar da pesquisa virtualmente, caso sinta que sua voz e/ou imagem possam causar-lhe constrangimento por qualquer que seja o motivo.

Em caso de observação/comunicação de quaisquer um dos riscos mencionados anteriormente, o Sistema Único de Saúde (SUS) deverá ser acionado, de modo a fornecer as devidas providências para assegurar a saúde do participante e minimizar os danos a sua saúde.

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Espera-se, no entanto, que este estudo produza informações importantes sobre a abordagem CTSA utilizada nas aulas de Química Analítica, de forma que o conhecimento construído a partir desta pesquisa possa subsidiar futuras adesões a mesma metodologia, onde o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos.

Acompanhamento e assistência:

Caso o participante necessite de algum acompanhamento ou assistência poderá solicitar aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa. Se assim o desejar, poderá solicitar a interrupção da participação na pesquisa, se a mesma estiver lhe causando algum desconforto.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados deste estudo, seu nome não será citado. Qualquer gravação (áudio e/ou vídeo) e/ou questionário aplicados durante a pesquisa será(ão) mantido(s) em posse do pesquisador responsável por um período de 5 anos. Passado este período, todo o material será descartado.

Ressarcimento e indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

**Contato:**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Caio Rômulo Freitas Silva ou Caroline de Goes Sampaio, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-531, Coordenação do Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciência e Matemática (PGECEM, sala 141), fone (85) 98653-5529 (Caio Rômulo), e-mail: caioromulofs@gmail.com.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs as 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 510/16 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



Nome do(a) pesquisador(a):

[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

Rubrica do pesquisador:_____

Rubrica do participante:_____



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Mediante o presente documento, firmamos o compromisso de anexar os resultados da pesquisa intitulada "ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL COM ABORDAGEM CTSA: UM ESTUDO CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS E SUA REMOÇÃO PELA TÉCNICA DE ADSORÇÃO" na Plataforma Brasil, garantindo-se o sigilo à identidade dos participantes, propriedades intelectuais e patentes industriais, conforme determinado pela Norma Operacional nº 001/2013 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), alínea c, do dispositivo 3.3.

Ademais, declaramos conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo CNS, e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Maracanaú, 19 de agosto de 2019.

Caio Rômulo Freitas Silva

Caio Rômulo Freitas Silva

Caroline de Goes Sampaio

Caroline de Goes Sampaio



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

DECLARAÇÃO DE GARANTIA DE REGRESSO DOS BENEFÍCIOS DA PESQUISA

Mediante o presente documento, garantimos o retorno dos resultados obtidos. Os participantes desta pesquisa não terão nenhum benefício direto. Espera-se, no entanto, que a aplicação deste estudo produza informações relevantes sobre ao uso da abordagem CTSA nas aulas de Química Ambiental, resultantes da pesquisa intitulada "ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL COM ABORDAGEM CTSA: UM ESTUDO CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS E SUA REMOÇÃO PELA TÉCNICA DE ADSORÇÃO" aos participantes, consoante alínea d, do dispositivo 3.3, da Norma Operacional nº 001/2013 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Ademais, declaramos conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo CNS, e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

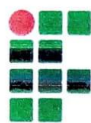
Maracanaú, 19 de agosto de 2019.

Caio Rômulo Freitas Silva

Caio Rômulo Freitas Silva

Caroline de Goes Sampaio

Caroline de Goes Sampaio



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Ceará

ORÇAMENTO

Segue o orçamento previsto para a execução do projeto intitulado "ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL COM ABORDAGEM CTSA: UM ESTUDO CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS E SUA REMOÇÃO PELA TÉCNICA DE ADSORÇÃO" a ser realizado pelos pesquisadores Caio Rômulo Freitas Silva e Caroline de Goes Sampaio.

Neste âmbito, ressaltamos que os valores relacionados ao ressarcimento dos participantes da pesquisa, assim como os referentes à indenização aos danos decorrentes da realização desse trabalho, serão cobertos (ou pagos) pelos (as) pesquisadores (as) Caio Rômulo Freitas Silva e Caroline de Goes Sampaio.

Descrição da despesa	Tipo (Capital ou custeio)	Valor
Computador desktop	Capital	R\$ 1.500,00
Impressões e Xerox	Custeio	R\$ 50,00
Créditos de operadoras telefônicas (compra de pacotes de internet)	Custeio	R\$ 200,00
Total		R\$ 1.750,00

Maracanaú, 28 de setembro de 2019.

Caio Rômulo Freitas Silva
Caio Rômulo Freitas Silva



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Ceará

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

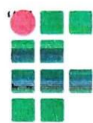
Eu, João Cláudio Nunes Carvalho, coordenador de Extensão, Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Maracanaú, autorizo a realização do projeto intitulado “ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL COM ABORDAGEM CTSA: UM ESTUDO CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS E SUA REMOÇÃO PELA TÉCNICA DE ADSORÇÃO” pelos pesquisadores Caio Rômulo Freitas Silva e Caroline de Goes Sampaio, que envolverá a regência de conteúdos concernentes a área de pesquisa, aulas práticas em Laboratório de Química, realização de entrevista e aplicação de questionários com os participantes do estudo, e será iniciado após a aprovação pelo Sistema CEP-CONEP.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Maracanaú está ciente de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para desenvolvê-la em conformidade às diretrizes e normas éticas. Ademais, ratifico que não haverá quaisquer implicações negativas aos alunos que não desejarem ou desistirem de participar do projeto.

Declaro, outrossim, na condição de representante desta organização, conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE.

Maracanaú, 19 de agosto de 2019.

João Cláudio Nunes Carvalho



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Ceará

PREVISÃO DO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Segue a previsão do cronograma de execução do projeto intitulado "ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL COM ABORDAGEM CTSA: UM ESTUDO CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS E SUA REMOÇÃO PELA TÉCNICA DE ADSORÇÃO" a ser realizado pelos pesquisadores Caio Rômulo Freitas Silva e Caroline de Goes Sampaio.

Neste âmbito, ressaltamos que a citada pesquisa será iniciada somente após a sua aprovação pelo Sistema CEP-CONEP, conforme disposto nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, (no item 10 da seção X3, no capítulo X), apresentadas pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), e no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE, em seu art. 35.

FASE	PERÍODO	
	Início	Término
Apresentação da pesquisa	16/10/2020	16/10/2020
Assinatura do TCLE	16/10/2020	16/10/2020
Aplicação dos questionários "Início" e "COCTS" (teste)	16/10/2020	16/10/2020
Aula teórica sobre a abordagem CTSA	16/10/2020	16/10/2020
Aula teórica de sobre metais tóxicos	22/10/2020	22/10/2020
Aula teórica sobre poluição da água por metais tóxicos	22/10/2020	22/10/2020
Aula teórica sobre a técnica de adsorção	22/10/2020	22/10/2020
Aplicação dos questionários "Fim" e "COCTS" (reteste)	23/10/2020	23/10/2020

Maracanaú, 28 de setembro de 2020

Caio Rômulo Freitas Silva

Caio Rômulo Freitas Silva

APÊNDICE B – QUESTÕES EXTRAÍDAS DO COCTS PARA APLICAÇÃO NA PESQUISA



Questões extraídas do COCTS para aplicação na pesquisa

QUESTÃO	ENUNCIADO
10111	Definir o que é a ciência é difícil porque ela é complexa e engloba muitas coisas. Mas a ciência é, principalmente:
10211	Definir o que é a tecnologia pode ser difícil porque esta serve para muitas coisas. Mas a tecnologia, PRINCIPALMENTE, é:
40451	Precisamos nos preocupar com problemas de poluição que são insolúveis hoje. A ciência e a tecnologia não precisam necessariamente resolver esses problemas no futuro. Ciência e tecnologia NÃO PODEM corrigir tais problemas:
40821	A ciência influencia a sociedade?
80131	Quando se desenvolve uma nova tecnologia (por exemplo, um computador novo, um reator nuclear, um míssil ou um medicamento novo para curar o câncer), esta pode ser posta em prática ou não. A decisão de usar a nova tecnologia depende de as vantagens para a sociedade compensarem a desvantagens.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO APLICADO NO INÍCIO DO CRONOGRAMA DA PESQUISA



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

Questionário diagnóstico inicial

01. Você já ouviu falar no movimento CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente)?

02. Na sua concepção, contextualizar os conteúdos de Química facilita a compreensão? Justifique sua resposta.

03. Ressignificar os conteúdos teóricos de Química, relacionando-os ao cotidiano, colabora com a aprendizagem? Fale um pouco sobre sua visão.

04. Você acredita que a contextualização e discussão dos conteúdos de Química contribuem com a formação de um indivíduo mais crítico? Discuta sobre seu ponto de vista.

05. Em sua opinião, como o ensino de química pode ser facilitado? Descreva.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO APLICADO AO FIM DO CRONOGRAMA DA PESQUISA

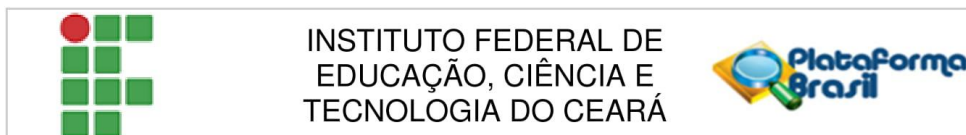


INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

Questionário diagnóstico sobre a aplicação da pesquisa

01. Durante as discussões acerca da problemática de contaminação da água por metais pesados, propôs-se a técnica de adsorção como solução. Após participar desta aula, qual a sua visão sobre a importância da técnica mencionada no tratamento da contaminação da água por metais pesados? Fale brevemente sobre.
02. Qual relevância você identifica a respeito do tema “Poluição da água por metais tóxicos e o tratamento pela técnica de adsorção” estudado? Discorra sobre.
03. Sobre o estudo de metais pesados e adsorção realizado, você consegue enxergar alguma relação no cotidiano? Quais?
04. Construa um relatório acerca dos estudos realizados em nossos encontros, elencando os seguintes pontos:
 1. A contextualização com a temática de poluição por metais tóxicos ajudou na compreensão?
 2. Quais pontos positivos e negativos você enxerga na abordagem CTSA? Cite pelo menos 1 para cada.
 3. Enquanto professor em formação, você utilizaria a abordagem CTSA em suas aulas?

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DE APROVAÇÃO DO PROJETO SUBMETIDO AO CONSELHO DE ÉTICA EM PESQUISA DO IFCE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: ENSINO DE QUÍMICA AMBIENTAL COM ABORDAGEM CTSA: UM ESTUDO CONTEXTUALIZADO SOBRE METAIS TÓXICOS E SUA REMOÇÃO PELA TÉCNICA DE ADSORÇÃO

Pesquisador: Caio Rômulo Freitas Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 26071519.0.0000.5589

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO CEARA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.324.384

Apresentação do Projeto:

Resumo:

Esta pesquisa faz parte do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática do IFCE - Campus Fortaleza e tem por objetivo Aplicar a abordagem CTSA no ensino de Química ambiental no Curso Superior de Licenciatura em Química do IFCE – Campus Maracanaú utilizando a poluição da água por metais tóxicos como tema contextualizador e a técnica de adsorção para tratamento de remoção dos contaminantes. Será utilizada uma abordagem quanti-qualitativa através de um "Estudo de Caso" para a realização desta pesquisa, com aplicação de questionários e entrevistas, de modo a obterem-se informações, as quais serão analisadas e discutidas. Espera-se poder contribuir com mais informações acerca da abordagem CTSA de ensino, proporcionando subsídios para outras pesquisas dentro desta área.

Descrição do público-alvo e das etapas de aplicação da pesquisa

Em virtude da Pandemia do Novo Coronavírus (COVID-19), e seguindo-se os protocolos de segurança sanitária estabelecidos pelo governo, propõe-se a aplicação desta pesquisa será no formato remoto (virtual), através da plataforma Google Meet, com a turma de Química Analítica III do Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Maracanaú, com alunos de faixa etária entre 18 a 30 anos que

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

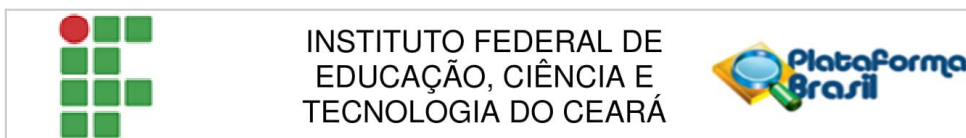
UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

CEP: 60.410-426

E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 4.324.384

estejam matriculados na disciplina mencionada. Serão trabalhadas aulas teóricas direcionadas para o assunto de Espectrometria de Absorção Atômica, unidade que está prevista no PUD da disciplina mencionada, disponível no site oficial do IFCE – Campus Maracanaú. A escolha desta disciplina para a aplicação da pesquisa se dá pelo fato de o conteúdo de Espectrometria de Absorção Atômica contemplar a Técnica de adsorção, ferramenta de solução proposta para a problemática, e permitir a contextualização do assunto utilizando a temática de poluição da água por metais tóxicos, atendendo aos objetivos desta pesquisa.

Serão realizados 3 encontros virtuais com a turma (dias 16/10/2020, 22/10/2020 e 23/10/2020). As atividades a serem desenvolvidas estão descritas em fase e data na tabela a seguir (Tabela 1):

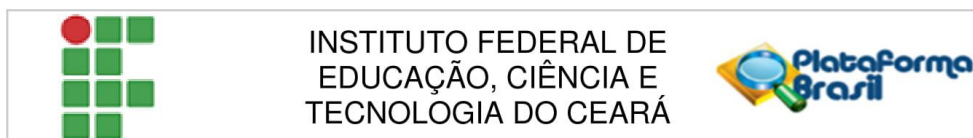
No primeiro encontro, dia 16/10/2020, será apresentada a pesquisa, esclarecendo-se os objetivos, a abordagem adotada nas aulas e será requerido aos participantes a permissão/autorização para a realização de registros fotográficos, audiovisuais e aplicação de entrevistas e/ou questionários. Caso concordem, será disponibilizado, em duas vias, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para que os discentes assinem, mantendo uma das vias consigo. Os registros fotográficos e audiovisuais têm o intuito de manter fontes de informação na construção da dissertação, além de permitir a observação da aula a partir de um referencial diferente. Após a assinatura do TCLE, os participantes responderão aos questionários "Início" e "COCTS", a fim de coletar dados quanto ao conhecimento dos mesmos sobre a abordagem CTSA a ser utilizada. Por fim, haverá uma aula teórica expositiva sobre o Movimento CTSA, de modo a fazê-los conhecer esta abordagem de modo mais aprofundado.

No segundo encontro, dia 22/10/2020, ocorrerá uma aula teórica expositiva sobre "Introdução sobre metais tóxicos", onde será discutido o que são, sua origem e como pode ser um malefício para os seres vivos, sobre "Poluição da água por metais tóxicos", onde serão abordados os aspectos negativos sobre a este tipo de poluição e o que dizem as legislações brasileiras a este respeito, e sobre "A técnica de adsorção", em que serão abordados seus aspectos teóricos, aplicações práticas e como esta pode intervir como uma solução para a problemática definida nesta pesquisa.

Ao último dia, 23/10/2020, se reservará à aplicação dos questionários "Fim" e "COCTS". O questionário "Fim" tem o objetivo de coletar informações a respeito do rendimento das aulas teóricas expositivas. Já o "COCTS" é um questionário específico da área de pesquisa em CTSA para coletarem-se dados a respeito da contribuição desta abordagem, no caso específico desta pesquisa, no ensino de Química.

REITERA-SE QUE TODAS AS ETAPAS DESTA PESQUISA OCORRERÃO DE MODO VIRTUAL, DEVIDO A

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703		CEP: 60.410-426
Bairro: Jardim América		
UF: CE	Município: FORTALEZA	
Telefone: (85)3401-2332	E-mail: cep@ifce.edu.br	



Continuação do Parecer: 4.324.384

PANDEMIA DO NOVO CORONAVÍRUS (COVID-19). OS PROCEDIMENTOS ADOTADOS SEGUEM OS PROTOCOLOS DE COMBATE E PREVENÇÃO AO VÍRUS.

Critério de Inclusão:

Farão parte desta pesquisa alunos com faixa etária entre 18 e 30 anos que estejam matriculados, no semestre vigente, na disciplina de Química Analítica III da matriz curricular vigente do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Maracanaú.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral

- Aplicar a abordagem CTSA no ensino de Química ambiental no Curso Superior de Licenciatura em Química do IFCE – Campus Maracanaú utilizando a poluição da água por metais tóxicos como tema contextualizador e a técnica de adsorção para tratamento de remoção dos contaminantes.

Objetivos Específicos:

- Promover uma discussão a respeito da poluição dos recursos hídricos por metais tóxicos através do ensino contextualizado com abordagem CTSA;
- Aplicar o conteúdo da técnica de adsorção como uma ferramenta de contextualização de ensino no tratamento de água contaminada com metais tóxicos;
- Verificar a contribuição, por meio de questionário, do conteúdo abordado nas aulas de Química Ambiental e a importância do enfoque CTSA.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Desconfortos e riscos:

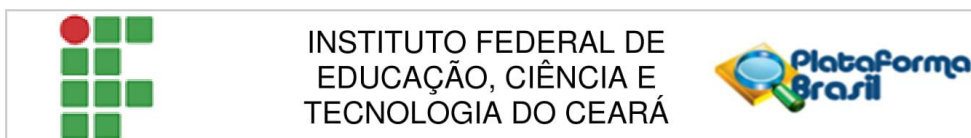
Você não deve participar deste estudo caso sentir algum tipo de desconforto dentro das condições da aplicação da pesquisa ou possuir impossibilidade de seguir as orientações do pesquisador, pois esta pesquisa envolve a participação de forma remota, requerendo condições adequadas de equipamentos (celular, tablet, computador etc.) e conexão com a internet nas dependências em que se encontrar o participante.

Ao participar desta pesquisa o sujeito está exposto aos seguintes riscos/desconfortos:

- Riscos ergonômicos

Acontecem devido aos esforços repetitivos que prejudicam a postura do profissional, causando lesões graves e que podem afetar a realização de suas atividades. São considerados riscos ergonômicos todas as ações que podem interferir nas características psicofisiológicas do

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703	CEP: 60.410-426
Bairro: Jardim América	
UF: CE	Município: FORTALEZA
Telefone: (85)3401-2332	E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 4.324.384

profissional. Os melhores exemplos desses riscos são: levantamento de peso, execução de movimentos repetitivos, trabalho em turnos muito longos e postura incorreta do trabalhador durante a execução de suas funções. Esse risco é classificado com moderado.

• **Cansaço físico**

Pode ser causado pela posição na qual o participante estará conforme acompanha o encontro virtual, bem como pelas condições do local (material e formato da cadeira, mesa, cama ou outro móvel/local que o participante decida utilizar para participar do encontro virtual). Desconfortos mais comuns: tensão muscular nos ombros e pescoço e dores na coluna. Estes desconfortos são considerados como mínimo, pois podem ser facilmente evitados quando se está prepara um ambiente adequado e atenta-se para a postura adequada durante o encontro.

• **Cansaço visual**

O cansaço visual pode ser gerado ao forçar a visão para enxergar em locais com pouca iluminação ou por exposição dos olhos a ambientes como iluminação excessiva (pode ser o caso quando se utilizam aparelhos como celular, tablet e/ou monitor para computador, considerando que estes sejam utilizados com a iluminação relativamente alta). Associado ao cansaço visual, há o risco de ocorrência de dores de cabeça.

• **Riscos de constrangimento**

Seja por razões de qualquer natureza (aparência durante a vídeo chamada, quedas na conexão com a internet, desconforto na fala de outro(s) participante(s), dentre outros exemplos), o participante da pesquisa pode sentir-se constrangido durante os encontros de aplicação da pesquisa. Para o caso de ocorrência de constrangimento, é garantido ao participante o direito de retirar-se do encontro virtual, por tempo determinado ou não, podendo retornar, a depender do estado e vontade do mesmo.

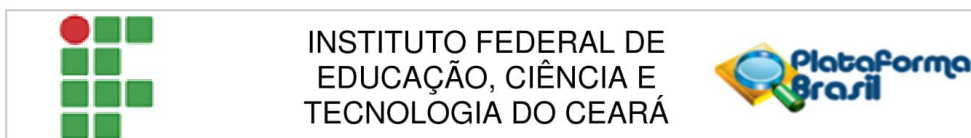
Benefícios:

Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Espera-se, no entanto, que este estudo produza informações importantes sobre a abordagem CTSA utilizada nas aulas de Química Analítica, de forma que o conhecimento construído a partir desta pesquisa possa subsidiar futuras adesões a mesma metodologia, onde o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma emenda ao projeto submetido anteriormente ao CEP.

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703	CEP: 60.410-426
Bairro: Jardim América	
UF: CE	Município: FORTALEZA
Telefone: (85)3401-2332	E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 4.324.384

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados: Informações Básicas do Projeto; TCLE, Projeto, Cronograma, Declaração de infraestrutura, Questionários, Folha de rosto, Declaração de garantia de regresso dos benefícios da pesquisa, Declaração de compromisso de apresentação dos resultados, Orçamento

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Foram encontradas pendências que devem ser corrigidas:

1. No documento Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_emenda.pdf de 26/09/2020

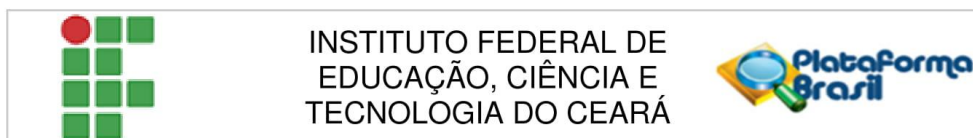
1.1 Lê-se em Procedimentos: "os materiais coletados na forma de questionário e entrevista de áudio e/ou vídeo serão descartados, ficando em posse dos pesquisadores por um período máximo de 12 meses após o término da aplicação da pesquisa." Solicita-se: Informar ao participante que os dados serão armazenado por cinco anos. (Res. CNS 510/2016, Art 28, IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa)

1.2 Lê-se em Desconfortos e riscos: "Você não deve participar deste estudo caso sentir algum tipo de desconforto dentro das condições da aplicação da pesquisa ou possuir impossibilidade de seguir as orientações do pesquisador, pois esta pesquisa envolve a participação de forma remota, requerendo condições adequadas de equipamentos (celular, tablet, computador etc.) e conexão com a internet nas dependências em que se encontrar o participante..." Solicita-se: Esclarecer os riscos aos quais o participante da pesquisa está exposto, elencando providências caso eles ocorram e cautelas para possibilitar evita-los (Res. 510, "Art. 19. O pesquisador deve estar sempre atento aos riscos que a pesquisa possa acarretar aos participantes em decorrência dos seus procedimentos, devendo para tanto serem adotadas medidas de precaução e proteção, a fim e evitar dano ou atenuar seus efeitos");

1.3. Lê-se em Responsabilidade do Pesquisador: "Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido". Solicita-se: trocar a resolução para Res. 510/16, visto que a metodologia do protocolo está organizada a partir das Ciências Humanas e Sociais.

2. Ajustar o cronograma, caso seja necessário, para nova submissão

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703
Bairro: Jardim América **CEP:** 60.410-426
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3401-2332 **E-mail:** cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 4.324.384

Considerações Finais a critério do CEP:

É importante ressaltar que, caso alguma Instituição Coparticipante possua Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), o projeto, também, deverá ser avaliado no CEP da Instituição Coparticipante, após a aprovação no CEP da Instituição Proponente, devendo o pesquisador aguardar, também, a aprovação na Instituição Coparticipante antes de iniciar sua pesquisa. Logo, recomenda-se/solicita-se que o pesquisador efetue essa verificação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1637982_E1.pdf	28/09/2020 16:14:22		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_pesquisa_emenda.pdf	28/09/2020 16:13:10	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Cronograma	Previsao_do_cronograma_de_execucao_emenda.pdf	28/09/2020 16:10:06	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Orçamento	Orcamento_emenda.pdf	28/09/2020 16:09:55	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Outros	PERGUNTAS_COCTS_emenda.pdf	26/09/2020 21:50:31	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Outros	Questionario_fim_emenda.pdf	26/09/2020 21:49:22	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Outros	Questionario_Inicio_emenda.pdf	26/09/2020 21:47:48	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_emenda.pdf	26/09/2020 21:47:29	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Outros	Questionario_Fim.pdf	21/11/2019 23:21:52	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Outros	Questionario_Inicio.pdf	21/11/2019 23:21:21	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_caio_romulo.pdf	24/10/2019 21:26:08	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Outros	Declaracao_de_regresso_dos_beneficiarios_da_pesquisa.pdf	23/08/2019 12:37:42	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_compromisso_de_apresentacao_dos_resultados.pdf	23/08/2019 12:34:28	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	23/08/2019 12:32:11	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

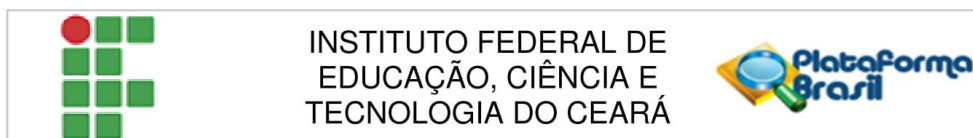
CEP: 60.410-426

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 4.324.384

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido.pdf	23/08/2019 12:31:23	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	23/08/2019 12:30:47	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_de_autorizacao_e_existencia_de_infraestrutura.pdf	23/08/2019 12:30:19	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito
Cronograma	Previsao_do_cronograma_de_execucao.pdf	23/08/2019 12:29:54	Caio Rômulo Freitas Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita Avaliação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 07 de Outubro de 2020

Assinado por:
Jeffé Ferreira da Silva
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703
Bairro: Jardim América **CEP:** 60.410-426
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3401-2332 **E-mail:** cep@ifce.edu.br