



---

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas,  
Sociais e da Natureza  
Multicampi Cornélio Procópio e Londrina

Willian de Oliveira Miranda

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERSPECTIVA CTSA: O POTENCIAL  
DE UMA UNIDADE DIDÁTICA MULTISTRATÉGICA NA  
PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

**LONDRINA - PR  
2026**

**WILLIAN DE OLIVEIRA MIRANDA**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERSPECTIVA CTSA: O POTENCIAL  
DE UMA UNIDADE DIDÁTICA MULTISTRATÉGICA NA  
PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

**Climate Change and the STSE Perspective: The Potential of a  
Multi-Strategic Didactic Unit from an Inquiry-Based Teaching Perspective**

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza – Multicampi Cornélio Procópio e Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza.

Área de Concentração: Ensino, Ciências e Novas Tecnologias.

Linha de Pesquisa: Fundamentos e Metodologias para o Ensino de Ciências da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. José Bento Suart Júnior

**LONDRINA - PR  
2026**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina**



WILLIAN DE OLIVEIRA MIRANDA

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RELAÇÕES CTSA: O POTENCIAL DE UMA UNIDADE DIDÁTICA  
MULTIESTRATÉGICA NA PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Ciências Humanas, Sociais E Da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Área de concentração: Ensino, Ciências E Novas Tecnologias.

Data de aprovação: 12 de Fevereiro de 2026

Dr. Jose Bento Suart Junior, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Marcia Camilo Figueiredo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Vagner Antonio Moralles, Doutorado - Unesp - Iq Instituto de Química de Araraquara

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 12/02/2026.

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam no poder transformador da educação e que, com dedicação e empenho incansáveis, se dedicam continuamente a tornar a escola um espaço mais humano, justo e significativo.

Dedico também aos dias difíceis, que exigiram persistência, e aos momentos de esperança, que renovaram o sentido de continuar.

Que este trabalho represente não apenas um ponto de chegada, mas a continuidade de novos começos.

## AGRADECIMENTOS

Quando sonhei em chegar até aqui, pedi a Deus que me guiasse e me concedesse sabedoria ao longo dessa jornada. Sou profundamente grato a Ti por esta oportunidade e por todas as experiências que me foram proporcionadas.

À minha esposa, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos mais difíceis e por estar sempre ao meu lado, incentivando-me a seguir em frente e por nunca me deixar esquecer o propósito deste sonho.

Aos meus filhos, razão maior da minha vida e fonte diária de inspiração. Cada esforço, cada renúncia e cada conquista são, e sempre serão, por vocês.

À minha família, base de tudo o que sou, sempre acreditou em mim e se orgulhou de minha trajetória. Em especial, aos meus pais, que, com suas cobranças e ensinamentos, me motivaram a buscar ser alguém melhor a cada dia.

A todos que, de alguma forma, contribuíram durante essa caminhada, seja por meio de uma palavra de incentivo, apoio ou diálogo.

Ao colégio e aos estudantes, que me acolheram com carinho e tornaram possível a realização desta pesquisa. Vocês não apenas participaram deste trabalho, mas deram sentido a ele.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, pelos conhecimentos compartilhados, pelo apoio institucional e pela oportunidade de concretizar esta conquista.

E, de forma muito especial, ao meu orientador, Professor Dr. José Bento Suart Júnior, que ultrapassou o papel de orientador e se tornou um verdadeiro amigo. Sua escuta, sua paciência, sua confiança e seus ensinamentos foram fundamentais não apenas para a construção deste trabalho, mas para minha formação como pesquisador e como pessoa. Levo comigo um aprendizado que vai muito além das páginas desta dissertação.

*"O objetivo principal da educação é criar homens capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que as outras gerações fizeram".*

Jean Piaget

## RESUMO

Esta pesquisa propõe uma reflexão sobre o paradigma educacional contemporâneo, reconhecendo que a aprendizagem não ocorre de forma linear e que o uso de diferentes estratégias didáticas no contexto escolar atribui novos significados às experiências de ensino e aprendizagem, favorecendo a participação e a construção do conhecimento pelos estudantes. O objetivo foi investigar a contribuição de uma metodologia ativa, desenvolvida por meio de sequências didáticas sobre mudanças climáticas, para a promoção da Alfabetização Científica e o fortalecimento de uma formação científica crítica, contextualizada e alinhada à perspectiva CTSA. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, desenvolvida com uma turma do 2º ano do Ensino Médio em um Colégio Estadual de Londrina, Paraná. A fundamentação teórica apoia-se na Alfabetização Científica, na abordagem CTSA e nas questões sociocientíficas como eixos para promover uma formação crítica e participativa, defendendo um ensino de Ciências que supere a transmissão de conteúdos e evidencie as inter-relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente por meio de estratégias didáticas ativas. Nesse contexto, a Unidade Didática Multiestratégica foi adotada como modelo formativo para a organização de quatro sequências didáticas, fundamentadas na abordagem metodológica do Ensino por Investigação, tendo um Caso Investigativo como estratégia central para integrar conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, articulando aulas expositivas e dialogadas, atividades experimentais, produção de cartas-resposta e aplicação de questionários. A coleta de dados incluiu cartas-resposta iniciais e finais referentes ao Caso Investigativo, além de entrevistas. A análise de conteúdo foi utilizada como metodologia de análise de dados, permitindo identificar concepções prévias, obstáculos epistemológicos e avanços conceituais dos estudantes. Os resultados indicaram que os alunos evoluíram de análises simplificadas para interpretações mais complexas e integradoras, articulando conceitos científicos a contextos socioambientais. Conclui-se que a articulação entre a Alfabetização Científica, a perspectiva CTSA e questões sociocientíficas, como as mudanças climáticas, mediada pela Unidade Didática Multiestratégica, potencializa o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, superando práticas tradicionais de ensino e reafirmando a relevância de metodologias ativas no Ensino de Ciências.

**Palavras-chave:** Ensino por Investigação; CTSA; Mudanças Climáticas; Unidade Didática Multiestratégica; Metodologias Ativas.

## ABSTRACT

This research proposes a reflection on the contemporary educational paradigm, recognizing that learning does not occur in a linear manner and that the use of different teaching strategies in the school context assigns new meanings to teaching and learning experiences, fostering student participation and knowledge construction. The objective was to investigate the contributions of an active methodology, developed through didactic sequences on climate change, to the promotion of Scientific Literacy and the strengthening of a critical, contextualized scientific education aligned with the STSE perspective. This is a qualitative study conducted with a 2nd-year high school class at a state school in Londrina, Paraná. The theoretical framework is grounded in Scientific Literacy, the STSE approach, and socioscientific issues as guiding axes for promoting critical and participatory education, advocating a science teaching approach that goes beyond mere content transmission and highlights the interrelationships among science, technology, society, and the environment through active methodologies. In this context, the Multi-Strategic Didactic Unit was adopted as a formative model for organizing four didactic sequences, grounded in the Inquiry-Based Learning approach, using an Investigative Case as the central strategy to integrate scientific, technological, social, and environmental knowledge, articulating dialogic lectures, experimental activities, the production of response letters, and questionnaires. Data collection included initial and final response letters related to the Investigative Case, as well as interviews. Content analysis was used as the data analysis methodology, allowing the identification of students' prior conceptions, epistemological obstacles, and conceptual advances. The results indicated that students progressed from simplified analyses to more complex and integrative interpretations, connecting scientific concepts to socio-environmental contexts. It is concluded that the articulation among Scientific Literacy, the STSE perspective, and socioscientific issues, such as climate change, mediated by the Multi-Strategic Didactic Unit, enhances the development of critical and scientific thinking, overcoming traditional teaching practices and reaffirming the relevance of active methodologies in Science Education.

**Keywords:** Inquiry-Based Teaching; STSE; Climate Change; Multi-Strategic Didactic Unit; Active Methodologies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do conceito de Alfabetização Científica.....	21
Figura 2 - Sistematização do planejamento de uma Unidade Didática Multiestratégica.....	54
Figura 3 - Mapa Conceitual da Unidade Didática Multiestratégica.....	71
Figura 4 - Modelo de tomada de decisão de Kortland.....	76

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Publicações encontradas na busca avançada de Periódicos da CAPES.....	33
Quadro 2 - Metodologias ativas.....	47
Quadro 3 - Tarefa 1 da UDM.....	54
Quadro 4 - Tarefa 2 da UDM.....	55
Quadro 5 - Tarefa 3 da UDM.....	56
Quadro 6 - Tarefa 4 da UDM.....	57
Quadro 7 - Tarefa 5 da UDM.....	58
Quadro 8 - Estrutura do processo cognitivo na taxonomia de Bloom – revisada.....	59
Quadro 9 - Tarefa 6 e 7 da UDM.....	60
Quadro 10 - Planejamento da UDM.....	74
Quadro 11 - Contextualização CTSA no Caso Investigativo.....	88
Quadro 12 - Divisão dos alunos em seus respectivos grupos.....	89
Quadro 13 - Análise das cartas-resposta iniciais.....	90
Quadro 14 - Análise das cartas-resposta finais.....	94
Quadro 15 - Análise das entrevistas.....	100
Quadro 16 - Reestruturação do planejamento da UDM.....	105

## **LISTA DE SIGLAS**

**BNCC** – Base Nacional Comum Curricular

**CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**CI** – Caso Investigativo

**CN** – Ciências da Natureza

**CNPq** – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**CTS** – Ciência, Tecnologia e Sociedade

**CTSA** – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

**CSC** – Controvérsia Sociocientífica

**EI** – Ensino por Investigação

**ENPEC** – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

**EUA** – Estados Unidos da América

**IBCEC** – Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura

**LDBEN** – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

**PCNs** – Parâmetros Curriculares Nacionais

**SD** – Sequência Didática

**UDM** – Unidade Didática Multiestratégica

## SUMÁRIO

1	MOTIVAÇÕES PESSOAIS.....	13
2	INTRODUÇÃO.....	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1	ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO CTSA.....	19
3.2	A PERSPECTIVA CTSA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	22
3.3	DISCUSSÃO DE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS.....	26
3.4	MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA.....	28
3.4.1	ENSINO DE CIÊNCIAS E PRODUÇÕES SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS... 31	
4	O ENSINO TRADICIONAL DE CIÊNCIAS E SUAS LIMITAÇÕES.....	39
5	METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	45
6	PROBLEMA DE PESQUISA.....	49
7	PERCURSO METODOLÓGICO.....	51
7.1	PESQUISA QUALITATIVA.....	51
7.2	A PROPOSTA DIDÁTICA.....	52
7.2.1	UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA.....	52
7.3	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	61
7.3.1	ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	62
7.3.2	CASOS INVESTIGATIVOS.....	65
7.5	UDM - PRODUTO EDUCACIONAL.....	68
7.6	CONTEXTO DA PESQUISA.....	79
7.7	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS.....	80
7.8	INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	82
8	RESULTADOS.....	83
8.1	RESOLVENDO O CASO INVESTIGATIVO.....	83
8.2	ANÁLISE DAS CARTAS-RESPOSTA INICIAIS.....	88
8.3	ANÁLISE DAS CARTAS-RESPOSTA FINAIS.....	93
8.4	ANÁLISE DAS ENTREVISTAS.....	100
9	REFLEXÕES ACERCA DO PROCESSO PROPOSTO.....	104
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
	REFERÊNCIAS.....	111
	APÊNDICE A – MODELO DE TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO GERAL.....	120
	APÊNDICE B – MODELO DE TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DOS ENTREVISTADOS.....	126
	APÊNDICE C – UDM.....	129

## **1 MOTIVAÇÕES PESSOAIS**

A motivação para a realização desta pesquisa está profundamente vinculada à minha trajetória pessoal, acadêmica e profissional como professor da Educação Básica. A angústia vivenciada no cotidiano da sala de aula, ao perceber as dificuldades em despertar o interesse dos estudantes pela Ciência e em promover o desenvolvimento de um pensamento crítico e cientificamente fundamentado, se constituiu como o principal motor que me conduziu a este estudo. Ao longo dos anos de docência, fui me inquietando cada vez mais com a constatação de que muitos estudantes demonstravam desinteresse pelas aulas de Ciências, tratando o conhecimento científico como algo distante de suas realidades e pouco significativo para suas vidas.

Minha formação inicial na Licenciatura em Ciências Biológicas, cursada na Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), ocorreu em um contexto no qual eu conciliava trabalho e estudo. Naquele momento, a graduação não era compreendida como um projeto central de futuro profissional, mas como uma segunda possibilidade. Ainda assim, minha vivência universitária foi marcada por experiências relevantes, como a participação em projetos de extensão e o envolvimento como bolsista em um projeto na área ambiental, que, embora não estivesse diretamente vinculado à licenciatura, contribuiu significativamente para ampliar minha percepção sobre a importância das questões socioambientais e sua relação com a Ciência.

Ainda durante a graduação, iniciei minha atuação como professor, motivado pela carência de docentes na região onde atuava. Lecionei disciplinas distintas da minha formação inicial, como Química e Física, experiência que, apesar dos desafios, ampliou minha compreensão sobre o ensino de Ciências como um campo integrado. Foi nesse período que comecei a observar, de forma mais sistemática, um desinteresse generalizado por parte dos estudantes. Atuando em uma cidade pequena do interior, percebia que muitos alunos não apresentavam grandes expectativas em relação aos estudos ou ao futuro acadêmico, o que se refletia na pouca valorização da escola e do trabalho docente.

Ao mesmo tempo, me chamava a atenção o fato de que muitas práticas pedagógicas permaneciam praticamente inalteradas ao longo do tempo. As aulas que eu presenciava e, em alguns momentos, reproduzia, eram muito semelhantes àquelas que vivi enquanto estudante do Ensino Médio, e, possivelmente, às vivenciadas por gerações anteriores. Essa constatação

dialoga com críticas já amplamente discutidas no campo do ensino de Ciências, especialmente por autores como Munford e Lima (2007) e Sasseron e Carvalho (2016), que apontam a necessidade de superar práticas centradas na transmissão de conteúdos em favor de propostas que promovam a problematização da realidade. Assim, fui percebendo que a não utilização de estratégias didáticas diversificadas, contextualizadas e desafiadoras contribuía para o afastamento dos estudantes do conhecimento científico, levando-os a enxergar as aulas como monótonas, pouco relevantes e desconectadas de sua realidade.

Após a conclusão da graduação, a impossibilidade de continuidade imediata dos estudos, aliada à instabilidade da atuação como professor temporário, me levou a permanecer por alguns anos fora do ambiente escolar. Nesse período, atuei em um negócio próprio, decisão motivada pela insegurança profissional e pela ausência de garantias de continuidade na carreira docente. No entanto, mesmo afastado da sala de aula, o desejo de retornar à docência e de aprofundar minha formação nunca deixou de existir. Assim, após aprovação em concurso público, retornei à escola com uma nova postura, mais crítica e reflexiva sobre minha prática.

O retorno à docência marcou também a decisão de retomar o vínculo com a universidade. Já residindo em outra cidade, ingressei em uma nova Licenciatura, desta vez em Química, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), buscando ampliar minha formação e fortalecer minha atuação como professor de Ciências. Foi nesse novo contato com o ambiente acadêmico que percebi a necessidade de ir além da graduação, identificando no curso de mestrado uma possibilidade concreta de articular minha experiência docente com a produção de conhecimento no campo do ensino de Ciências. O ingresso no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza (PPGEN) na UTFPR, representou um marco em minha trajetória formativa.

Diante da necessidade de planejar de forma sistemática o desenvolvimento da pesquisa, contei com a orientação acadêmica para estruturar todo o trabalho. Foi nesse contexto que meu orientador sugeriu a utilização de um modelo formativo para auxiliar no planejamento e organização da proposta didática, além de ampliar minha compreensão sobre a importância da articulação entre diferentes estratégias didáticas no ensino de Ciências. Conforme apontam Bego, Ferrarini e Morales (2021), propostas didáticas estruturadas permitem ao professor organizar intencionalmente objetivos, conteúdos, estratégias e avaliações, favorecendo uma prática mais consciente e reflexiva.

A vivência cotidiana no “chão da escola” reforçou em mim a convicção de que os estudantes precisavam assumir um papel mais ativo e protagonista na construção de seus

conhecimentos. De acordo com autores como Azevedo (2004), Carvalho (2013) e Pizzi (2013), as metodologias ativas favorecem o protagonismo discente, a formulação de hipóteses, a argumentação e o desenvolvimento de práticas próximas àquelas da cultura científica. Assim, a adoção dessa abordagem respondeu diretamente à inquietação inicial de promover um ensino mais desafiador, significativo e formativo.

Nesse sentido, a temática das mudanças climáticas foi selecionada por se configurar como uma questão sociocientífica contemporânea, complexa e amplamente discutida na literatura (Gonçalves; Juliani; Santos, 2018; Ganiko-Dutra; Caldeira, 2024), por envolver controvérsias científicas, implicações sociais, políticas, econômicas e ambientais, e por demandar posicionamentos críticos e fundamentados (Vieira; Bazzo, 2007; Krupczak; Lorenzetti; Aires, 2020).

Dessa forma, Alfabetização Científica (AC), articulada à abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), constitui o referencial teórico central desta pesquisa, ao orientar o ensino de Ciências para uma formação cidadã crítica e contextualizada. A AC contribui para o desenvolvimento da capacidade de interpretar fenômenos, argumentar, avaliar informações e tomar decisões fundamentadas em conhecimentos científicos (Sasseron; Carvalho, 2016; Marques; Marandino, 2018), enquanto a perspectiva CTSA favorece a compreensão das inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e a participação crítica dos estudantes diante de questões sociocientíficas (Santos; Mortimer, 2000; Silva; Souza, 2019).

Por fim, uma vez delineado o percurso teórico-metodológico do trabalho, evidencia-se que esta pesquisa emerge de uma trajetória marcada por inquietações docentes, reflexões teóricas e escolhas metodológicas conscientemente articuladas, assumindo o compromisso explícito de contribuir para a consolidação de um ensino de Ciências crítico, contextualizado e socialmente comprometido.

## 2 INTRODUÇÃO

Vivenciamos um contexto de alterações no clima causadas pela ação humana, decorrente da industrialização e da exploração dos recursos naturais, que se tornam cada vez mais irreversíveis e causam ameaças a todos os seres vivos (Ganiko-Dutra; Caldeira, 2024). Surge, então, o desafio de reduzir os impactos dessas mudanças e de encontrar formas de revertê-los, porém, nos deparamos com opiniões divergentes sobre as ações necessárias para identificar soluções. Por isso, é essencial promover debates sobre os temas relacionados à prevenção e às alternativas para solucionar essa emergência ambiental, especialmente no âmbito educacional.

No campo do ensino de Ciências, tais discussões ganham relevância ao se configurarem como questões sociocientíficas, demandando uma formação que ultrapasse a mera transmissão de conceitos e se oriente pelos pressupostos da AC, que compreende a capacidade dos sujeitos de mobilizar conhecimentos científicos para interpretar fenômenos, analisar informações, posicionar-se criticamente e tomar decisões fundamentadas em contextos sociais concretos (Sasseron, 2015). Associada a essa perspectiva, a abordagem CTSA contribui para evidenciar as inter-relações entre a produção do conhecimento científico, o desenvolvimento tecnológico, as dinâmicas sociais e os impactos ambientais, favorecendo uma compreensão mais ampla, crítica e contextualizada da Ciência (Santos; Auler, 2011).

Para Junges e Massoni (2018), é importante abordar questões sociocientíficas que geram polêmicas, considerando a urgência de uma formação científica que leve em conta os diversos aspectos da nossa sociedade, já que é essencial um ensino de Ciências pautado na criticidade, que apresente uma compreensão mais pragmática da Ciência, ressaltando seu caráter sujeito a debates e incertezas e reconhecendo que o conhecimento científico é provisório, passível de falhas e está permanentemente em construção. Nesse sentido, a abordagem CTSA é particularmente pertinente, ao possibilitar a problematização das dimensões éticas, políticas e ambientais que atravessam tais discussões.

Diante das discordâncias em relação às mudanças climáticas, resultando em diferentes posicionamentos sobre o assunto, podemos classificar as discussões sobre as mudanças do clima como um tema controverso (Gonçalves; Juliani; Santos, 2018). Compreendemos que um tópico é rotulado como controverso quando é valorizado por um grupo significativo de

indivíduos e, simultaneamente, aborda questões subjetivas que tornam impossível sua resolução apenas com base em evidências analíticas.

De acordo com Vieira e Bazzo (2007), a inserção de discussões sobre controvérsias científicas tem o potencial de estimular o educando a sentir-se parte da sociedade em que vive, a se interessar pelos seus problemas e a participar das discussões decorrentes das interações entre ciência, tecnologia e sociedade, aspecto central para o desenvolvimento da AC. No entanto, na maioria das vezes, os educadores se omitem dessas abordagens, pois necessitam um conhecimento mais aprofundado e atual do tema, uma postura versátil e mais ativa, isenta de doutrinações, algo que possibilitaria ao estudante o desenvolvimento cognitivo em relação a temas polêmicos e relevantes para toda a sociedade.

É importante compreender que essa abordagem deve respeitar os limites relacionados às questões éticas, morais e culturais, devido a isto muitos professores temem ultrapassar esses limites e infringir normas. Dessa forma, cabe à escola, fundamentada em tais propósitos, e acentuadamente nas disciplinas de Ciências, possibilitar aos alunos a percepção dos diferentes tipos de valores, individuais ou coletivos, que perpassam pelos campos em estudo (Da Costa; Veneu; Costa, 2018).

Logo, o ensino de Ciências deve se preocupar em entender como questões ambientais, prioritariamente, as modificações climáticas, devem fazer parte dos currículos e o modo como abordá-las nos diferentes contextos educacionais, favorecendo a construção de uma AC orientada pela perspectiva CTSA. Para isso, é crucial contextualizar os conteúdos, pois quanto mais os alunos estiverem conectados à realidade, mais engajados estarão nas aprendizagens (Garofalo, 2018). Enfrentar o desafio de oferecer uma educação que atenda à heterogeneidade dos estudantes requer considerar o contexto social, cultural, os conhecimentos prévios e experiências individuais dos alunos, bem como as desigualdades que os cercam.

Assim, é necessário que os alunos compreendam a importância de desenvolver uma postura crítica para agir e buscar melhorias em sua realidade. De acordo com Teixeira (1992), é fundamental que os alunos se sintam inseridos em um ambiente que os encoraje a expressar suas ideias, percebendo que o novo conhecimento é valioso e que suas ideias prévias podem ser modificadas com base nos novos conhecimentos adquiridos. Deste modo, a utilização da conexão entre metodologias ativas e recursos exige um planejamento coeso e articulado para que tais interações possam complementar suas potencialidades.

Neste sentido, destacamos a utilização de sequências didáticas (SDs), que movimentam desde saberes curriculares, conceituais, epistemológicos, históricos, pedagógicos e

metodológicos na busca por um design de ensino inovador. A associação entre as metodologias ativas e propostas estruturadas por meio de SDs se mostram potencialmente capazes de engajar os estudantes em processos de reflexão, análise de dados e tomada de decisão fundamentada, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico, científico e cidadão.

É nesse cenário que se insere a questão que orienta a presente pesquisa, a qual se localiza no campo do ensino de Ciências e emerge tanto das demandas contemporâneas relacionadas às mudanças climáticas quanto das inquietações oriundas da prática docente. Diante disso, este trabalho organiza-se de tal forma: inicialmente, apresentamos a fundamentação teórica que sustenta a pesquisa, situando-a no interior das principais discussões do ensino de Ciências; em seguida, explicitamos o percurso teórico-metodológico adotado, incluindo a justificativa da abordagem escolhida, a descrição do método e das categorias analíticas mobilizadas; por fim, são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das produções dos estudantes, analisados à luz dos pressupostos da perspectiva CTSA, culminando em uma reflexão crítica sobre o processo investigativo desenvolvido.

Neste contexto, esta pesquisa busca investigar a contribuição de uma metodologia ativa desenvolvida por meio de SDs voltada à temática das mudanças climáticas, buscando compreender suas potencialidades para a promoção da AC e para o fortalecimento de uma formação científica crítica, contextualizada e socialmente comprometida, alinhada à perspectiva CTSA.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fundamentação teórica deste estudo se estrutura na AC, na abordagem CTSA e nas questões sociocientíficas, compreendidas como eixos articuladores para a formação de sujeitos críticos e participativos. Parte-se do pressuposto de que o ensino de Ciências deve ultrapassar a mera transmissão de conceitos, promovendo a compreensão das inter-relações entre a produção científica, os avanços tecnológicos, as dinâmicas sociais e as implicações ambientais.

Nesse sentido, a AC é entendida como um processo que possibilita aos estudantes interpretar, argumentar e tomar decisões fundamentadas diante de problemáticas contemporâneas, especialmente aquelas materializadas em questões sociocientíficas, que envolvem dilemas éticos, políticos, econômicos e ambientais. Dessa forma, esses referenciais teóricos sustentam a análise e a discussão desenvolvidas ao longo do trabalho, orientando a compreensão do ensino de Ciências como prática educativa voltada ao exercício da cidadania.

#### **3.1 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO CTSA**

A AC pode ser considerada um conceito contemporâneo, tendo início na década de 1950, surgindo a partir da necessidade de a comunidade científica abrir espaço para a população, permitindo o entendimento de concepções antes só destinadas aos cientistas. Assim, a AC reflete o pensamento crítico das pessoas com relação à compreensão e ao domínio básico das ciências e sua utilização (Da Costa; Ribeiro; Zompero, 2016).

O termo AC pode apresentar diferentes denominações, de acordo com seus autores, como letramento científico ou enculturação científica. No entanto, todos remetem à mesma concepção, referindo-se à ideia da formação/organização do pensamento lógico e consciência crítica do cidadão em relação ao mundo que o cerca (Sasseron; Carvalho, 2011; Da Costa; Ribeiro; Zompero, 2016; Milaré; Richetti, 2021). Para Cachapuz, Gil-Perez, Carvalho, Praia e Vilches (2005), a AC pode ser entendida como um componente essencial das humanidades, que recomendam que a educação científica e tecnológica seja parte de uma cultura geral para toda a cidadania, justificada pela necessidade de uma formação científica que permita aos

cidadãos participar na tomada de decisões, em assuntos que se relacionam com a ciência e tecnologia.

Em suma, a participação dos cidadãos na tomada de decisões é um fato positivo, uma garantia de aplicação do princípio de precaução, que se apoia numa crescente sensibilidade social face às implicações do desenvolvimento tecnocientífico que pode comportar riscos para as pessoas ou para o meio ambiente (Gil-Perez; Carvalho; Praia; Vilches, 2005). Além disso, a AC deve desenvolver uma função social considerando diferentes realidades.

No entanto, no Brasil, a perspectiva da AC e as ideias disseminadas pelo movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) somente ganharam força no fim do século XX e começaram a compor as propostas curriculares, principalmente a partir da década de 1990 (Da Costa; Ribeiro; Zompero, 2016). O objetivo central da educação CTS no Ensino Médio é promover a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, apoiando os estudantes na construção de conhecimentos, habilidades e valores que lhes permitam tomar decisões responsáveis acerca de questões envolvendo ciência e tecnologia na sociedade, bem como atuar na busca de soluções para esses problemas (Aikenhead, 1994; Santos; Mortimer, 2000).

Contudo, o conceito de AC aparece apenas a partir dos PCNs em Ciências da Natureza (2002), sendo melhor aludida na BNCC (2018) surgindo como letramento científico:

A área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. Em outras palavras, aprender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania (Brasil, 2018).

Para Sasseron (2015), o currículo no ensino de ciências deve envolver a AC não apenas como um modelo de conhecimentos estruturados pela sociedade, sobretudo, envolver questões para além da esfera de seu contexto de produção. De tal modo, é necessário desenvolver atividades que, em sala de aula, permitam as argumentações entre professor e alunos em diferentes momentos da investigação e do ensino. Assim, as discussões devem proporcionar o levantamento de hipóteses, a construção de argumentos e a busca por respostas (Sasseron; Carvalho, 2011; Da Costa; Ribeiro; Zompero, 2016).

Para que de fato a AC possa ser estabelecida, Sasseron e Carvalho (2011), categorizam três dimensões, chamadas de eixos estruturantes, que podem ser definidos como:

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, que se refere à importância de promover, junto aos educandos, a construção de

conhecimentos científicos que possibilitem sua aplicação adequada em diferentes situações cotidianas;

- compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, referente à ciência como um conhecimento em constante construção, fundamentado na investigação e análise de dados, destacando, no contexto dos anos iniciais do Ensino Fundamental, seu caráter humano e social como elemento formativo no processo educativo; e
- entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, que trata da interdependência entre as esferas do conhecimento científico e suas implicações, destacando a importância de compreender os impactos das aplicações científicas e de integrá-las ao ensino com foco na construção de um futuro sustentável.

Desta maneira, o desenvolvimento da AC deve estar compreendido em um diálogo com uma concepção de educação, de ciência e de sociedade, vista como um processo que ocorre dentro e fora da escola, que pode ser exemplificado pela figura 1.

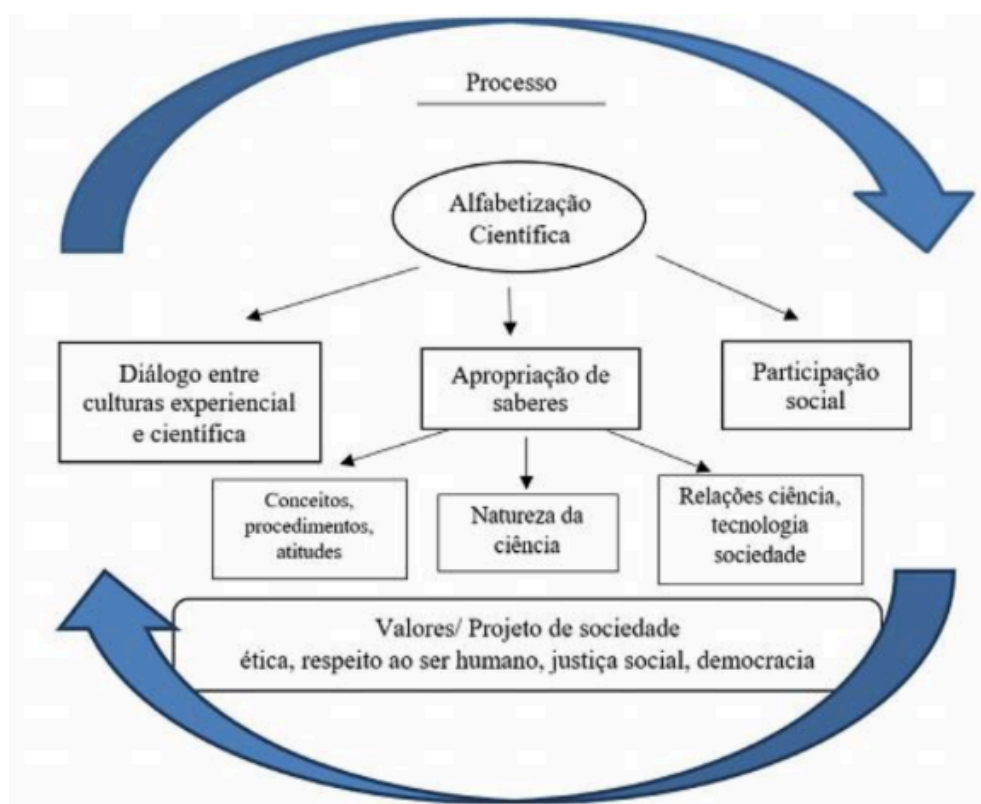


Figura 1 - Esquema do conceito de Alfabetização Científica

Fonte: Marques e Marandino (2018).

De tal forma, o surgimento do movimento CTS, que busca romper com o ensino tradicional, considerado um ensino descontextualizado e desvinculado da realidade, vem para superar os problemas que protagonizam um papel central no questionar de dogmatismos e na defesa da liberdade de investigação e pensamento, com objetivo de devolver à aprendizagem das ciências a vitalidade e relevância do próprio desenvolvimento científico (Cachapuz; Gil-Perez; Carvalho; Praia; Vilches, 2005; Freitas; Dias, 2021).

Embora a promoção da AC seja essencial no ensino de Ciências, especialmente na intersecção CTSA, muitas abordagens pedagógicas ainda não atingem esse objetivo. Assim, para que os discentes possam realmente alcançar a AC, a instituição de ensino precisa oferecer um aprendizado que, além de incluir a compreensão de conceitos e terminologias científicas, também estimule discussões, análises e reflexões sobre questões concretas do seu cotidiano, promovendo, dessa forma, o desenvolvimento dessa habilidade e a compreensão do universo científico (Da Costa; Ribeiro; Zompero, 2016; Freitas; Dias, 2021).

É objetivo da AC a compreensão das relações CTSA e as implicações dessas relações em sua vida, ou seja, busca-se uma educação para a cidadania, a partir da qual, todos possam ter condições de atuar crítica, democraticamente e de modo responsável (Krupczak; Lorenzetti; Aires, 2020). Deste modo, ao examinar os princípios da AC sob a ótica da abordagem CTSA, se torna necessário refletir sobre o perfil do sujeito cientificamente alfabetizado. Trata-se de um indivíduo que compreende a ciência, reconhece suas aplicações e limitações, entende a necessidade de transformações na realidade e desenvolve a capacidade de realizar escolhas conscientes e fundamentadas (Freitas; Dias, 2021; Milaré; Richetti, 2021).

Logo, com tantas proposições indicando as competências necessárias para entender alguém como um alfabetizado científico, nos deparamos com o desafio de conceber e organizar o ensino de Ciências de forma que, aos poucos, cada uma dessas competências se torne uma habilidade dos alunos (Sasseron; Carvalho, 2011).

### **3.2 A PERSPECTIVA CTSA NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Com o propósito de promover uma formação cidadã abrangente, emergiu o enfoque educacional CTS, cujo eixo central é a alfabetização científica e tecnológica. Quando formulado, entre as décadas de 1960 e 1970, o enfoque CTS tinha como objetivo impulsionar a transformação social por meio da preparação dos cidadãos, difundindo conhecimentos

científicos que os habilitassem a participar de processos de tomada de decisão em questões de interesse público (Aikenhead, 1994; Santos; Mortimer, 2000; Silva; Souza, 2019). A tomada de decisão em uma sociedade democrática implica a promoção do debate público e a construção de soluções que considerem os interesses da maioria da coletividade (Santos; Mortimer, 2001; Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007).

O movimento CTS emergiu, portanto, como uma reação ao pressuposto cientificista, que atribuía valor à ciência em si mesma e sustentava uma confiança acrítica em seus supostos resultados positivos (Santos; Mortimer, 2001). Nessa perspectiva, a ciência era concebida como uma atividade neutra, restrita a um grupo de especialistas, que atuaria de forma desinteressada e autônoma na busca de um conhecimento universal, sem assumir responsabilidade pelas consequências ou pelos usos inadequados de suas aplicações. A contestação dessas concepções impulsionou o desenvolvimento de uma nova filosofia e sociologia da ciência, que passou a reconhecer as limitações, responsabilidades e implicações do trabalho científico, compreendendo a ciência e a tecnologia (C&T) como processos essencialmente sociais.

De acordo com Santos e Mortimer (2000), o agravamento dos problemas ambientais pós Segunda Guerra Mundial, a crescente consciência ética entre diversos intelectuais, as preocupações com a qualidade de vida nas sociedades industrializadas e a necessidade de ampliar a participação popular nas decisões públicas, normalmente controladas por uma elite detentora do conhecimento científico, somados ao medo e à frustração decorrentes dos excessos tecnológicos, criaram as condições para o desenvolvimento das propostas de ensino CTS. Dessa forma, os trabalhos curriculares em CTS emergiram da necessidade de formar cidadãos cientificamente e tecnologicamente competentes, uma demanda que não vinha sendo atendida de maneira satisfatória pelo ensino convencional de Ciências (Santos; Mortimer, 2001).

Contudo, além de promover a discussão sobre questões científicas e tecnológicas, o movimento CTS também favoreceu a ampliação do pensamento crítico a respeito do agravamento dos problemas ambientais decorrentes das atividades humanas (Santos; Auler, 2011). Logo, à proposta inicial foi incorporada uma dimensão voltada à reflexão ambiental, originando a perspectiva CTSA (Silva; Souza, 2019).

Nessa perspectiva, o ensino de Ciências, articulado à abordagem CTSA, não pode ser concebido como um preparo meramente instrumental para um futuro distante, uma vez que o estudante já exerce sua condição de cidadão no presente. Dessa maneira, os estudos CTS no

ensino de Ciências emergiram no contexto das discussões sobre o papel e as implicações da ciência na sociedade (Santos; Auler, 2011). Assim, aprender Ciências significa ampliar, no contexto atual, as possibilidades de participação social, de compreensão da realidade e de desenvolvimento do pensamento crítico, elementos essenciais para o exercício pleno da cidadania.

Para Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), a relevância de discutir com os estudantes os avanços da ciência e da tecnologia, suas causas e consequências, bem como os interesses econômicos e políticos envolvidos, de forma contextualizada, reside no reconhecimento da ciência como uma construção humana. Assim, ela se encontra intrinsecamente vinculada ao processo de evolução da humanidade, desenvolvendo-se de maneira permeada pela ação reflexiva dos sujeitos que vivenciam e intervêm nas diferentes crises inerentes a esse percurso de desenvolvimento.

Desse modo, cabe à educação o desafio de promover um ensino de Ciências que ultrapasse a centralidade dos conteúdos conceituais e considere outras dimensões do saber, favorecendo reflexões sobre atitudes, escolhas e decisões que impactam a vida individual e coletiva. Para Maestrelli e Lorenzetti (2021), a partir dessa ótica, a formação cidadã no ensino de Ciências está diretamente relacionada ao desenvolvimento da capacidade de tomada de decisões responsáveis, aspecto central da abordagem CTSA.

Assim, ao integrar conhecimentos científicos às dimensões tecnológicas, sociais e ambientais, o ensino passa a contribuir para a constituição de sujeitos capazes de intervir de forma crítica e ética na sociedade. Nessa perspectiva mais abrangente, a ampliação do entendimento dessas relações exige sua articulação com outras questões, considerando tanto suas origens quanto suas consequências.

Nesse contexto, o ensino de Ciências, articulado à abordagem CTSA, assume um papel fundamental na discussão das problemáticas ambientais ao promover a integração entre conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, possibilitando aos estudantes compreenderem a complexidade dos desafios contemporâneos. Logo, a questão ambiental pode ser compreendida como parte de uma problemática mais ampla, integrada a dimensões culturais, sociais e políticas, devendo, portanto, ser analisada no contexto das relações sociais (Angotti; Auth, 2001).

Outro aspecto relevante das propostas curriculares decorrentes do movimento CTSA é a inserção, no contexto escolar, de diversas questões (ambientais, políticas, econômicas, sociais e culturais relacionadas à ciência e à tecnologia), geralmente denominadas questões

sociocientíficas (Silva; Oliveira; Queiroz, 2011). Essas questões são incorporadas ao ensino de Ciências com o objetivo de estimular os estudantes a articular os conhecimentos científicos escolares com problemas do cotidiano, promovendo o desenvolvimento da responsabilidade social.

Diante disto, com o aumento significativo dos problemas ambientais, a abordagem CTSA surge como uma alternativa para a discussão de temáticas que proporcionem a reflexão sobre as consequências ambientais do desenvolvimento científico e tecnológico. Nessa perspectiva, o currículo CTSA tem como objetivo central desenvolver a capacidade de tomada de decisão dos estudantes, ao mesmo tempo em que enfatiza as questões ambientais como meio de promover a Educação Ambiental (Maestrelli; Lorenzetti, 2021).

Desse modo, as propostas curriculares para o ensino de Ciências orientadas pela perspectiva CTSA têm como objetivo central a formação de estudantes para o exercício da cidadania. Assim, reconhecemos o ensino de Ciências, enquanto processo educativo formal, articulado às perspectivas da educação climática e da Educação Ambiental, em convergência com a abordagem CTSA, como um instrumento fundamental para a problematização de temáticas sociais complexas, como as mudanças climáticas, bem como para a formação humana de sujeitos capazes de exercer a cidadania de forma consciente e de estabelecer uma relação mais harmoniosa com o ambiente (Dickmann; Liotti, 2024).

Porém, ao conceber currículos de Ciências voltados à formação para a cidadania, torna-se imprescindível considerar o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. A simples oferta de informações atualizadas sobre temas de ciência e tecnologia não garante, por si só, o engajamento efetivo dos estudantes em questões sociais, assim como a mera apresentação de etapas para a tomada de decisão mostra-se insuficiente (Santos; Mortimer, 2001). Para que os alunos estejam preparados para participar de forma ativa nas decisões da sociedade, é necessário ultrapassar o ensino estritamente conceitual e avançar em direção a uma educação orientada para a ação social responsável, que valorize a construção de atitudes e valores. Portanto, o movimento CTSA entende que a ciência não é neutra e que os sujeitos precisam estar preparados para participar de decisões públicas sobre temas científicos controversos. Assim, contribui diretamente para a formação de cidadãos politicamente conscientes e socialmente atuantes (Krupczak; Lorenzetti; Aires, 2020).

Diante do exposto, o processo educativo contribui para o desenvolvimento de uma perspectiva crítica acerca das questões socioambientais, favorecendo a ressignificação de

valores e influenciando a formação do cidadão planetário, atento às dimensões políticas, sociais, culturais, econômicas e ambientais da realidade (Dickmann; Liotti, 2024).

### **3.3 DISCUSSÃO DE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS**

Ao abordar questões científico-tecnológicas complexas e controversas, nos deparamos com a perspectiva da AC, pois é fundamental a participação da sociedade nas discussões relacionadas às questões científicas, tomando parte nas decisões e demonstrando sua opinião (Vieira; Bazzo, 2007). De acordo com Díaz-Moreno e Liso (2012), uma controvérsia sociocientífica (CSC) pode ser considerada um assunto de opinião científica e/ou tecnológica no qual existe discrepância entre os diversos atores e forças sociais que participam do processo, como pesquisadores, cientistas ou até mesmo a opinião pública, seja por desacordo, discussão ou debate.

Para Krupczak, Lorenzetti e Aires (2020), as CSC são disputas relacionadas aos pontos positivos ou negativos da aplicação de determinadas teorias e tecnologias, envolvendo questões éticas e morais, ou seja, são questões relacionadas à ciência e à tecnologia, as quais envolvem aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais, éticos e morais.

Por exemplo, a partir de questões investigativas e reflexivas por meio da relação CTSA é possível contextualizar assuntos que abordam fenômenos químicos e físicos, envolvendo avanços tecnológicos advindos da sociedade que alterem o meio ambiente. Nesse caso, a análise, discussão e estabelecimento de uma hipótese por parte do estudante estaria voltada para o fortalecimento da AC.

De acordo com Vieira e Bazzo (2007), a utilização de discussões sobre CSC tem o potencial de estimular os estudantes a fazerem parte da sociedade em que vivem, a se interessarem pelos problemas e a participarem das discussões decorrentes das relações CTSA. Assim, na visão das CSC podemos relacionar diferentes perspectivas que podem ser problematizadas, possibilitando a construção coletiva de propostas orientadas pelo interesse comum. Afinal, ciência e tecnologia não são intrinsecamente benéficas e, em determinadas situações, podem gerar impactos negativos (Krupczak; Lorenzetti; Aires, 2020).

O debate sobre a construção das centrais nucleares e o armazenamento dos resíduos radioativos, a utilização dos CFC's (clorofluorcarbonetos), destruidores da camada de ozônio, o aumento do efeito de estufa, diretamente relacionado à crescente emissão de CO<sub>2</sub>, que

ameaça com uma mudança climática global de consequências devastadoras, os transgênicos, alimentos manipulados geneticamente (Cachapuz; Gil-Perez; Carvalho; Praia; Vilches, 2005), todos estes representam situações reais que envolvem implicações científicas, tecnológicas, sociais e ambientais abordadas pelas CSC, que podem ser vinculadas às questões CTSA, que procuram integrar esses quatro domínios no ensino.

Portanto, as CSC constituem um recurso relevante para a promoção da AC, desde que sejam devidamente compreendidas e incorporadas ao contexto escolar por meio de práticas pedagógicas intencionais, que promovam o protagonismo do estudante e favoreçam a construção do conhecimento de forma articulada à formação crítica e cidadã (Krupczak; Lorenzetti; Aires, 2020). Assim, os currículos baseados na abordagem CTS organizam-se em torno de temas científicos ou tecnológicos que apresentam potencial de gerar questões socialmente problemáticas (Aikenhead, 1994).

Deste modo, o conhecimento científico está em constante interação com as questões sociais e ambientais, favorecendo um ensino mais crítico e reflexivo, assim a inserção das CSC no contexto escolar permite que o educando perceba que o conhecimento científico está inserido em contextos históricos, sociais e culturais, sendo, portanto, passível de discussão e questionamento.

É um grande desafio proporcionar formas de desenvolver e promover a AC, por isso diversos autores procuram demonstrar possibilidades de atividades para alcançar este objetivo, como por meio de sequências didáticas investigativas, projetos de incentivo à pesquisa, ensino mediado por tecnologias, ensino em espaço não formal, entre outros. Logo, as CSC têm um potencial para atingir tal objetivo, pois contribui na aprendizagem dos conhecimentos científicos, além de evidenciar os aspectos éticos e morais presentes na ciência e suas relações com a sociedade (Sasseron; Carvalho, 2011; Marques; Marandino, 2018; Krupczak; Lorenzetti; Aires, 2020).

A consolidação do pensamento científico surge a partir da geração de dúvidas, que levam os sujeitos a pensar, examinar e significar o assunto a ser debatido. Nesse sentido, é importante reconhecer que o conhecimento científico é suscetível a erros e está sempre em processo de transformação (Junges; Massoni, 2018).

Dessa maneira, dentro do contexto escolar e também diariamente na sociedade, temas/situações podem ser abordados de modo crítico, criando polêmicas e suscitando controvérsias. Por isso, o ambiente escolar é o palco de diversas discussões sociocientíficas, que devem ser debatidas por todos os sujeitos envolvidos, sejam eles: estudantes, professores

ou comunidade escolar. Deste modo, tal debate avança sobre as fronteiras da escola e estende-se à sociedade em geral.

Da Costa, Veneu e Costa (2018) salientam que cabe à escola, especialmente no ensino de Ciências, assumir o papel de possibilitar aos estudantes a compreensão dos diferentes valores, individuais e coletivos, que permeiam os debates sociocientíficos. Entretanto, observamos que muitos docentes evitam tais abordagens, por exigirem não apenas um conhecimento mais elaborado e atualizado, mas também uma postura pedagógica versátil e crítica, que favoreça o desenvolvimento cognitivo dos alunos diante de questões polêmicas e socialmente relevantes.

Diante da necessidade das discussões, interpretações e conclusões de assuntos considerados controversos, as CSC constituem um elemento essencial para o ensino de Ciências, de modo que a perspectiva CTSA quando associada às CSC, contribui para tornar o ensino de Ciências mais próximo da realidade do aluno, ao mesmo tempo que desenvolve sua capacidade de analisar, argumentar e tomar decisões fundamentadas (Sasseron; Carvalho, 2011).

Assim, é preciso discutir as CSC, considerando a necessidade de uma educação científica que leve em conta os diversos aspectos de nossa sociedade, além de um ensino de Ciências que seja mais crítico, proporcionando uma compreensão mais fiel do modo como a ciência opera, ressaltando que ela é cheia de discussões e incertezas. Portanto, pensar e incluir os pressupostos da inter-relação CTSA no cenário educacional e nos objetivos do currículo de Ciências é desenvolver um senso de responsabilidade para os problemas sociais e ambientais, tanto atuais quanto futuros (Freitas; Dias, 2021).

Nesse contexto, as mudanças climáticas aparecem como questões sociocientíficas, uma vez que articulam conhecimentos científicos, disputas políticas, interesses econômicos e implicações éticas, ao mesmo tempo em que seus impactos ambientais, sociais e econômicos se intensificam e afetam de forma desigual diferentes grupos sociais, exigindo dos educandos posicionamentos críticos, informados e socialmente responsáveis.

### **3.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA**

As alterações climáticas constituem temas centrais nas discussões em âmbito global, uma vez que seus efeitos repercutem desde o bem-estar humano até a viabilidade de diferentes

atividades e empreendimentos (Dickmann; Liotti, 2024). Deste modo, o ensino de Ciências deve ser capaz de fornecer subsídios para que os alunos reflitam sobre problemas que afligem a sociedade e busquem soluções e medidas cujas metas visam o futuro sustentável do planeta.

Quase todos os dias, relatos de pesquisa sobre o futuro do planeta surgem e, na maioria das vezes, são preocupantes as conclusões encontradas, como as alterações do clima e do ciclo hidrológico, além do advento de eventos extremos (Marengo; Nobre; Chou; Tomasella; Sampaio; Alves; Obregon; Soares; Betts; Kay, 2011).

As atividades econômicas humanas como a urbanização, a criação de gado e o cultivo da terra, assim como o desenvolvimento agrícola, afetaram a cobertura vegetal, levando ao desmatamento intensivo e de larga escala, causando impactos no clima regional e global (Marengo; Nobre; Chou; Tomasella; Sampaio; Alves; Obregon; Soares; Betts; Kay, 2011). Somado a tudo isso, a industrialização também foi fator relevante para a intensificação das mudanças climáticas, produzindo riscos que podem ser considerados praticamente irreversíveis (Ganiko-Dutra; Caldeira, 2024).

Logo, é necessário discutir quais são as causas dessas mudanças no clima e das alterações no equilíbrio dos ecossistemas. Vieira e Bazzo (2007) e Casagrande, Silva Jr e Mendonça (2011) enfatizam que as causas e consequências do aquecimento global envolvem questões complexas sobre as quais a própria comunidade científica ainda não chegou a um consenso. No entanto, grande parte da comunidade científica defende que uma proporção significativa desse fenômeno é causada pela emissão de gases causadores do efeito estufa emitidos pelas atividades humanas.

O efeito estufa é um fenômeno natural necessário para a manutenção da temperatura média da Terra em níveis compatíveis com a vida. Ele ocorre quando a radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, após ser aquecida pela radiação solar, é parcialmente absorvida por certos componentes da atmosfera, como o vapor d'água, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e as nuvens, responsáveis por cerca de 90% desse processo. Além desses, outros gases como o metano ( $\text{CH}_4$ ), o ozônio ( $\text{O}_3$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e os clorofluorcarbonetos (CFCs) também contribuem para esse fenômeno, ainda que em proporções menores (Casagrande; Silva Jr; Mendonça, 2011).

Os gases conhecidos como gases de efeito estufa (GEE), têm a capacidade de conduzir a radiação térmica em todas as direções, tanto em direção ao espaço quanto de volta à superfície terrestre. Tal mecanismo contribui para o equilíbrio térmico, impedindo que todo o

calor absorvido seja perdido rapidamente, evitando o resfriamento intenso do planeta (Casagrande; Silva Jr; Mendonça, 2011).

Entretanto, é importante distinguir o efeito estufa natural, que é algo benéfico, indispensável para os seres vivos, do efeito estufa intensificado pela ação humana, que está associado ao aquecimento global. Dessa maneira, o aquecimento global está relacionado ao efeito estufa, pois o equilíbrio natural desses gases vem sendo alterado por ações antropogênicas, em especial a queima de combustíveis derivados de petróleo e a destruição das florestas (Casagrande; Silva Jr; Mendonça, 2011).

O aquecimento global pode ser definido como o aumento da temperatura média do nosso planeta e a principal evidência desse fenômeno pode ser obtida a partir das medidas de temperatura de estações meteorológicas em todo o globo terrestre desde 1860, bem como a observação da cobertura de neve nas montanhas, da elevação do nível dos mares, do aumento das precipitações, da cobertura de nuvens, entre outros eventos relacionados ao clima (Vieira; Bazzo, 2007). Diante de tantas evidências, o debate sobre as mudanças climáticas se consolidou entre cientistas e o público em geral, demonstrando o interesse e ao mesmo tempo a discordância dos diferentes vieses relacionados ao aquecimento global.

Junges e Massoni (2018) deixam claro que não há dúvidas de que temas ambientais complexos como aquecimento global são controversos, pois remetem a aspectos políticos, econômicos, éticos, sociais e visões de mundo profundamente conflitantes, no entanto, a visão de um aquecimento global antropogênico é indiscutível, ou seja, há um consenso sobre a existência do aquecimento global causado pela ação humana.

No entanto, para alguns autores, as mudanças climáticas, em especial o aquecimento global, podem ser encarados como uma CSC, pois demandam de uma maior discussão no universo da ciência (Vieira; Bazzo, 2007; Barbosa; Lima; Machado, 2012; Gonçalves; Juliani; Santos, 2018).

Vieira e Bazzo (2007) explicam que as controvérsias sobre as causas do aquecimento global podem ser resumidas em duas hipóteses, sendo que na primeira o aquecimento global é real e é causado pela atividade humana, por meio da queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás, além da queima das florestas tropicais, ou seja, fatores relacionados à influência humana na exacerbação do efeito estufa. A outra hipótese é que o aquecimento global é real, mas não se tem certeza sobre as suas causas, sendo que a variabilidade da radiação solar é o principal fator responsável pelas mudanças climáticas, logo, a ação humana teria uma pequena parcela sobre essas alterações.

Para os autores, é um fato que as alterações climáticas estão ocorrendo em todo o planeta, quanto a isso não há discussão, entretanto, há controvérsias sobre as possíveis causas e efeitos dessas mudanças, principalmente, quanto a origem e as consequências do fenômeno denominado aquecimento global (Vieira; Bazzo, 2007). Para Barbosa, Lima e Machado (2012), o aquecimento global deve ser pensado como um exemplo dessa nova possibilidade de relação entre indivíduo e ciência, na medida em que não encontra solução dentro dos cânones do pensamento cartesiano de causa e efeito, desta forma, visto como uma CSC, que busca superar a lógica reducionista.

De acordo com Gonçalves, Juliani e Santos (2018), quando abordamos questões relacionadas às mudanças climáticas, surgem diferentes posicionamentos sobre essa temática, logo, podemos caracterizar as discussões acerca do assunto como um tema controverso, por possuir múltiplas posições e visões de mundo, sendo um tema contraditório dentro e fora do meio científico. Deste modo, discutir as alterações climáticas, demonstram a importância da escola em transmitir conhecimentos já consolidados ou não, além de discutir questões e problemas da sociedade que carecem de um debate a fim de criar sujeitos capazes de estabelecer raciocínios críticos (Barbosa; Lima; Machado, 2012).

Logo, para estabelecer uma discussão acerca deste tema é indispensável fazer uma análise das produções científicas envolvendo mudanças climáticas e o ensino de Ciências.

### **3.4.1 ENSINO DE CIÊNCIAS E PRODUÇÕES SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Uma pesquisa bibliográfica é construída com base em materiais previamente publicados, uma vez que toda investigação exige uma sólida fundamentação teórica e a identificação do estágio atual do conhecimento sobre o tema em questão (Gil, 2017).

As fontes disponíveis para esse tipo de pesquisa são diversas, incluindo livros, artigos científicos, teses, dissertações, revistas, periódicos especializados, anais de eventos acadêmicos, além de periódicos de indexação e resumos, entre outros. Embora, com o avanço das tecnologias e a disseminação da internet, grande parte dessas fontes esteja disponível em formato digital. Portanto, cabe ao pesquisador selecionar criteriosamente os recursos mais adequados para sua investigação, bem como os meios mais eficientes para acessá-los.

Com base no trabalho apresentado por Miranda e Suart Jr (2024) nos Anais do *VIII* Congresso Brasileiro de Educação, em que foi utilizado como base de dados o sistema de busca de Periódicos da CAPES, para verificar as produções científicas relacionadas ao tema mudanças climáticas e ensino de Ciências, apresentamos os dados encontrados.

Os autores utilizaram o método de busca avançada, não restringindo a nenhum intervalo específico de tempo, ou seja, selecionaram todos os trabalhos encontrados que continham esses exatos termos: “mudanças climáticas” e “ensino de Ciências”, sendo o único filtro utilizado, o de trabalhos revisados por pares, considerando que esses trabalhos foram submetidos ao escrutínio de especialistas na mesma área, caracterizando uma maior credibilidade à investigação. A pesquisa foi realizada em junho de 2024.

Cabe salientar que a pesquisa buscou compreender como a temática envolvendo mudanças climáticas é tratada por diferentes autores e de que modo ela está correlacionada com o ensino de Ciências no escopo de produções fora do âmbito da educação ambiental.

De acordo com a pesquisa foi encontrado um escasso número de trabalhos referentes aos temas em consulta, resultando em apenas sete publicações encontradas, no intervalo de 2018 a 2024, como demonstrado no quadro 1, que lista os artigos e as categorias em que eles foram enquadrados.

<b>Publicações (Artigos)</b>	<b>Categoria</b>
Pesquisa de percepção sobre ensino de ciências: mudanças climáticas e desmatamento estão entre os temas mais relevantes para estudantes secundaristas.	Levantamento de concepções
O consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática.	Levantamento de concepções
Validação de um opinário sobre aquecimento global.	Levantamento de concepções
Algumas percepções de estudantes do ensino médio sobre ciências, pseudociência e movimentos anticientíficos.	Levantamento de concepções
Abordagens do tema mudanças climáticas nas pesquisas em ensino de ciências.	Levantamento bibliográfico
O conceito de energia em periódicos da área de educação em ciências: a discussão da conservação/degradação de energia em práticas educativas de perspectivas Freire-CTS.	Levantamento bibliográfico

A ciência atrás da siderurgia e da mineração do ferro.	Implicações de atividade didática
--	-----------------------------------

Quadro 1 - Publicações encontradas na busca avançada de Periódicos da CAPES

Termos de busca: “mudanças climáticas” e “ensino de Ciências”

Fonte: Miranda e Suart Jr (2024).

As categorias descritas demonstram a qual viés a publicação está relacionada. A maioria dos artigos foi vinculado ao levantamento de concepções, definindo como estudantes e professores entendem e abordam temas científicos, em especial as mudanças climáticas. Um menor número de publicações é enquadrado no levantamento bibliográfico, que investiga como essa temática foi construída em trabalhos anteriores e de que forma ela contribui para a alfabetização científica. E por fim, um artigo aborda as implicações de atividades didáticas, como forma de desenvolver um trabalho dentro do contexto escolar, promovendo a integração curricular e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes (Miranda; Suart Jr, 2024).

Miranda e Suart Jr (2024) discutem a importância dos artigos encontrados para o ensino de Ciências, trazendo uma breve explanação sobre os trabalhos. Os quatro primeiros artigos presentes no Quadro 9 abordam as concepções e percepções de alunos e professores sobre as mudanças climáticas, bem como sua relevância no ensino de Ciências, com ênfase na inserção desse tema no contexto escolar.

O artigo “Pesquisa de percepção sobre ensino de ciências: mudanças climáticas e desmatamento estão entre os temas mais relevantes para estudantes secundaristas” investiga a consolidação da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) nas salas de aula, especialmente nas disciplinas de Biologia, Química e Física. O principal objetivo da pesquisa foi avaliar o grau de integração da educação CTS no ensino médio e sua influência sobre as percepções dos estudantes. A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário on-line, aplicado de forma anônima, contendo perguntas fechadas.

Os resultados apontam que os temas mudanças climáticas e desmatamento são considerados mais relevantes pelos estudantes do que os conteúdos científicos tradicionais, o que evidencia uma mudança nas preferências dos estudantes em direção a questões contemporâneas e socioambientais. O estudo também destaca a significativa participação das escolas públicas nas abordagens CTS e aponta diferenças de interesse entre os gêneros. Concluímos que propostas de ensino pautadas em temas geradores e alinhadas à perspectiva

CTS possuem grande potencial para articular o conhecimento científico à realidade dos estudantes, promovendo maior engajamento.

No artigo “O consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática”, os autores discutem o aquecimento global causado por ações humanas como um consenso científico, introduzindo o conceito de “controvérsias científicas fabricadas”. O texto ressalta a importância de compreender os fundamentos históricos e epistemológicos da ciência no processo de ensino, a fim de evitar abordagens equivocadas que tratem o consenso como uma controvérsia legítima. Tal prática, segundo os autores, pode gerar desinformação e minimizar a gravidade dos problemas ambientais. O artigo defende, portanto, uma abordagem crítica e bem fundamentada pelos educadores, estimulando o raciocínio científico e a valorização de evidências robustas, em detrimento de discursos pseudocientíficos.

O artigo “Validação de um opinário sobre aquecimento global” busca compreender as crenças e percepções sobre o aquecimento global, evidenciando as discrepâncias entre as opiniões do público geral e aquelas sustentadas por especialistas. Utilizando um opinário aplicado por meio de plataformas digitais, os autores investigam o grau de concordância com a noção de aquecimento global antropogênico, correlacionando essas crenças a características pessoais dos participantes. Os resultados da pesquisa contribuem para o campo da educação ambiental ao demonstrar a necessidade de maior clareza e aprofundamento nas ações educativas, com vistas a mitigar a desinformação e promover a conscientização sobre as mudanças climáticas.

No artigo “Algumas percepções de estudantes do ensino médio sobre ciências, pseudociência e movimentos anticientíficos”, os autores analisam a visão dos estudantes acerca da ciência e sua confusão entre fatos científicos e opiniões pessoais. O estudo revela uma percepção ainda dogmática da ciência e destaca a influência negativa de movimentos anticientíficos, como o terraplanismo, o negacionismo climático e os discursos antivacinas, que são amplificados pelas redes sociais. Por meio de questionários semiestruturados, identificou-se que estudantes com maior domínio da metodologia científica apresentaram respostas mais fundamentadas. Contudo, observamos que o uso acrítico das mídias digitais pode comprometer o desenvolvimento do pensamento científico, devido à lógica algorítmica de direcionamento de conteúdos.

Os dois artigos seguintes têm caráter bibliográfico e analisam como os temas mudanças climáticas e práticas educacionais têm sido abordados na literatura acadêmica, com o intuito de reafirmar a relevância da temática para o campo educacional.

O artigo “Abordagens do tema mudanças climáticas nas pesquisas em ensino de Ciências” discute as mudanças climáticas, o aquecimento global e o efeito estufa como controvérsias sociocientíficas. A análise de produções científicas aponta diferentes formas de abordagem didática do tema, como alfabetização científica, divulgação científica e contextualização de conteúdos. As autoras destacam que, apesar da relevância, o tema ainda é pouco explorado nas aulas de Ciências. A complexidade da temática e as múltiplas interpretações e contradições, tanto no campo científico quanto fora dele, são apontadas como possíveis causas desse apagamento.

No artigo “O conceito de energia em periódicos da área de educação em ciências: a discussão da conservação/degradação de energia em práticas educativas de perspectivas Freire-CTS”, os autores analisam práticas educacionais que abordam o conceito de energia a partir de uma perspectiva interdisciplinar, fundamentada nos princípios da pedagogia freireana e da abordagem CTS. A pesquisa identificou que intervenções sistematizadas contribuíram para o maior engajamento dos estudantes, rompendo com práticas tradicionais e promovendo uma aprendizagem mais contextualizada, ligada a questões globais e locais.

O último artigo, “A ciência atrás da siderurgia e da mineração do ferro”, é classificado como uma proposta de implicações didáticas. Os autores apresentam estratégias pedagógicas voltadas à inserção de conhecimentos sobre processos industriais, com foco na sustentabilidade e na redução de impactos ambientais. O artigo visa subsidiar educadores no aprimoramento de suas práticas e na elaboração de propostas curriculares interdisciplinares. Destacamos a relevância da formação continuada de professores e a aproximação entre ciência escolar e ciência aplicada, ampliando o alcance educativo também para profissionais ligados ao setor minerador.

De acordo com os autores, os artigos analisados convergem para a valorização da educação científica com ênfase em questões ambientais, especialmente as mudanças climáticas. As metodologias variadas, destacam a importância da formação docente, da elaboração de materiais didáticos contextualizados e do envolvimento discente. Logo, os estudos reforçam a necessidade urgente de integrar os temas climáticos aos currículos escolares, promovendo uma educação crítica, participativa e socialmente comprometida.

Portanto, mesmo a pesquisa não estabelecendo um período de tempo específico, a quantidade de publicações encontradas foi exígua. Devido a esse resultado, partimos para uma segunda análise, em que pesquisamos nas próprias obras selecionadas, os trabalhos por elas pesquisados e utilizados como referência. Nosso objetivo central foi encontrar trabalhos relacionados às atividades investigativas voltadas para as mudanças climáticas e o ensino das ciências da natureza.

No artigo “Abordagens do tema mudanças climáticas nas pesquisas em ensino de ciências”, do ano de 2018, que esteve entre os trabalhos encontrados nos periódicos da CAPES, as autoras abordam o tema mudanças climáticas, aquecimento global e efeito estufa dentro do ensino de Ciências e conceituando-o como um tema das CSC. A partir de um levantamento bibliográfico sobre o tema de trabalhos e artigos publicados entre 2004 e 2014, elas analisaram 15 publicações encontradas, sendo cinco publicados em quatro revistas brasileiras do ensino de ciências e dez trabalhos completos publicados nos anais do ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências).

O levantamento bibliográfico realizado pelas autoras permitiu observar que o tema das mudanças climáticas possui diferentes formas de ser abordado no ensino de ciências, sendo elas: mudanças climáticas como controvérsias sociocientíficas, mudanças climáticas como divulgação científica, mudanças climáticas a partir da alfabetização científica e mudanças climáticas a partir contextualização de conteúdos do ensino de ciências (Gonçalves; Juliani; Santos, 2018).

As autoras concordam que há poucos trabalhos que abordam as mudanças climáticas, como demonstrado pela pesquisa de Miranda e Suart Jr (2024), e concluem que este é um tema ainda pouco discutido em aulas de Ciências, a despeito de sua relevância atual. Talvez por essa temática ser complexa e possuir múltiplas posições e visões de mundo, sendo um tema controverso dentro e fora do meio científico, constituindo debate em diferentes níveis da sociedade (Gonçalves; Juliani; Santos, 2018).

Na leitura do artigo encontramos entre os 15 trabalhos analisados alguns que nos direcionaram ao tema da nossa pesquisa, é importante destacar que por meio da pesquisa bibliográfica o pesquisador faz o levantamento de informações que sejam relevantes na construção da pesquisa científica (Sousa; Oliveira; Alves, 2021). Dentre os trabalhos que selecionamos para discorrer, ambos tratam o tema central sobre mudanças climáticas dentro de uma sequência didática (SD) que iremos abordar mais adiante.

Evidenciamos três artigos dos citados pelas autoras, sendo eles o artigo de Vieira e Bazzo (2007) que trata “Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula”, o artigo de Barbosa, Lima e Machado (2012) intitulado de “Controvérsias sobre o aquecimento global: circulação de vozes e de sentidos produzidos em sala de aula” e o artigo de Guimarães, Sarmiento, Muniz, Silva, Sá e El-Hani (2013) com o título “O aquecimento global como conteúdo norteador para ensinar sobre visão sistêmica do planeta Terra no ensino médio”.

Observamos nesses artigos as questões CTS sendo abordadas de forma coerente, como citado por Vieira e Bazzo quando apresentam como objetivo apresentar uma proposta CTS discutindo o tema aquecimento global e das controvérsias acerca de suas razões, oferecendo uma contribuição para que os professores possam trabalhar essa questão em sala de aula. Diante da perspectiva da educação em CTS temos a possibilidade de engajar e mobilizar os estudantes a tomarem decisões fundamentadas dentro dos conceitos científicos e tecnológicos que resultem em consequências na sociedade. Para Barbosa, Lima e Machado (2012), há uma necessidade de abordar as questões controversas, pois é uma demanda da sociedade atual em um tempo de incertezas que os sujeitos (alunos) precisam estar preparados para tomar decisões.

Nos artigos de Guimarães, Sarmiento, Muniz, Silva, Sá e El-Hani (2013) e Barbosa, Lima e Machado (2012) foram utilizadas sequências didáticas, que tratam a discussão inicial sobre os problemas ambientais enfrentados pela sociedade, sendo um fator relevante o entendimento por parte dos estudantes sobre a interdependência entre os seres vivos, bem como entre eles de forma geral e aos seres humanos, em particular.

As SDs apresentam como objetivo possibilitar o aprendizado de conteúdos a partir de atividades interligadas que apresentem condições favoráveis à aprendizagem. No artigo de Vieira e Bazzo (2007), o debate simulado foi a estratégia utilizada, pois possibilita a exposição de pontos de vista diferentes sobre uma mesma questão, podendo apresentar posicionamentos contrários sempre de forma fundamentada visando desenvolver a capacidade de argumentação dos alunos.

Em ambas as estratégias, a temática sobre as mudanças climáticas e sua relação com o ensino de Ciências se faz presente de modo a produzir uma mudança conceitual em alunos e professores, sendo que em alunos foi possível despertar um posicionamento e em professores desmistificar o trabalho de tais temas. A ampliação da criticidade sobre conceitos científicos, antes só debatidos por especialistas é descrita por Barbosa, Lima e Machado (2012), que

afirma que quando a ciência deixa de ser a autoridade para decidir sobre as verdades absolutas, passa a conviver com as incertezas, permitindo sujeitos não especialistas participarem dos debates.

Assim, em consonância com a proposta deste trabalho, fica evidente que a utilização de abordagens pedagógicas ativas apoiadas em diferentes estratégias didáticas potencializam as SDs, ao criar condições favoráveis para a problematização, a experimentação e a construção ativa do conhecimento pelos discentes.

Assim, a ausência de atividades mediadas por metodologias ativas revela os limites do ensino tradicional, ainda centrado na transmissão de conteúdos e na passividade discente, o que dificulta o desenvolvimento da AC. Esse modelo pouco favorece a compreensão crítica da ciência como construção humana, histórica e socialmente situada, restringindo as oportunidades de os estudantes mobilizarem conhecimentos científicos para interpretar fenômenos do cotidiano, tomar decisões informadas e se posicionar frente a questões sociocientíficas.

## 4 O ENSINO TRADICIONAL DE CIÊNCIAS E SUAS LIMITAÇÕES

A lógica do currículo tradicional de Ciências ainda predomina nas escolas, voltado para a aprendizagem de conceitos e processos científicos, partindo da convicção de que esses conhecimentos, adquiridos em contextos acadêmicos, poderão ser aplicados posteriormente na resolução de problemas do cotidiano, considera que tais conceitos poderiam servir como ponto de partida para o desenvolvimento de atitudes, mas sempre subordinadas à dimensão cognitiva, sendo que quanto mais conceitos o aluno dominar, mais positivas seriam, supostamente, suas atitudes em relação à ciência.

Considerando que o ensino de Ciências passou e ainda passa por transformações, não obstante o fato de a Ciência ser considerada imutável, o mundo passou por inúmeras modificações desde os pensadores gregos, pautados no empirismo, até a sociedade atual, fruto da ciência moderna (Silva; Ferreira; Vieira, 2017), é necessária uma nova visão do ensino de Ciências. De acordo Silva-Batista e Moraes (2019), a educação é um reflexo da sociedade, do contexto político, histórico e cultural em que está inserida, sendo reformulada de acordo com os interesses da coletividade.

No Brasil, o ensino de Ciências passou por várias concepções, considerando o momento histórico vivenciado no país, abordado nos diferentes períodos, desde o colonial até os dias atuais. É evidente que o ensino de Ciências no Brasil foi tardio, comparado com países europeus e até mesmo os Estados Unidos da América (EUA), que já progrediam no desenvolvimento de pesquisas e na formação de cientistas (Santos; Galletti, 2023).

Inicialmente, a educação no Brasil ministrada pelos jesuítas tinha como objetivo a catequização e a alfabetização, tampouco, abordaria o ensino de Ciências. Santos e Galletti (2023) salientam que de um modo geral, é consensual para praticamente todos os estudiosos do assunto que, durante todo o período colonial, desde a chegada dos jesuítas em 1549 às terras brasileiras, não havia nas propostas curriculares qualquer incentivo aos estudos de ciências. Deste modo, as demandas pelo conhecimento científico demoraram algum tempo para surgir.

Somente no século *XIX*, especificamente, no seu início, com a vinda da família real portuguesa, houve de fato uma manifestação do conhecimento científico. Fato explicado devido ao interesse de membros da realeza se interessarem pelas ciências, ficando claro que desde sempre o ensino é reflexo do contexto histórico, político e cultural.

Ao lado dessas nuances no currículo científico, destacamos o crescimento na valorização da Ciência nacional, somente a partir da década de 1870, mas muito mais como “moda”, pelo consumo de manuais e livros de divulgação científica, do que como prática e produção (Santos; Galletti, 2023). Ainda assim o ensino de Ciências ocupava uma pequena parcela do currículo, ficando a cargo de disciplinas conhecidas atualmente como ciências naturais, que abordavam conteúdos muito genéricos. Durante todo esse período, a educação no território brasileiro era influenciada por reformas europeias.

Somente, a partir do ano de 1930, por intermédio da Reforma Francisco Campos, a disciplina Ciências Físicas e Naturais pôde vir a se oficializar no ensino secundário, com a unificação de campos de conhecimentos antes fragmentados (Marandino; Selles; Ferreira, 2009 *apud* Santos; Galletti, 2023).

A educação científica, na primeira metade do século XX, teve seu objetivo principal voltado aos valores sociais, devido ao crescimento da urbanização, da imigração, problemas relacionados com a saúde pública, enquanto a educação esteve voltada para a abordagem tradicional (conteudista) (Zômpero; Laburú, 2011). Ao fim da primeira metade do século XX, acontecimentos mundiais como o lançamento do satélite artificial espacial russo, afetaram as bases curriculares do mundo todo, inclusive do Brasil, possibilitando o desenvolvimento e a consolidação da educação científica, como por exemplo, o surgimento de sociedades científicas, como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A partir desses órgãos foi possível a institucionalização do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC), sendo que tal entidade foi essencial para a produção de equipamentos e materiais didáticos no Brasil no período de 1950 a 1980 com auxílio de financiamento estrangeiro (Santos; Galletti, 2023).

No contexto da educação brasileira, uma das mudanças pretendidas era substituir as abordagens tradicionais pela metodologia ativa preconizada pelo movimento da Escola Nova, sendo que a partir da década de 60, um dos objetivos incorporados pelos projetos de ensino era permitir a vivência do método científico como fundamental à formação do educando, estimulando o processo de investigação (Porto; Goulart, 2009; Souza; Silva; Arruda; Almeida; Carvalho, 2015).

Importantíssimo citar a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), n. 4.024, de 21 de dezembro de 1961, que foi essencial para a ampliação da participação das ciências no currículo escolar, tanto nos primeiros anos do curso ginásial

quanto no aumento da carga horária de disciplinas como Física, Química e Biologia no curso colegial (Santos; Galletti, 2023).

Ainda durante a década de 1970 surgiu a perspectiva de que o aluno deveria experimentar as ciências por meio do método científico ou método da descoberta ou ciência posta em prática para a formação de futuros cientistas (Silva-Batista; Moraes, 2019). No entanto, essa tendência da democratização do conhecimento científico, foi exposta erroneamente, pois se imaginava que a experimentação seria a solução para o ensino de ciências, comparando a metodologia científica com a metodologia de ensino.

Silva-Batista e Moraes (2019) discorrem também que durante a década de 1970, devido às grandes crises e discussões sobre o meio ambiente, desenvolvimento não sustentável e o papel das ciências para a sociedade, surgiram os primeiros debates sobre a inclusão das questões tecnológicas e sociais no currículo de Ciências, o enfoque CTS, fato fundamental para as discussões que abordaram a questão ambiental. É pertinente destacar que a nomenclatura da tríade CTS, adotada desde a década de 1970 como uma abordagem educacional no ensino de Ciências, passou, nos últimos anos, por uma ampliação conceitual ao incorporar explicitamente o componente ambiental, dando origem ao termo CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), cuja definição será apresentada posteriormente.

Desta maneira, o ensino passa a considerar a abordagem CTSA, englobando a inter-relação Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (Freitas; Dias, 2021). Contudo, o ensino de Ciências só adquiriu certa importância em meados dos anos 70, a partir de uma concepção renovada de currículo, numa perspectiva investigativa, na qual o aluno deve ser o foco do processo de ensino e aprendizagem (Souza; Silva; Arruda; Almeida; Carvalho, 2015).

Para Santos e Galletti (2023), tal encaminhamento mostrava-se adequado a um novo ensino de Ciências, em que um dos objetivos centrais era levar o estudante a vivenciar o método científico, com vistas a fazê-lo familiarizar-se intimamente com ele e preparar o pequeno cientista por meio de uma proposta metodológica investigativa e experimental.

Adiante, as atualizações da legislação, se consolidando com a última versão da LDBEN em 1996 e propiciando a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) permitiram o desenvolvimento de políticas voltadas para o amadurecimento do conhecimento científico. No Brasil, a abordagem do ensino envolvendo atividades de investigação é encontrada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) (Zômpero; Laburú, 2011).

Nos últimos anos tivemos a elaboração de um currículo comum, a chamada Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que pretendia unificar os currículos do país todo. A

BNCC, elaborada entre 2015 e 2018, expõe a influência dos organismos internacionais na educação brasileira (Mattos; Amestoy; Tolentino-neto, 2022). No entanto, foi observado que o processo de elaboração da BNCC mostrou-se polêmico, assim como sua proposta de ensino. Ao longo da elaboração da política curricular, a escolha por um viés mercadológico, com forte aproximação com o setor empresarial e da Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), foram destaque (Mattos; Amestoy; Tolentino-neto, 2022).

De acordo com a BNCC, os conteúdos estão divididos por áreas, ficando o foco do nosso estudo voltado para o componente curricular de Ciências da Natureza (CN). Porém, esse documento inacabado, ainda não explicava a forma como seriam desenvolvidos os conteúdos no ensino médio, trazendo somente uma explicação para o ensino fundamental.

Portanto, ao longo do ensino fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (Brasil, 2018).

Ainda de acordo com o documento:

Nessa perspectiva, a área de Ciências da Natureza, por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica (Brasil, 2018).

Considerando que a reforma do ensino médio estabeleceu princípios curriculares alinhados a essa finalidade, a análise da função dos currículos CTS contribuiu para uma reflexão crítica acerca do papel do ensino de Ciências na concretização desse propósito (Santos; Mortimer, 2001). A partir de 2022, uma nova versão da BNCC trouxe algumas orientações para a elaboração do chamado “Novo Ensino Médio”, dividindo de fato o ensino por áreas de conhecimento, sendo uma delas a de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Muitas foram as contribuições dessa nova reforma, contudo, por se tratar de algo novo e não ser um consenso entre estudantes e professores, enfrentou duras críticas. Para os autores Costa, Venturi, Lisbôa e Dos Santos, (2023) é necessário salientar que:

Apesar de reconhecermos a importância das críticas à BNCC, este documento tornou-se um currículo e faz parte da realidade no contexto escolar, observamos que o documento prevê o desenvolvimento de competências essenciais à Educação em Ciências e enfatiza a necessidade de que se recorra a abordagens próprias das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (Costa; Venturi; Lisbôa; Dos Santos, 2023).

Embora, não apareça explicitamente, a BNCC trouxe encaminhamentos para o ensino médio:

Na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos (Brasil, 2018).

Vale ressaltar que o documento (BNCC) destaca a importância do ensino de Ciências a partir de processos e práticas investigativas:

Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (Brasil, 2018).

Enfim, a BNCC sofreu muitas modificações das mais diversas propostas em suas diferentes versões, contudo, para Mattos, Amestoy e Tolentino-Neto (2022), a explosão das competências e habilidades cercearam qualquer tentativa de a comunidade escolar e/ou acadêmica influenciar os rumos que o ensino de componentes de CN tomaria no Brasil, além de que se constata, assim, que as alterações, ao longo das versões da Base, são reflexo do cenário político-social vivenciado no país.

Diante de tantas mudanças é possível observar que o ensino tradicional, aquele pautado na transmissão de conhecimentos de forma superficial, sem interação ou envolvimento dos alunos, tornou-se obsoleto, dando lugar à novas metodologias, diferentes práticas de ensino, que despertem o interesse nos educandos em estudar ciências, de fazer com que ela leve-os a suscitar questionamentos, estabelecer relações entre fenômenos e incentivá-los a pesquisar (Souza; Silva; Arruda; Almeida; Carvalho, 2015).

Para os autores Souza, Silva, Arruda, Almeida e Carvalho (2015), a pesquisa e experimentação no ensino de Ciências são fundamentais para a produção de conhecimento, uma vez que para se perceber como um ser integrante do mundo, o aluno deve compreendê-lo e interpretar as ações e os fenômenos que observa e vivencia em seu cotidiano.

Portanto, diante de tantas necessidades, diferentes metodologias surgiram para suprir as carências do ensino tradicional ainda predominante nas escolas, ficando a cargo de novas práticas pedagógicas que pudessem melhorar o aprendizado e contribuir para a AC dos educandos.

## 5 METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O ensino de Ciências deve estar vinculado à evolução científica-tecnológica que envolve a sociedade, logo, o ensino tradicional enfrenta dificuldade diante desta realidade. Em um mundo em constante transformação, a educação precisa encontrar maneiras de adaptar estratégias de ensino que sejam eficazes perante as novas maneiras de pensar, comunicar e aprender.

Os métodos de ensino tradicionais das escolas tornaram-se “desinteressantes”, diante das mudanças de comportamento das pessoas, da necessidade de informação de maneira quase instantânea e das possibilidades que as novas tecnologias proporcionam ao indivíduo (Santos; Luz; Martins, 2020). Para isto, temos nas metodologias ativas uma possibilidade de modificar a forma como os estudantes encaram o ensino de Ciências. As metodologias ativas são abordagens pedagógicas centradas na participação efetiva dos educandos, voltada para a construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida, elas são o ponto de partida para alcançar processos mais avançados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização e de reelaboração de novas práticas (Móran, 2015; 2017).

As metodologias ativas surgiram no Brasil por meio de um processo gradual de transformação das práticas pedagógicas, influenciado por movimentos internacionais e pela necessidade de superar o modelo de ensino tradicional centrado na transmissão de conteúdos.

De acordo com Santos, Luz e Martins (2020):

Esta metodologia chegou ao Brasil através do movimento Escolanovista, liderado por Lourenço Filho (bases psicológicas), Fernando de Azevedo (bases sociológicas) e Anísio Teixeira (bases filosóficas e políticas), principalmente pelos dois últimos que, baseados no modelo Escola Nova de Dewey, se mobilizaram em prol da renovação da educação no Brasil.

É consenso que o ensino de Ciências está intimamente ligado às questões científico-tecnológicas, relação evidenciada pelas dificuldades enfrentadas pelo modelo educacional tradicional, logo, reconhecemos que o desenvolvimento da AC requer abordagens didático-pedagógicas que integrem conhecimentos científicos. Neste sentido, em contraposição a esse formato tradicional, surgem estratégias educacionais mediadas por tecnologias, que permitem a articulação da teoria com a prática (Costa; Venturi, 2021).

Atualmente, há uma grande diversidade de metodologias ativas voltadas para o ensino de Ciências, sendo o quadro 2 elaborado a partir das definições de Anastasiou e Alves (2004), Berbel (2011), Bacich, Moran e Trevisani (2015) e Garofalo (2018).

<b>Metodologia Ativa</b>	<b>Descrição</b>
Aprendizagem Baseada em Problemas	Os alunos aprendem a partir da resolução de um problema complexo e real, com base na pesquisa, discussão e trabalho em grupo (Berbel, 2011; Garofalo, 2018).
Aprendizagem Baseada em Projetos	Os estudantes desenvolvem projetos interdisciplinares e contextualizados, com base em uma pergunta norteadora ou desafio (Berbel, 2011; Garofalo, 2018).
Ensino por Investigação	O estudante é convidado a formular hipóteses, realizar experimentações, coletar dados e tirar conclusões (Berbel, 2011; Bacich; Moran; Trevisani, 2015).
Estudo de Caso	Analisa situações reais ou fictícias, levando o estudante a refletir sobre causas, consequências e possíveis soluções para o caso (Berbel, 2011).
Sala de Aula Invertida	O conteúdo (tema da aula) é estudado previamente em casa, por meio de vídeos, textos ou outros materiais; o tempo em sala é usado para debates e práticas (Bacich; Moran; Trevisani, 2015; Garofalo, 2018).
Rotação por Estações	A sala de aula é organizada com diferentes estações de aprendizagem, cada uma com um tipo de atividade como: experimentos, leituras, desafios, uso de tecnologia (Anastasiou; Alves, 2004).

Gamificação	Utiliza elementos de jogos (missões, pontuação, desafios, rankings) no ambiente educacional para engajar os alunos e promover a aprendizagem ativa (Bacich; Moran; Trevisani, 2015).
Aprendizagem entre Pares	Os alunos aprendem ensinando e explicando conteúdos uns aos outros, com mediação do professor (Anastasiou; Alves, 2004).
Simulação de Papéis	Os estudantes assumem papéis em situações simuladas, como debates científicos, assembleias, entrevistas, entre outros (Anastasiou; Alves, 2004).
Design Thinking	Estratégia centrada na resolução criativa de problemas com foco na empatia, ideação, prototipagem e teste de soluções (Bacich; Moran; Trevisani, 2015).

Quadro 2 - Metodologias ativas

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Anastasiou e Alves (2004), Berbel (2011), Bacich, Moran e Trevisani (2015) e Garofalo (2018).

De acordo com Brito, Silva e Razera (2020), as metodologias ativas são estratégias de ensino que promovem a participação ativa dos alunos, colocando-os no centro do processo de aprendizagem. Tais estratégias podem assumir diferentes formas, como a resolução de problemas, o levantamento de hipóteses, a realização de análises e a elaboração de sínteses.

As metodologias ativas têm o potencial de estimular a curiosidade dos estudantes ao envolvê-los nos processos de teorização e na produção de novos elementos que, por vezes, não haviam sido considerados nas aulas ou mesmo na perspectiva do professor. Dessa forma, tornam-se instrumentos didáticos desafiadores tanto para quem aprende quanto para quem ensina (Silva; Souza, 2019).

Nesse contexto, o papel do professor também se transforma, deixando de ser o principal transmissor de conhecimento e assumindo a função de mediador, atuando ao lado dos estudantes e orientando suas descobertas. Para tanto, o docente recorre à aplicação de

metodologias de cunho crítico, reflexivo e investigativo, com o intuito de promover a construção autônoma e significativa do saber pelos discentes.

Portanto, para viabilizar a implementação dessas metodologias, torna-se essencial fomentar nos estudantes o desejo investigativo e a busca pela construção do conhecimento. Deste modo, as metodologias ativas fazem uso de ferramentas pedagógicas que favorecem o desenvolvimento dessas competências e habilidades (Santos; Luz; Martins, 2020). Em suma, as metodologias ativas colocam o estudante no centro do processo de aprendizagem, estimulando a autonomia, a investigação e o pensamento crítico, aspectos fundamentais para a construção de uma postura científica diante da realidade (Berbel, 2011).

## 6 PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com a fundamentação teórica deste trabalho, o problema de pesquisa emerge das limitações de um ensino de Ciências ainda marcado pela fragmentação de conteúdos e pela não utilização de metodologias ativas que discutam questões socialmente relevantes, o que compromete o desenvolvimento da AC dos estudantes. Ao articular a AC, a abordagem CTSA e as questões sociocientíficas, compreendemos que a falta de práticas pedagógicas que integrem esses eixos dificulta a formação de sujeitos capazes de interpretar criticamente problemas contemporâneos, argumentar com base em conhecimentos científicos e tomar decisões responsáveis.

Nesse sentido, o desafio reside em compreender como propostas didáticas fundamentadas nesses eixos teóricos podem superar os limites do ensino tradicional, promovendo uma aprendizagem mais contextualizada, crítica e socialmente comprometida, especialmente frente a problemáticas ambientais complexas, como as mudanças climáticas.

Portanto, o problema central que orienta esta pesquisa consiste em compreender de que maneira a aplicação de SDs, estruturada a partir de uma metodologia ativa e voltada para o tema das mudanças climáticas, pode impactar o processo de aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio.

Assim, a questão norteadora é: de que maneira o uso de uma metodologia ativa, no contexto de uma SD sobre mudanças climáticas, contribui para que estudantes do Ensino Médio articulem as dimensões CTSA na compreensão de problemas socioambientais?

**Objetivo Geral:** Analisar como a aplicação de uma metodologia ativa em uma sequência didática favorece o desenvolvimento da AC, com foco na capacidade dos estudantes de articularem as inter-relações CTSA frente à temática das mudanças climáticas.

**Objetivos Específicos:** Para conduzir o processo de investigação, foram definidos os seguintes objetivos:

a) Sistematizar as principais questões científicas e socioambientais relativas às mudanças climáticas, visando a estruturação de uma intervenção fundamentada na abordagem CTSA e em controvérsias sociocientíficas.

b) Mapear as concepções iniciais e os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a temática, identificando como percebem as influências mútuas entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente antes da intervenção.

c) Propor e organizar uma sequência didática pautada em metodologias ativas, utilizando um formato de organização pedagógica que favoreça o protagonismo estudantil e a investigação de temas complexos.

d) Elaborar e aplicar instrumentos de coleta de dados integrados à organização didático-pedagógica, a fim de investigar a mobilização das dimensões CTSA e a capacidade argumentativa dos estudantes diante das controvérsias sociocientíficas.

e) Avaliar o desenvolvimento da Alfabetização Científica dos estudantes, verificando em que medida a articulação sistêmica entre as dimensões CTSA contribuiu para a superação de visões simplificadas e para a construção de uma consciência crítica.

Deste modo, buscamos investigar como os alunos respondem a essa proposta pedagógica e quais contribuições ela oferece para o desenvolvimento do pensamento crítico, da AC e da capacidade de analisar questões sociocientíficas complexas em seu contexto social, cultural e ambiental.

## **7 PERCURSO METODOLÓGICO**

Para o desenvolvimento de qualquer tipo de conhecimento é necessário a pesquisa, que para Gil (2017) é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos e estratégias de investigação científica.

Uma pesquisa pode ser classificada como quantitativa ou qualitativa, sendo a primeira capaz de produzir dados estatísticos, quantificar informações, opiniões, e permite fazer um retrato de toda a população alvo da pesquisa. Os dados são obtidos por meio de instrumentos padronizados. Já a pesquisa qualitativa é baseada em estudo bibliográfico, análise de dados via observação e, considera relevante dados subjetivos dos indivíduos pesquisados. Tem como objetivo explicar a dinâmica das relações sociais (Santos; Luz; Martins, 2020).

Neste trabalho, adotamos a abordagem qualitativa com o intuito de compreender as perspectivas dos participantes (discentes), analisando como suas experiências e significados contribuem para a construção do conhecimento. Além disso, buscamos desenvolver uma prática educativa crítica, com ênfase na promoção da autonomia intelectual.

### **7.1 PESQUISA QUALITATIVA**

A pesquisa qualitativa em educação, como apontado por Zanette (2017), desenvolveu-se a partir de novas fundamentações teórico-epistemológicas que foram sendo aplicadas nas investigações pedagógicas, de modo que o foco da pesquisa se centrou na análise interpretativa dos dados e não sua quantificação.

A abordagem qualitativa defende uma visão holística dos fenômenos, ou seja, leva em consideração todos os componentes de uma situação em suas interações e influências recíprocas (André; Gatti, 2008). De acordo com André e Gatti (2008), na pesquisa qualitativa é dada atenção especial ao mundo do sujeito e aos significados por ele atribuídos às suas experiências cotidianas, às interações sociais que possibilitam compreender e interpretar a realidade, aos conhecimentos implícitos e às práticas cotidianas que constroem as condutas desses sujeitos.

Deste modo, a pesquisa qualitativa constitui-se em uma modalidade investigativa, pois busca responder ao desafio da compreensão dos aspectos formadores/formantes do humano, de suas relações e construções culturais, tanto nas dimensões grupais, comunitárias ou pessoais (André; Gatti, 2008).

## **7.2 A PROPOSTA DIDÁTICA**

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de SDs voltadas à abordagem da temática das mudanças climáticas. Nesse contexto, a Unidade Didática Multiestratégica (UDM) se configura como o eixo responsável pela estruturação, articulação e organização dessas sequências. A elaboração da proposta didática foi feita com base nos pressupostos da fundamentação teórica adotada, de modo a integrar a abordagem CTSA, a promoção da AC e a problematização de questões sociocientíficas como estratégias para favorecer a formação crítica, reflexiva e cidadã dos estudantes.

A abordagem metodológica está voltada para a proposta do ensino de Ciências por Investigação, que tem como propósito a aprendizagem dos educandos a partir de problemas sociocientíficos de modo a desenvolverem conhecimentos, habilidades e valores científicos para que possam compreender o mundo e agir na sociedade de modo crítico, dessa maneira, permitindo articular o ensino com a prática social (Morais; Bego, 2024).

A escolha da UDM como modelo formativo justifica-se por sua flexibilidade e potencial integrador, uma vez que permite articular diferentes estratégias didáticas coerentes com a abordagem CTSA, favorecendo o desenvolvimento da AC por meio da discussão de questões sociocientíficas e da promoção de práticas investigativas no ensino de Ciências.

### **7.2.1 UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA**

Para Bego, Ferrarini e Moralles (2021), uma UDM pode ser entendida como um modelo formativo que abrange a integração, de modo organizado e sequenciado, de um conjunto de estratégias didáticas e de avaliação, a partir de objetivos de aprendizagem previamente estabelecidos e delimitados por meio de uma abordagem metodológica.

Desse modo, a UDM diferencia-se de outros modelos de planejamento didático-pedagógico a partir de três características fundamentais, explicitadas nas críticas dirigidas a propostas tradicionais. A primeira diz respeito à consideração e à articulação entre os diferentes níveis de planejamento (educacional, curricular e de ensino), superando a fragmentação frequentemente presente em outros modelos. A segunda refere-se à compreensão da abordagem metodológica como uma escolha prévia, de natureza política e ética, que orienta a ação profissional do docente, e não como uma simples decorrência da organização do ensino por ele proposta. A terceira característica relaciona-se à necessidade de que o planejamento seja construído a partir de uma realidade concreta de ensino, rejeitando tanto a elaboração de planos ideais e generalizáveis para quaisquer contextos quanto a adoção acrítica de propostas externas prontas e fechadas, como ocorre nos sistemas apostilados (Bego; Ferrarini; Moralles, 2021). Nesse sentido, sustentamos que a UDM apresenta singularidades ao se constituir como um modelo formativo amplo, que não prescreve uma abordagem metodológica específica ou um modelo didático único para o ensino de Ciências.

De acordo com Bego (2016), para a implementação da UDM devem ser levadas em consideração três etapas que se complementam: o planejamento da UDM; a intervenção didático-pedagógica; e o replanejamento da UDM a partir da crítica sobre a intervenção realizada.

A etapa de planejamento da UDM tem como objetivo fornecer a fundamentação teórica e metodológica para a investigação em situações complexas de ensino. Deste modo, o planejamento da UDM é dividido em sete seções principais, denominadas de tarefas, que buscam cumprir objetivos e podem ser descritas como:

1. caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica;
2. análise científico-epistemológica;
3. análise didático-pedagógica;
4. abordagem metodológica;
5. seleção de objetivos e estratégias de avaliação;
6. seleção de estratégias didáticas;
7. seleção de instrumentos de avaliação.

A organização de tais tarefas podem ser vistas na figura a seguir, proposta por Bego, Ferrarini e Moralles (2021).

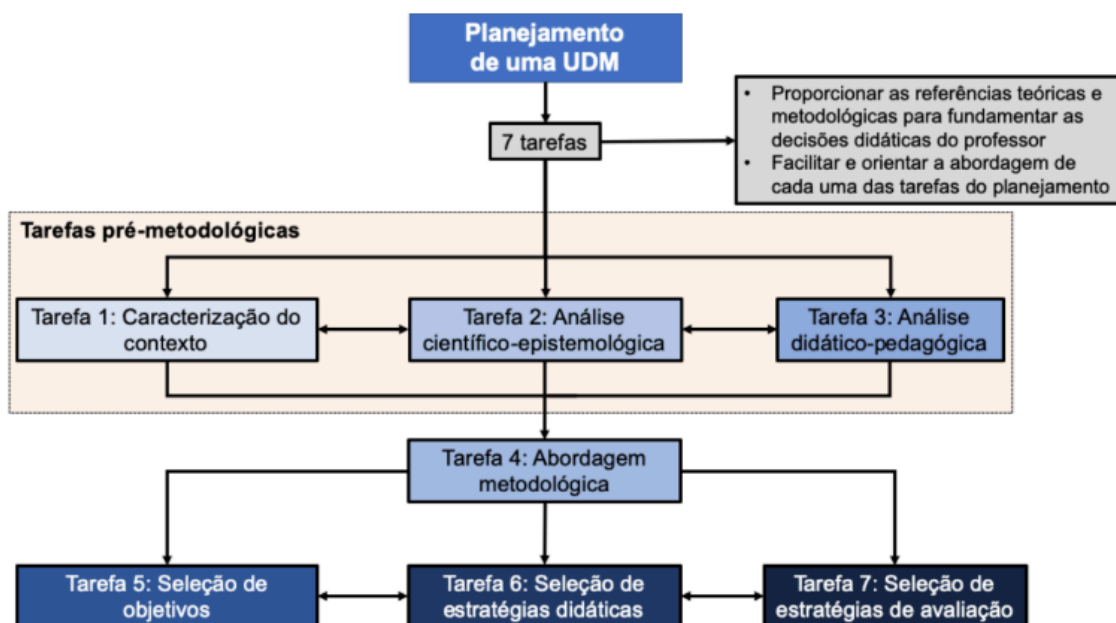


Figura 2 - Sistematização do planejamento de uma Unidade Didática Multiestratégica

Fonte: Bego, Ferrarini e Morales (2021).

A primeira tarefa corresponde à caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica, que pode ser definida como a caracterização da unidade escolar, ou seja, a descrição da turma, dos estudantes, do espaço físico, incluindo os recursos materiais e a infraestrutura (Bego, 2016).

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Nome da unidade escolar	
Endereço completo	
Site e e-mail	
Caracterização da unidade escolar	
Disciplina	
Ano/turma	
Professor responsável	
Número de estudantes	
Caracterização dos estudantes	

Quadro 3 - Tarefa 1 da UDM

Fonte: Adaptado de Bego (2016).

Tal tarefa constitui ponto extremamente importante para que o professor possa compreender as individualidades e particularidades do ambiente escolar em que desenvolverá o trabalho, permitindo que ele possa identificar limitações e traçar ações que adequem as práticas pedagógicas (Mendonça, 2020).

A segunda tarefa refere-se a análise científico-epistemológica, descreverá o tema da UDM (conteúdo programático), os pré-requisitos para seu desenvolvimento, as orientações curriculares oficiais e o conteúdo científico que será trabalhado, incluindo a abordagem do desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM, além da construção de um mapa conceitual (Bego, 2016).

<b>ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA</b>	
<b>Conteúdo programático da UD</b>	
<b>Pré-requisitos para a UD</b>	
<b>Orientações curriculares oficiais sobre o tema</b>	
<b>Conteúdos conceituais</b> - <b>Identificação</b> dos fatos e/ou fenômenos de interesse <b>Interpretação</b> dos fatos ou fenômenos de interesse	
<b>Desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM</b> (perfil conceitual)	
<b>Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM</b> (mapa conceitual)	
<b>Referências</b> (de acordo com ABNT)	

Quadro 4 - Tarefa 2 da UDM

Fonte: Adaptado de Bego (2016).

O conteúdo programático descreve o tema a ser trabalhado, seguindo a orientação dos documentos curriculares oficiais, pois o planejamento didático deve estar pautado em diretrizes que orientam a prática docente. O tópico pré-requisitos tem como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, necessários para o desenvolvimento do conteúdo programático proposto.

De acordo com Bego (2016), a ciência é epistemologicamente complexa, deste modo, não há um único método científico, sendo assim o desenvolvimento histórico do tema abordado nos conteúdos da UDM devem refletir e analisar a evolução histórica dos conceitos,

permitindo que o aluno compreenda que o conteúdo científico não é algo isolado e ahistórico. Assim, a análise científico-epistemológica deve estruturar os conteúdos a serem trabalhados, levando o professor à reflexão e atualização sobre eles, desta maneira, os conteúdos selecionados devem ser coerentes com concepções atuais da natureza da ciência e da investigação científica.

Por sua vez, os conteúdos conceituais demonstram os conceitos teóricos do tema da UDM apresentando seus aspectos fenomenológico e representacional, enquanto o esquema conceitual sugere a elaboração de um mapa conceitual que represente uma esquematização explícita do conteúdo e suas relações (Bego, 2016).

A terceira tarefa representada pela análise didático-pedagógica pode ser dividida em: concepções alternativas dos estudantes acerca da temática da UDM; obstáculos epistemológicos relacionados ao conteúdo da UDM e; implicações para o ensino dos conteúdos relacionados ao tema (Bego; Ferrarini; Moralles, 2021).

<b>ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA</b>	
<b>Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UD</b>	
<b>Obstáculos epistemológicos particulares relacionados aos conteúdos da UDM</b> Obstáculo da experiência primeira Obstáculo verbal Obstáculo substancialista Obstáculo realista Obstáculo animista	
<b>Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM</b> Aspectos a evitar e a reforçar	
<b>Referências</b> (de acordo com ABNT NBR 6023)	

Quadro 5 - Tarefa 3 da UDM

Fonte: Adaptado de Bego (2016).

É necessário conhecer as concepções prévias dos alunos, pelo fato da contribuição na construção da UDM, podendo prever alguns erros e dificuldades que os estudantes podem apresentar devido à defasagem anterior à UDM (Mendonça, 2020), além da questão que tais conhecimentos podem estar relacionados a conceitos científicos e apresentarem concepções alternativas, sendo difícil de alterá-las, necessitando a ação do docente para um entendimento efetivo dos conhecimentos científicos.

Os obstáculos epistemológicos podem ser definidos como a ausência do pensamento crítico, como citado por Bachelard (1996), para o desenvolvimento do “espírito científico” é necessária uma disposição interna do indivíduo para revisar e reconstruir suas ideias prévias sobre os fatos e fenômenos da natureza. Desta maneira, para superar obstáculos epistemológicos, o professor deve identificar as barreiras que dificultam a compreensão e a construção do conhecimento científico.

Em relação às implicações para o ensino, cabe ao professor analisar e compreender os obstáculos epistemológicos e cognitivos envolvidos, definindo os pontos críticos que exigirão maior atenção durante a abordagem dos conteúdos. A partir dessa análise, o docente estabelece implicações para o ensino, definindo o que deve ser evitado, ajustado ou reforçado ao longo do processo.

A quarta tarefa consiste na definição da abordagem metodológica que é o elemento estruturante da UDM. A partir desta tarefa, o professor explicita a teoria de ensino e aprendizagem que orientará sua prática, revelando suas concepções sobre o papel da ciência na educação e sobre o processo educativo, de modo a relacionar as funções do professor e dos estudantes dentro do processo de ensino e aprendizagem, sendo todos os assuntos apoiados em um aporte pedagógico acerca do tema (Bego, 2016; Mendonça, 2020).

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
<b>Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida</b> (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)	
<b>Referências</b> (de acordo com ABNT NBR 6023)	

Quadro 6 - Tarefa 4 da UDM

Fonte: Adaptado de Bego (2016).

Sendo assim, a quarta tarefa tem como função central explicitar e antecipar a abordagem metodológica que fundamentará o planejamento do professor, constituindo-se como um momento inicial de tomada de posição consciente e intencional. Ao mesmo tempo, ao longo do desenvolvimento das tarefas subsequentes do modelo, essa tarefa possibilita evidenciar o grau de apropriação do docente em relação à abordagem escolhida, uma vez que

suas opções, definições e formas de organizar o ensino se manifestam na seleção dos objetivos, das estratégias didáticas e dos procedimentos avaliativos.

Nesse sentido, a quarta tarefa cumpre um papel teórico-prático fundamental ao permitir a análise da coerência interna do planejamento, promovendo reflexões sobre a definição dos conteúdos curriculares e dos objetivos de aprendizagem, a adequação das estratégias didáticas adotadas, a pertinência dos instrumentos de avaliação e as razões que orientam a organização e o sequenciamento do processo de ensino e aprendizagem (Bego; Ferrarini; Moralles, 2021).

A quinta tarefa corresponde a seleção dos objetivos de aprendizagem relacionando-os com as orientações curriculares oficiais. Nesta unidade são apresentadas as SDs, seus objetivos e os conteúdos que serão trabalhados em cada SD, além do número de aulas previsto para sua realização.

<b>TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS</b>			
<b>Título da UD</b>			
<b>Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais</b>			
<b>Objetivo de aprendizagem da UD</b>			
<b>Título das SD</b>	<b>Objetivo de aprendizagem das SD</b>	<b>Conteúdo Programático das SD</b>	<b>Tempo Aproximado (em aulas)</b>

Quadro 7 - Tarefa 5 da UDM

Fonte: Adaptado de Bego (2016).

Nessa tarefa é definido os objetivos gerais e específicos da UDM, com base na abordagem metodológica adotada, nas diretrizes curriculares, nas análises epistemológicas e didáticas e na realidade dos educandos, permitindo articular os saberes científicos com as práticas pedagógicas (Bego, 2016).

A elaboração de objetivos específicos para cada SD possibilita ao professor monitorar tanto o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes quanto a coerência e a progressão da própria UDM. Nessa perspectiva, os objetivos específicos devem ser concebidos de forma articulada, de modo que sua consecução conduza, gradualmente, ao alcance do objetivo geral da UDM, respeitando uma evolução progressiva no nível de complexidade dos conteúdos trabalhados. Entre as diferentes ferramentas disponíveis na literatura, destacamos a Taxonomia de Bloom Revisada como referência para a construção desses objetivos, uma vez que organiza

hierarquicamente o domínio cognitivo, partindo de níveis mais simples para os mais complexos (Ferraz; Belhot, 2010).

Conforme sugerem Ferraz e Belhot (2010), a formulação dos objetivos pode articular verbos, substantivos e gerúndios, permitindo explicitar não apenas o conteúdo a ser aprendido, mas também as formas de aprendizagem e os instrumentos de avaliação associados.

<p>1. <b>Lembrar:</b> Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Reconhecendo e Reproduzindo.</p>
<p>2. <b>Entender:</b> Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Interpretando, Exemplificando, Classificando, Resumindo, Inferindo, Comparando e Explicando.</p>
<p>3. <b>Aplicar:</b> Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Executando e Implementando.</p>
<p>4. <b>Analisar:</b> Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Diferenciando, Organizando, Atribuindo e Concluindo.</p>
<p>5. <b>Avaliar:</b> Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Checando e Criticando.</p>
<p>6. <b>Criar:</b> Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Generalizando, Planejando e Produzindo.</p>

Quadro 8 - Estrutura do processo cognitivo na taxonomia de Bloom – revisada

Fonte: Ferraz e Belhot (2010).

É fundamental ressaltar que a definição dos objetivos à luz da Taxonomia de Bloom Revisada deve estar alinhada aos princípios estruturantes da UDM, mantendo coerência com a abordagem metodológica e com os demais elementos do planejamento como: conteúdos, estratégias didáticas, recursos, organização da sala e procedimentos avaliativos. Por fim, após

a definição do objetivo geral da UDM e dos objetivos específicos de cada SD, cabe ao professor estabelecer o conteúdo programático e o tempo destinado a cada sequência, assegurando a viabilidade e a progressão do planejamento proposto.

A sexta e sétima tarefa correspondem a seleção de estratégias didáticas e as estratégias de avaliação, que representam o detalhamento das atividades, as estratégias didáticas, os recursos didáticos, os materiais de aprendizagem e os instrumentos de avaliação que se pretende utilizar em cada aula para alcançar os objetivos específicos das SDs (Bego, 2016).

<b>SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO</b>					
<b>Título da SD1</b>					
<b>Objetivo de aprendizagem da SD</b>					
<b>Estratégia de Avaliação</b>					
<b>Dia/Aula</b>	<b>Estratégia Didática</b>	<b>Conteúdos programáticos de ensino</b>	<b>Gestão do tempo e do espaço (Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula)</b>	<b>Recursos Didáticos</b>	<b>Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação</b>
Aula 1					
Aula 2					
Aula 3					
Aula 4					
<b>Referências</b> (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)					

Quadro 9 - Tarefa 6 e 7 da UDM

Fonte: Adaptado de Bego (2016).

A escolha e planejamento dos métodos, recursos e materiais de aprendizagem devem permitir atingir os objetivos definidos anteriormente, para isto, as estratégias devem ser diversificadas, dinâmicas e adaptáveis, de modo a considerar os diferentes estilos e ritmos de aprendizagem dos discentes. Dentre as possibilidades estão o uso de experimentos, estudos de caso, mapas conceituais, jogos didáticos, aula expositiva e dialogada, entre outras.

As estratégias de avaliação devem avaliar não apenas os conhecimentos adquiridos pelos alunos, mas também a eficácia das atividades, das estratégias adotadas e da própria UDM como um todo. Os instrumentos avaliativos podem incluir provas, relatórios, debates,

seminários, mapas conceituais, questionários e outras formas que permitam verificar o progresso dos estudantes de maneira ampla e contextualizada.

Portanto, a UDM deve ser entendida como um modelo formativo de ensino baseado em um processo estruturado de maneira crítica e fundamentado teórica e metodologicamente, de forma que este planejamento seja feito mediante a realização das sete tarefas propostas anteriormente (Bego; Ferrarini; Moralles, 2021). Assim, compreendemos o planejamento didático como uma atividade fundamental da prática docente, dada a intencionalidade do ensino pelo professor, portanto, as sete tarefas da UDM constituem um processo contínuo e articulado, que visam integrar teoria e prática, promovendo um ensino mais reflexivo, investigativo e centrado na aprendizagem significativa (Bego; Ferrarini; Moralles, 2021).

Deste modo, a segunda etapa referente à intervenção didático-pedagógica ocorre quando o professor põe em prática todos os passos de planejamento da UDM e das sequências didáticas. A partir dessa prática ocorre a terceira etapa que diz respeito ao replanejamento da UDM com base na reflexão crítica sobre sua implementação. É nesse momento que se analisam os resultados obtidos e, a partir disso, realizam-se os ajustes necessários nas seções anteriormente elaboradas, possibilitando que a UDM seja aprimorada e adaptada para futuras intervenções pedagógicas (Bego, 2016; Mendonça, 2020).

A importância da UDM como modelo formativo reside no fato de incorporar elementos que incentivam o professor a elaborar sua proposta com base em teorias pedagógicas bem estruturadas, com base em uma abordagem metodológica pautada em um referencial teórico sustentado por uma postura reflexiva tanto em relação à prática profissional quanto ao seu próprio exercício docente (Bego; Ferrarini; Moralles, 2021).

Logo, diante do fato deste modelo necessitar de uma perspectiva multidimensional, ele requer estratégias de ensino ativo, como abordagens didáticas por meio de metodologias ativas.

### **7.3 ABORDAGEM METODOLÓGICA**

O Ensino por Investigação (EI) foi escolhido como abordagem metodológica por favorecer uma aprendizagem ativa, crítica e significativa, na qual os estudantes assumem papel central no processo de construção do conhecimento científico. Essa abordagem possibilita a problematização de situações reais, a formulação de hipóteses, a análise de evidências e o

desenvolvimento da argumentação, aproximando o ensino de Ciências do modo como o conhecimento científico é produzido. Enquanto, o Caso Investigativo (CI) foi definido como estratégia didática por constituir uma situação-problema contextualizada, capaz de mobilizar conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais de forma integrada.

### 7.3.1 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O EI é uma abordagem metodológica que está no centro das discussões do ensino de Ciências nas últimas décadas. Ainda mais quando nos referimos a países da América do Norte e Europa, o EI é quase senso comum (Sá; Paula; Lima; Aguiar, 2007; Munford; Lima, 2007). Zômpero e Laburú (2011) descrevem que o conceito de investigação, também conhecido como “*inquiry*” em inglês, teve suas origens influenciadas pelo pedagogo americano John Dewey, no início do século XX.

No entanto, essa abordagem ganhou força como modelo pedagógico somente a partir da década de 1990, sendo que no contexto brasileiro, pesquisadores e educadores da área de ciências demonstraram crescente interesse a partir dos anos 2000 (Sá; Paula; Lima; Aguiar, 2007), influenciados pela superação do ensino tradicional e voltados para a construção ativa do conhecimento. Sá, Paula, Lima e Aguiar (2007) destacam que a partir de tal perspectiva, o ensino de Ciências por Investigação tornou-se uma importante abordagem pedagógica de ensino e aprendizagem.

De acordo com Morais e Bego (2024), a proposta do EI compreende o conhecimento científico como uma construção humana inserida em um contexto histórico. Dessa forma, reconhecemos que esse conhecimento está em constante transformação, podendo ser modificado, reformulado ou até mesmo descartado, conforme novas demandas sociais emergem.

Carvalho (2013) defende que o ensino de Ciências deve priorizar uma formação científica que possibilite aos alunos a compreensão dos conhecimentos científicos presentes em seu cotidiano, dos avanços tecnológicos e das implicações dessas ciências e tecnologias em sua vida pessoal, na sociedade e no meio ambiente, logo o EI permite trabalhar problemas científicos que pretendem desenvolver conhecimentos, habilidades e valores do fazer científico, sendo tais elementos centrais das práticas epistêmicas da ciência.

Do ponto de vista epistemológico, o EI presume uma concepção construtivista e não linear da produção do conhecimento, embora, sabemos que a perspectiva epistemológica quase sempre está implícita nos currículos de Ciências, ela se mostra tendencialmente empirista-indutivista. Fica evidente que aproximar a ciência escolar da ciência acadêmica não é uma tarefa simples e fácil. Basta refletirmos sobre as diferenças entre esses dois espaços, onde a ciência ocorre de fato, no entanto, quando nos referimos à epistemologia, nos voltamos para os pensamentos sobre o que é o conhecimento científico e como ele é produzido, estabelecido e validado, e sobre quando e como se transforma (Cachapuz; Gil-Perez; Carvalho; Praia; Vilches, 2005; Munford; Lima, 2007).

Para isto, temos que analisar a proposta de um EI:

Os estudos inseridos na linha epistemológica da educação em ciências vêm defendendo que o ensino de ciências deve proporcionar aos alunos a compreensão a respeito da natureza científica e do saber da ciência, relacionando tais compreensões com aspectos tecnológicos e sociais presentes no mundo em que vivem (Nascimento, 2015).

Desta maneira, as atividades investigativas tornam-se instrumento oportuno para o surgimento das práticas epistêmicas por parte dos estudantes, além de auxiliar na construção do conhecimento científico (Nascimento, 2015). Podemos, portanto, inferir que a epistemologia é o estudo do conhecimento, demonstrando, principalmente, a sua preocupação com a forma que esse conhecimento é construído e adquirido pelos sujeitos, além de ponderar as práticas sociais atribuídas a esse conhecimento.

Cabe salientar que o EI requer a organização de situações, para que os alunos possam levantar questões, construir hipóteses, realizar experimentações, analisar dados e tirar conclusões, aproximando-se do modo como o conhecimento científico é produzido (Carvalho, 2013). Diante disto, o professor deve criar um ambiente investigativo que possibilite aos estudantes: a manipulação de materiais; trabalharem com dados; testarem hipóteses a partir de seus conhecimentos prévios; errarem e, a partir dos erros, identificar os aspectos importantes para a resolução do problema; além de estabelecer relações e argumentarem, permitindo o desenvolvimento da AC, a partir da ótica da investigação de problemas científicos (Moraes; Bego, 2024).

Devemos ressaltar que no EI, a construção do conhecimento está relacionada a resolução de problemas, que para isto está pautada na participação dos estudantes, que devem

sair de um estilo de passividade e aprender a interagir, raciocinar, refletir, verbalizar, escrever, opinar, ser um sujeito ativo (Pizzi, 2013).

Mas para que isto ocorra, os alunos devem ser incentivados, como sugere a BNCC:

É imprescindível que eles sejam progressivamente estimulados e apoiados no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, bem como no compartilhamento dos resultados dessas investigações. Isso não significa realizar atividades seguindo, necessariamente, um conjunto de etapas predefinidas, tampouco se restringir à mera manipulação de objetos ou realização de experimentos em laboratório (Brasil, 2018).

Sendo assim, o EI tem um enorme poder para o desenvolvimento do educando, como define a BNCC:

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental (Brasil, 2018).

É necessário justificar que o papel do professor é fundamental para determinar o caráter da investigação, pois as práticas do professor estão enquadradas em duas dimensões de categorias analíticas: a interatividade, que corresponde às ações comunicativas e intenções do professor; e a epistemológica, que se refere aos movimentos epistemológicos (Nascimento, 2015). Assim, o EI como abordagem metodológica deve tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e despertar o interesse do aluno por diferentes áreas do conhecimento.

Contudo, para Munford e Lima (2007), o ensino de Ciências por Investigação seria uma estratégia utilizada pelo professor para diversificar sua prática de forma inovadora, utilizada para trabalhar alguns temas mais apropriados para essa abordagem, enquanto outros teriam de ser trabalhados de outras formas. No entanto, para Sasseron (2015), o EI extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos. Tais diferenças evidenciam compreensões distintas sobre o papel do conhecimento.

Essa perspectiva enfatiza que a Ciência e os cientistas sofrem influências de fatores sociais, culturais, políticos, econômicos e ambientais, estabelecendo, assim, uma conexão direta com as questões relacionadas à abordagem CTSA (Morais; Bego, 2024), pois ao

integrar a essa abordagem, as práticas investigativas deixam de se restringir ao domínio conceitual e passam a abranger dimensões éticas, sociais e ambientais da Ciência.

No que tange ao entendimento das relações entre o EI e a abordagem CTSA, podemos perceber o entrelaçamento do conhecimento científico e escolar com essas esferas, o que permite estabelecer critérios de escolha dos conteúdos a serem ensinados e suas articulações com questões CTSA, assim a investigação de problemas científicos em sala de aula é o eixo central do ensino de Ciências por investigação (Morais; Bego, 2024).

A abordagem CTSA aliada ao EI é fundamental para o ensino de Ciências, pois permite estabelecer uma correlação entre o conhecimento científico e a realidade que o aluno presencia (Ribeiro; Suart; Suart Jr; De Souza; Rezende, 2024). Portanto, o EI trata-se do encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as conexões entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento são trabalhados (Sasseron, 2015), como por exemplo, em um CI, que também envolve a análise de uma questão-problema acerca de uma situação real ou fictícia contextualizada com a realidade.

Neste trabalho utilizamos diferentes estratégias didáticas, de modo a promover uma aprendizagem diversificada, significativa e contextualizada. Nesse sentido, foram articuladas aulas expositivas e dialogadas, atividades experimentais, produção de cartas-resposta e aplicação de questionários, cada uma contribuindo para o desenvolvimento de habilidades específicas dos estudantes. Contudo, destacamos que o CI constituiu a estratégia central do processo, atuando como eixo integrador das demais práticas pedagógicas. Foi por meio dele que se estabeleceu a conexão entre os conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, favorecendo a problematização, a reflexão crítica e o engajamento dos estudantes em situações de aprendizagem pautadas no EI.

### **7.3.2 CASOS INVESTIGATIVOS**

Para se referir aos Estudos de Caso como uma estratégia didática, adotamos o termo Casos Investigativos (CI), como abordado na literatura mais recente por alguns autores (Sá; Kasseboehmer; Queiroz, 2013; Cabral; Souza; Queiroz, 2017).

De acordo com Alves e Bego (2020), uma estratégia didática pode ser compreendida como um conjunto de ações intencionais e sistematicamente planejadas pelo professor,

orientadas à realização dos objetivos de aprendizagem estabelecidos. Desse modo, constitui-se como um elemento central do planejamento pedagógico, responsável por viabilizar a efetivação desses objetivos.

Os CI se configuram como uma importante estratégia didática no campo da educação e das ciências sociais, por permitir análises aprofundadas e sistemáticas de situações específicas. Ao possibilitar diagnósticos detalhados de problemas sociais concretos, contribui não apenas com subsídios relevantes para sua compreensão e resolução, mas também com inferências mais amplas e abstratas, que podem apontar possibilidades de generalização para outros contextos semelhantes (Ribeiro; Suart; Suart Jr; De Souza; Rezende, 2024).

Os CI, de acordo com Sá e Queiroz (2010) são uma variante da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), com origem há aproximadamente quarenta anos na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, Ontário, Canadá. No Brasil, mais especificamente no ensino de Ciências, o método de CI se intensificou a partir do início dos anos 2000, principalmente por meio de trabalhos publicados por grupos de pesquisa em ensino de instituições de nível superior (Queiroz; Cabral, 2016).

Os CI consistem em narrativas sobre situações complexas e contextualizadas, sendo que o aluno é sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem, pois deverá desenvolver habilidades analíticas e argumentativas com a capacidade de elaborar hipóteses, compreender os fatos e buscar soluções. De acordo com Herreid (1997), um bom CI apresenta uma série de características que o tornam eficaz como ferramenta pedagógica. Ele deve narrar uma história que desperte o interesse pela questão abordada, sendo atual e relevante ao estudante. É necessário que ele produza empatia com os personagens centrais por meio de descrições e diálogos, tornando a situação mais próxima da realidade dos alunos. Além disso, um bom CI deve ter utilidade pedagógica, provocar um conflito que estimule a reflexão e forçar uma tomada de decisão. Sua construção deve permitir generalizações aplicáveis a outras situações e, para manter o foco e a atenção dos alunos, deve ser conciso, evitando ser muito extenso.

Como observado por Sá e Queiroz (2010), um bom caso deve apresentar algumas características conforme descrito acima, embora, possamos ainda acrescentar que o caso pode estar relacionado com uma questão controversa, como o aquecimento global ou o consumo de transgênicos, gerando um debate e estimulando o pensamento crítico, o posicionamento ético-moral e o desenvolvimento da autonomia intelectual, aspectos relacionados com a abordagem CTSA. Sá e Queiroz (2010) apontam que o CI deve provocar conflito, exigir decisões e permitir generalizações com objetivo de promover uma educação científica voltada

à cidadania. Dentre as maneiras disponíveis na literatura que podem integrar o CI ao ensino de Ciências é a perspectiva CTSA, pois as suas características de ensino favorecem uma aprendizagem significativa, contextualizada e comprometida com a realidade social e ambiental dos alunos.

Deste modo, a utilização dos CI no ensino de Ciências deve ser incentivada como parte de uma proposta didática que valorize a formação integral do aluno e o desenvolvimento de competências essenciais para a vida em sociedade (Brito; Silva; Razera, 2020). Assim, a aplicação de um CI é uma alternativa para professores que pretendem adotar uma postura alinhada com os preceitos CTSA, estimulando o desenvolvimento dos estudantes para diferentes habilidades necessárias para o exercício da cidadania e a tomada de decisões frente a problemas reais (Silva; Oliveira; Queiroz, 2011).

Quanto ao papel do professor nos CI, ele atua como mediador das discussões, estimulando o questionamento, o levantamento de hipóteses e a resolução de problemas contextualizados com a realidade dos estudantes. Essa característica é uma das principais consonâncias entre o CI e o EI, já que este último também se baseia na problematização como ponto de partida para a construção do conhecimento

Nesse sentido, tanto o EI quanto os CI buscam favorecer um ensino mais contextualizado com a realidade do estudante e que seja capaz de desenvolver a autonomia na construção de seu conhecimento. Assim, o EI como abordagem metodológica oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem, enquanto exploram a ciência envolvida em situações relativamente complexas. Assim, os alunos são questionados a respeito dos seus conhecimentos e podem ampliar seus horizontes, de maneira a aprimorar o processo de AC e desenvolver uma postura crítica e autônoma.

Logo, apoiados pelas definições indicadas por Alves e Bego (2020), que estabelecem o conceito de metodologia como parte do planejamento de ensino, voltada para as concepções pedagógicas que abarca estratégias, recursos e avaliação; e estratégias como conjunto de ações planejadas do professor, moldada a partir de determinada abordagem metodológica para a consecução dos objetivos de aprendizagem, temos neste trabalho como abordagem metodológica o EI e estratégia didática os CI.

Em nosso CI presente na SD que integra a UDM, abordamos uma questão sociocientífica envolvendo a temática relacionada às mudanças climáticas.

## 7.5 UDM - PRODUTO EDUCACIONAL

A proposta deste trabalho está voltada para a elaboração de um produto educacional que tem como objetivo o desenvolvimento de SDs contempladas em uma UDM (Apêndice C), baseada em um CI, utilizando como metodologia o EI.

O CI é uma estratégia didática baseada em situações de contexto real, que permite aprofundar o conhecimento sobre uma temática. A partir do CI, o estudante pode levantar hipóteses e tomar decisões, de modo a desenvolver a autonomia na construção do seu conhecimento (Queiroz; Cabral, 2016).

O tema escolhido, mudanças climáticas, surge da necessidade de se debater as questões sociocientíficas, além do desafio de tentar minimizar os impactos causados pelas alterações climáticas decorrentes desta emergência ambiental.

Como descrito anteriormente, a UDM é um modelo formativo que compreende a integração de um conjunto de estratégias didáticas e de avaliação de uma maneira organizada e sequenciada (Bego; Ferrarini; Moralles, 2021). Assim, a UDM é uma ferramenta capaz de desenvolver competências críticas e científicas nos alunos, especialmente, nesse caso quando recorreremos ao EI, onde o próprio educando produz o conhecimento por meio do contexto conceitual, teórico e prático.

As SDs foram fundamentadas no EI com enfoque na abordagem CTSA, evidenciando o papel da educação ambiental ao incorporar, nas aulas, investigações centradas em temas de interesse dos estudantes, o que favoreceu a motivação e o engajamento nas discussões em sala de aula. Dessa forma, os conteúdos passam a articular não apenas as ciências naturais, mas também as dimensões sociais, tecnológicas e ambientais, possibilitando que os alunos reconheçam, analisem e argumentem sobre as relações entre esses diferentes elementos (Sasseron; Carvalho, 2008).

Para a elaboração e posterior execução das SDs foi necessário realizar a caracterização da unidade escolar e dos estudantes, para uma melhor compreensão da realidade do contexto escolar em que os educandos estão inseridos e como a SD poderá contribuir com a aprendizagem dos mesmos. Para a realização desta etapa foi utilizado como referência a primeira tarefa da UDM, relacionada ao contexto de intervenção didático-pedagógica.

Neste trabalho, as SDs foram desenvolvidas em uma turma de 2º ano do ensino médio, no componente curricular de Biologia I (Biotecnologia) em duas aulas de 50 minutos cada SD, no período matutino. A turma possuía 23 alunos, que tinham idade entre 14 e 17 anos.

Na sequência, realizamos a análise científico-epistemológica, correspondente à segunda tarefa, na qual foram definidos os conteúdos programáticos das unidades didáticas, sendo eles:

- Mudanças climáticas;
- Efeito estufa;
- Aquecimento global - causas e consequências;
- Ciclos biogeoquímicos do carbono, oxigênio, nitrogênio e da água;
- Poluição do solo e da água;
- Desmatamento e degradação ambiental;
- Educação ambiental e políticas públicas.

Após foram descritos os pré-requisitos para as unidades didáticas, estando dentre eles, os conhecimentos prévios necessários para a compreensão da temática:

- Noções de Ecologia, como habitat, nicho ecológico, cadeia e teia alimentar;
- Biomas do Brasil e do Mundo;
- Fisiologia vegetal, abordando os processos de fotossíntese, respiração e transpiração.

No que se refere à educação climática, a BNCC (2018) não trata explicitamente as mudanças climáticas como objeto de conhecimento, porém oferece abertura pedagógica para que essa temática seja trabalhada de maneira transversal e/ou interdisciplinar, a partir da articulação entre as diferentes áreas do conhecimento no Ensino Médio e os itinerários formativos (Dickmann; Liotti, 2024). No componente curricular de Ciências da Natureza, a BNCC (2018) busca estimular nos estudantes o desenvolvimento do espírito investigativo voltado à compreensão de fenômenos e processos do mundo natural e social, bem como daqueles relacionados à tecnologia e à sustentabilidade (Dickmann; Liotti, 2024).

Portanto, a escolha do tema proposto foi orientada pelos documentos curriculares oficiais, como observado na BNCC (2018) dentro da competência específica de Ciências da Natureza do Ensino Médio:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (Brasil, 2018).

Além da BNCC (2018), também utilizamos o Referencial Curricular do Estado do Paraná (2021), que define os objetivos que devem ser alcançados pelo estudante, como cita o documento:

Investigar e analisar situações/problema e variáveis, que interferem na dinâmica de fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, considerando dados e informações disponíveis em diferentes mídias, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (Paraná, 2021).

Para analisar as cartas-resposta produzidas pelos estudantes, de modo a investigar como eles discorrem sobre a abordagem sistêmica dos ecossistemas, observando a interdependência de todos os componentes e como as relações existentes entre eles pode afetar seu funcionamento, verificamos como as visões de macromundo auxiliaram nesta abordagem, discutindo três cosmovisões, como vitalismo, mecanicismo e sistêmica. Cada uma delas propõe uma maneira distinta de interpretar o meio ambiente, os organismos e as relações entre eles.

O vitalismo entende que a natureza possui uma “força vital” que vai além dos processos físico-químicos, ou seja, os ecossistemas são compreendidos como organismos vivos que possuem uma alma, como observado na Teoria de Gaia, de James Lovelock (2001), que propõe que a Terra é um sistema autorregulado e interdependente, ou desde muito antes, como já refletiam os pensadores Aristóteles e Teofrasto, sobre as interações entre seres vivos e ambiente de forma não sistemática, ou na visão integrada de natureza sagrada dos pensadores do Romantismo. Logo, esse pode ser considerado um período pré-científico, onde o conhecimento é empírico, influenciado por valores estéticos, éticos e metafísicos sobre a natureza.

Para Braz (2025), a visão vitalista do universo como um organismo integrado, no qual o ser humano é parte inseparável, com suas origens em filósofos da antiguidade, como Platão e Aristóteles, permaneceu influente ao longo da Idade Média, sendo fortalecida por correntes neoplatônicas e pela tradição cristã, estabelecendo uma correspondência simbólica entre o macrocosmo (universo) e o microcosmo (ser humano), fundamentada na ideia de que o homem foi criado à imagem de Deus, princípio que também se manifesta na alquimia.

Desta maneira, o vitalismo teve forte influência no pensamento científico e filosófico até o século XIX, sendo posteriormente questionado com o avanço da biologia molecular e das ciências naturais, que passaram a oferecer explicações mais precisas e mecanicistas para os fenômenos vitais (Braz, 2025). Enquanto isso, o mecanicismo representa uma visão consolidada a partir da Revolução Científica dos séculos XVI e XVII, que foi fortemente

influenciada por pensadores como Descartes e Newton, que buscaram explicar o funcionamento do mundo a partir de leis universais, previsíveis e mensuráveis (Braz, 2025).

Logo, na visão mecanicista, a natureza funciona como uma máquina e os fenômenos vivos podem ser explicados pela soma de suas partes. Essa visão possui uma abordagem reducionista, pautada na previsão e causalidade das ações, como observado na ecologia clássica, que instituiu modelos com previsões e controle dos processos ecológicos a partir de modelos matemáticos e estatísticos que pretendem explicar as dinâmicas populacionais.

Mediante o rompimento do paradigma mecanicista para uma nova concepção de mundo, a partir da discordância do pensamento herdado da Revolução Científica, surge a visão sistêmica, entendida a partir de relações e conexões entre os seres vivos e o próprio meio ambiente (Mariotto; Coraiola, 2009; Gomes; Bolze; Bueno; Crepaldi, 2014).

Assim, o pensamento sistêmico, baseado na ideia de totalidade, propõe uma nova forma de compreender o mundo, visando alternativas que promovam transformações reais. Essa perspectiva visa despertar a corresponsabilidade de todos diante da urgência das respostas que o planeta exige (Mariotto; Coraiola, 2009).

Na visão sistêmica, as propriedades surgem das interações entre os elementos do sistema, onde o todo é mais do que a simples soma das partes. Ela fundamenta a ecologia moderna de sistemas e compreende que as relações entre os componentes de um ecossistema são dinâmicas, complexas e interdependentes, buscando assimilar as mudanças globais e a sustentabilidade de forma integrada.

Destarte, a partir da metade do século XX, a emergência do pensamento sistêmico faz uma crítica ao reducionismo em relação à dinâmica dos ecossistemas e introduz a teoria geral dos sistemas (Gomes; Bolze; Bueno; Crepaldi, 2014), que procura compreender os sistemas como um todo e suas partes interdependentes e interconectadas, destacando a importância das relações e retroalimentações. Portanto, historicamente, a compreensão da natureza passou por diferentes abordagens que refletem modos distintos de interpretar os fenômenos naturais, refletindo as mudanças de paradigmas científicos e filosóficos ao longo do tempo.

A elaboração do mapa conceitual (figura 3) foi feita com base na identificação dos conteúdos conceituais abordando como eixo central o meio ambiente e mudanças climáticas.

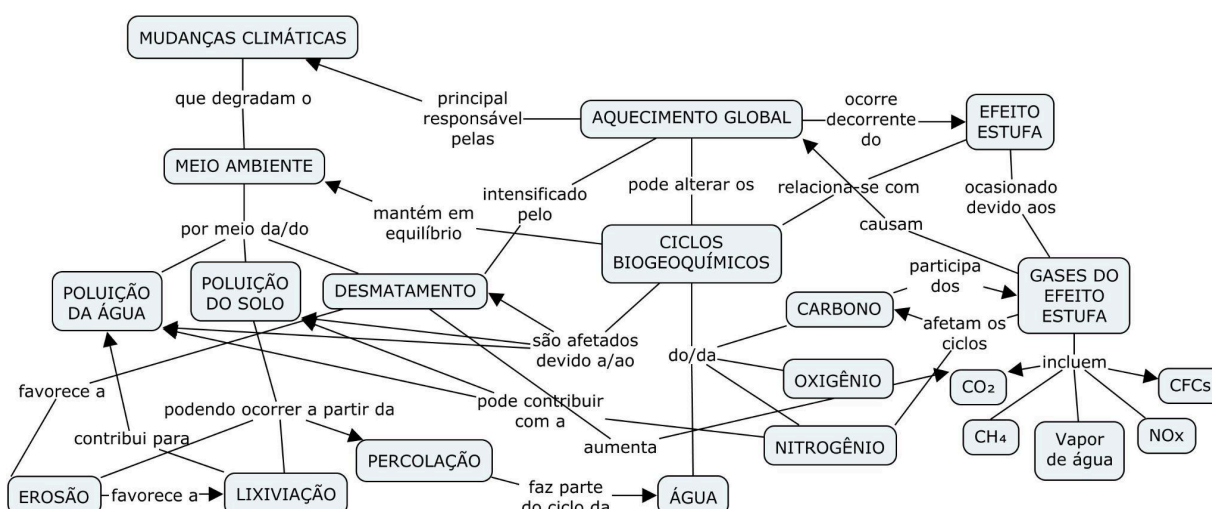


Figura 3 - Mapa Conceitual da Unidade Didática Multiestratégica

Fonte: O autor

A análise didático-pedagógica, terceira tarefa, foi feita com base no referencial teórico deste trabalho, analisando como o tema mudanças climáticas é abordado no ensino de Ciências e como ele é discutido pelos estudantes. Além das mudanças climáticas, também é debatido as controvérsias sociocientíficas e os problemas ambientais enfrentados pela sociedade.

Diante do debate sobre questões envolvendo o meio ambiente, os alunos podem apresentar concepções alternativas, como a ideia de que o efeito estufa é sempre algo ruim, que o aquecimento global está ligado diretamente ao buraco na camada de ozônio ou com a associação incorreta entre tempo atmosférico e clima. Tais concepções devem ser discutidas e como defende Bachelard (1996), é necessário um distanciamento de uma visão reducionista do conhecimento científico, pois a ciência é algo complexo e dinâmico.

Assim, os obstáculos epistemológicos podem impedir a formação de uma visão mais complexa e integrada de meio ambiente, dificultando a atuação crítica e transformadora em relação às questões ambientais. Dessa maneira, a Educação Ambiental deve se aproximar de uma perspectiva transformadora e emancipatória, defendendo uma visão sistêmica e integrada da natureza, diante disso é necessária uma mudança de comportamento, valores e atitudes humanas, contudo, para superar os obstáculos é necessário ter consciência da existência deles (Carvalho; Aguiar, 2024).

Partindo da definição de obstáculos epistemológicos de Bachelard (1996), podemos descrever exemplos de obstáculos abordando o contexto da temática ambiental e mudanças climáticas:

- obstáculo da experiência primeira, relacionando a associação imediata entre sensação térmica e mudanças climáticas, como no pensamento “se hoje está mais quente, é porque o aquecimento global está aumentando”, ignorando a complexidade do fenômeno climático, confundindo clima com tempo atmosférico;
- obstáculo verbal, como na expressão “o efeito estufa é o vilão do planeta”, induzindo ao conceito errado deste fenômeno, que é um fenômeno natural indispensável à manutenção da vida na Terra;
- obstáculo animista, que atribui características humanas ao próprio meio ambiente, podendo ocasionar interpretações equivocadas, como “a natureza está se vingando dos seres humanos”;
- obstáculo realista, como na ideia de que “a natureza se auto regula e sempre se recupera”, evidenciando uma percepção direta e ingênua da realidade, desconsiderando as evidências científicas sobre os limites da resiliência dos ecossistemas diante de ações antrópicas, como o desmatamento e a emissão de CO<sub>2</sub>;
- obstáculo substancialista, como na crença de que “o carbono é um elemento mau que causa a destruição do planeta”, atribuindo de forma errônea, somente ao elemento químico carbono, os problemas causados pelas mudanças climáticas.

Portanto, o ensino de Ciências não deve tratar de forma simplista e conteudista as questões relacionadas à temática ambiental, mas deve motivar o aluno a participar como agente transformador do meio ambiente (Carvalho; Aguiar, 2024). Desse modo, o objetivo de que os estudantes aprendam os conteúdos escolares é o de alfabetizá-los cientificamente, superando uma visão reducionista, ou seja, de que eles desenvolvam novas capacidades cognitivas, habilidades e valores do fazer científico (Carvalho, 2013; Morais; Bego, 2024).

Quanto às implicações para o ensino, foi definido o que seria relevante para os alunos e os aspectos que deveriam ser evitados, como as pseudociências e as ideias negacionistas. Ademais, foi descrito os aspectos que deveriam ser reforçados, como o pensamento crítico, conceitos científicos e a interdisciplinaridade do tema.

A quarta tarefa, abordagem metodológica, traz a fundamentação do trabalho e justifica a utilização da abordagem investigativa, indo ao encontro da temática trabalhada, mudanças climáticas, que visam a participação do estudante neste debate que carece de uma discussão mais aprofundada, partindo da reflexão de uma nova perspectiva para o ensino de Ciências, visando a construção do conhecimento científico e a compreensão da ciência e suas consequências na sociedade.

A abordagem do ensino de Ciências por Investigação entende o conhecimento científico como uma construção humana, situada historicamente e condicionada por contextos sociopolíticos, onde escola, por sua vez, é concebida como o espaço institucional que desenvolve formalmente o processo de ensino e aprendizagem desse saber, organizado em conteúdos escolares estruturados e sistematizados (Carvalho, 2013).

Na quinta tarefa foram definidos os conteúdos a serem trabalhados e seus respectivos objetivos geral e específico, de acordo com as orientações curriculares oficiais, além do tempo aproximado para cada SD, conforme descrito no quadro 10.

<b>TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS</b>			
<b>Título da UD</b>	<b>Resistência ribeirinha: a luta de uma comunidade contra a degradação ambiental.</b>		
<b>Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais</b>	<p><b>(EM13CNT105)</b> Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.</p> <p><b>(EM13CNT206)</b> Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.</p>		
<b>Objetivo de aprendizagem da UD</b>	Ao final desta UD os alunos devem ser capazes de analisar e reconhecer a relevância dos recursos naturais, bem como compreender os efeitos das mudanças climáticas, relacionando suas causas às atividades humanas e justificar a necessidade de hábitos mais sustentáveis e de ações individuais e coletivas, ressaltando a importância da preservação da biodiversidade.		
<b>Título das SD</b>	<b>Objetivo de aprendizagem das SD</b>	<b>Conteúdo Programático das SD</b>	<b>Tempo Aproximado (em aulas)</b>
1. Resistência ribeirinha - Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconhecer as relações ecológicas entre os povos ribeirinhos e o meio ambiente.</li> <li>Identificar a dependência dos recursos naturais para os povos ribeirinhos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudo de caso;</li> <li>Comunidades ribeirinhas;</li> <li>Recursos naturais;</li> <li>Bacias hidrográficas;</li> <li>Ciclo biogeoquímico da água.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min
2. Agropecuária x Desmatamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar os efeitos das atividades agropecuárias no meio ambiente.</li> <li>Relacionar as atividades agropecuárias com o desmatamento e outros processos de degradação ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento sustentável;</li> <li>Poluição do solo e da água;</li> <li>Processos de erosão, lixiviação e percolação;</li> <li>Atividade experimental.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min
3. Efeito estufa e Aquecimento global	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer a importância da relação do fenômeno natural com a manutenção do equilíbrio térmico do planeta.</li> <li>Compreender as causas e os efeitos das mudanças climáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Documentários;</li> <li>Gases do efeito estufa;</li> <li>Variações de temperatura do planeta;</li> <li>Consequências do aumento da temperatura;</li> <li>Ciclo biogeoquímico do carbono e oxigênio;</li> <li>Atividade experimental.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min

4. Atividades antropogênicas e o desequilíbrio ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar como as atividades humanas influenciam as mudanças climáticas.</li> <li>• Justificar as necessidades da preservação ambiental para a manutenção da qualidade de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ações antrópicas e seus efeitos na natureza;</li> <li>• Fenômenos climáticos extremos;</li> <li>• Educação ambiental e políticas públicas;</li> <li>• Resolução do estudo de caso.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min
---	--	--	---------------------------

Quadro 10 - Planejamento da UDM

Fonte: O autor

A sexta e sétima tarefa correspondem a seleção de estratégias didáticas e de avaliação, sendo que neste trabalho foram utilizados o CI, aulas expositivas e dialogadas e atividades experimentais, por meio da abordagem investigativa, que busca incentivar o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem, bem como na aplicação de práticas, procedimentos e métodos que fundamentam a construção do conhecimento científico e tecnológico (Brasil, 2018).

Os instrumentos de avaliação ocorreram durante as aulas, por meio de debates, incentivando a participação de todos, buscando despertar o interesse e promover um conflito interno, levando-os a uma tomada de decisão. Em relação aos experimentos, foi proposta a resolução de questões ligadas ao tema da atividade experimental, voltadas sempre à questão central das mudanças climáticas. E por fim, foi realizada a escrita da carta-resposta descrevendo a solução do CI, que permitiu vincular um viés científico a outro de natureza social, sendo possível associar aspectos ambientais, econômicos e éticos, como observado por Queiroz e Cabral (2016).

Todas as avaliações foram realizadas na perspectiva formativa, pois a partir desse tipo de avaliação é possível detectar as dificuldades dos alunos durante o processo de aprendizagem, bem como a fornecer informações para que o professor possa ajustar sua prática às necessidades dos estudantes durante o processo de ensino (Bego, 2016).

Após o planejamento da UDM foi realizada a intervenção didático-pedagógica, onde foram propostas a execução de quatro SDs, com foco na análise e solução de um CI envolvendo a temática sobre mudanças climáticas.

Na aula referente a primeira sequência didática (SD1), os alunos foram divididos em sete grupos, totalizando 21 participantes. Eles responderam o CI intitulado: Resistência Ribeirinha. O caso em questão trata de uma comunidade ribeirinha que está na iminência de ter suas terras desapropriadas por uma empresa que pretende desenvolver atividades agropecuárias. Os estudantes foram levados a refletir de qual modo podem auxiliar tal

comunidade nesta luta. Os alunos escreveram uma carta-resposta direcionada ao poder legislativo do município onde se encontra a comunidade ribeirinha, questionando o pleito da empresa e as implicações ambientais e climáticas que podem decorrer das atividades desenvolvidas por ela, e ao final eles elaboraram um vídeo para divulgação e conscientização da população acerca deste problema.

Para a análise e solução do problema, os alunos utilizaram o modelo de tomada de decisão de Kortland (1996), que apresenta questões para auxiliá-los no desenvolvimento de suas hipóteses para alcançar a solução do caso. A partir do artigo de Kortland (1996), é possível estabelecer um caminho que pode ser seguido para chegar a uma solução plausível de uma questão sociocientífica que exige um posicionamento crítico do aluno.

O modelo de análise de Kortland (1996), conforme ilustrado na figura 4, pode servir como referência para a construção de um roteiro composto por questões que, ao serem respondidas pelos alunos, possuem o potencial de contribuir para que tomem decisões fundamentadas em relação às soluções consideradas mais adequadas para o caso investigado (Silva; Leal; Canduri; Queiroz, 2016).

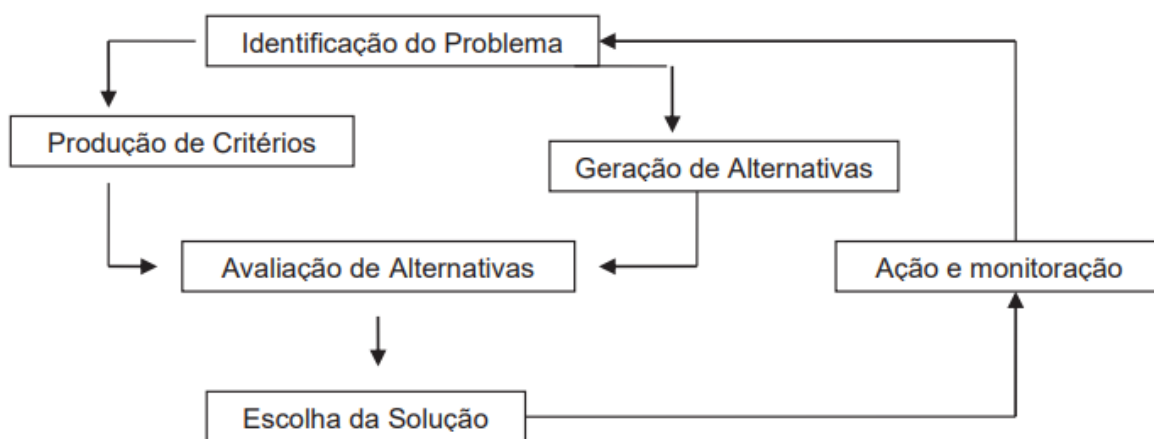


Figura 4 - Modelo de tomada de decisão de Kortland

Fonte: Silva, Leal, Canduri e Queiroz (2016)

Dessa maneira, as questões constantes do roteiro permitiram aos estudantes tomar decisões e apontar resoluções para o caso em estudo. No primeiro momento, os estudantes fizeram uma versão inicial da resposta para o CI, pois, no decorrer das demais aulas eles abordaram conteúdos voltados para a análise e discussão do problema proposto.

Na aula referente a segunda sequência didática (SD2), foi realizada uma aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo: bacias hidrográficas, mais especificamente a bacia amazônica, e a poluição da água e do solo, por parte dos fertilizantes e defensivos agrícolas. O objetivo desta aula foi demonstrar a dependência dos recursos hídricos para a comunidade ribeirinha, além de evidenciar como as atividades de subsistência da comunidade, como a caça e a pesca, podem ser afetadas pelas ações da empresa agropecuária, como os impactos da agricultura com o uso de produtos químicos contaminantes da água e do solo.

Ainda na SD2 foi realizada uma prática experimental. De acordo com Silva (2011), podemos entender porque, muitas vezes, as atividades experimentais não alcançam os resultados esperados, pois não são dadas aos estudantes oportunidades de participar do planejamento e da elaboração da atividade. Pouco se discute as propostas e os dados coletados, principalmente se esses diferem dos resultados esperados.

O experimento abordou os processos de erosão, lixiviação e percolação, com a resolução de questões ao final da atividade, com a finalidade de verificar como os estudantes compreendem os conceitos abordados na atividade com o CI. Esses processos estão interligados com as práticas agrícolas e pecuárias, como no caso da erosão que ocorre devido a remoção da vegetação natural que torna o solo mais exposto às intempéries, a lixiviação que está relacionada à perda de nutrientes, tornando o solo mais pobre, acarretados pelo uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, e a percolação que ocorre devido ao manejo agrícola, incluindo uso de máquinas agrícolas e também a pecuária, que favorecem a compactação do solo.

O experimento foi realizado a partir de um simulador de erosão do solo, utilizando materiais bem simples, mas que permitem associar o processo de erosão com os resultados obtidos. A partir do experimento esperamos que os estudantes identifiquem e contextualizem com o caso, que as atividades agropecuárias são responsáveis pela degradação da vegetação natural e que em ambientes que mantêm a cobertura do solo teremos melhores resultados, demonstrando que a manutenção da cobertura vegetal é essencial para os recursos hídricos. Assim, o compartilhamento de experiências e saberes, e a interação promovida entre as curiosidades que educador e educando possuem, diminui a distância entre o conhecimento científico e os saberes do senso comum, tornando-os em um conhecimento prudente e esclarecido (Ferreira; Germano, 2020).

A terceira sequência didática (SD3) teve como objetivo a discussão sobre as variações de temperatura do planeta e suas consequências para os seres vivos, associando a questões

como efeito estufa e aquecimento global, sendo utilizado o recorte de documentários e a apresentação de dados e informações sobre o tema. Foram abordados os ciclos biogeoquímicos do carbono, do oxigênio, do nitrogênio e da água e como eles podem ser alterados pelas variações climáticas.

No decorrer da SD3 foram trabalhados conceitos como o efeito estufa e o aquecimento global, tratado como uma CSC, visto como uma variação climática natural por parte dos negacionistas e céticos, e como uma crise climática global causada pelo ser humano de acordo com os ambientalistas. Tal discussão foi acompanhada da análise dos documentários: *Uma verdade inconveniente* (2006) e *Seremos história?* (2016). O intuito dos documentários é demonstrar que o debate sobre este tema é necessário e contínuo, pois essa discussão envolve aspectos científicos, sociais, econômicos e políticos.

Também na SD3 foi realizada uma atividade experimental acerca dos ciclos biogeoquímicos do carbono e do oxigênio, analisando o papel da fotossíntese nesses processos. A observação destes ciclos foi fundamental, pois eles são fenômenos atrelados às mudanças climáticas e podem demonstrar a influência dessas alterações nos diferentes ecossistemas.

A atividade experimental é um recurso pedagógico que abrange diversas habilidades, principalmente as cognitivas, porém muitos professores ainda as utilizam de maneira inadequada, desvalorizando seus aspectos cognitivos e privilegiando muitas vezes somente seu caráter motivador (Suart, 2008). No experimento foi utilizada uma planta aquática para demonstrar o processo de fotossíntese e como variações de taxas de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) na atmosfera e dissolvidas no ambiente aquático podem interferir nesse processo. Os estudantes responderam questões que os levaram a formular hipóteses envolvendo o aumento das taxas de CO<sub>2</sub> na atmosfera com a capacidade de realização da fotossíntese pelos vegetais, relacionando com a dissolução do CO<sub>2</sub> no ambiente aquático e a liberação do gás oxigênio para a atmosfera, abordando o contexto das mudanças climáticas.

Por essa razão, as atividades experimentais constituem um método eficaz no processo de ensino e aprendizagem, quando orientadas de tal forma que permitam discussões e interpretações dos dados obtidos, proporcionando a investigação e despertando o interesse do estudante para a apropriação do conhecimento (Agostini; Delizoicov, 2009).

Na quarta e última sequência didática (SD4), foram apresentadas reportagens e notícias sobre os efeitos das ações antrópicas sobre o meio ambiente e sua correlação com eventos

climáticos extremos. Foi abordada a temática da Educação Ambiental e das políticas públicas com ênfase na proteção de direitos e biodiversidade.

As ações dos seres humanos, como o desmatamento, as queimadas, a agropecuária e outras atividades que colaboram com a intensificação do efeito estufa, certamente, são responsáveis pelo surgimento de eventos climáticos extremos, como tempestades e ciclones, enchentes e inundações, secas e estiagens, ondas de calor e de frio, que são causadores de prejuízos e incalculáveis perdas para o próprio ser humano (Ganiko-Dutra; Caldeira, 2024). Para isto, é relevante a abordagem da Educação Ambiental e das políticas públicas com foco na consolidação de valores e atitudes voltadas para a conservação do meio ambiente e sustentabilidade. O tema foi explanado a partir da carta aberta intitulada: A internacionalização do mundo (2002), que debate sobre a ocupação e internacionalização da Amazônia por outros países. Foi discutido o papel dos governos na preservação do meio ambiente e da biodiversidade.

Na SD4 foi retomada a discussão sobre o CI, voltada para a versão final da carta-resposta, onde os estudantes debateram e apresentaram seus argumentos para uma possível solução do problema. Além da produção da carta-resposta, eles produziram um vídeo para divulgação e conscientização da população, abordando a questão-problema e como ela afetaria aquela comunidade, ademais as questões ambientais envolvidas e como poderiam ser solucionadas.

## **7.6 CONTEXTO DA PESQUISA**

A intervenção didático-pedagógica foi realizada em um Colégio Estadual, que está localizado na zona urbana, na cidade de Londrina, e possui atualmente 22 turmas, sendo 12 turmas de ensino fundamental (anos finais) e 10 turmas de ensino médio, totalizando 899 alunos.

O colégio atende nos três turnos (matutino, vespertino e noturno), apresentando uma alta taxa de matrículas. Os estudantes atendidos pela instituição, normalmente, são do bairro ou de bairros próximos, em sua maioria de classe baixa e média, sendo que uma grande parcela de alunos do ensino médio trabalha ou ocupa alguma função laboral.

O colégio apresenta uma infraestrutura razoável, contendo 9 salas de aula, uma biblioteca, duas salas de informática, sala da equipe pedagógica, secretaria, sala da direção,

sala de professores, um laboratório de Ciências (compartilhado com os componentes curriculares: ciências, biologia, química e física), uma cozinha, um refeitório, um pátio, banheiros divididos por gêneros (feminino e masculino) e uma quadra poliesportiva.

As salas de aula possuem carteiras e cadeiras de ferro/plástico, janelas em uma lateral da parede, dois ventiladores de parede, lousa e uma TV multimídia (Educatron). As salas de informática são equipadas com computadores contendo acesso à internet e o laboratório de ciências apresenta poucos equipamentos e materiais.

Em relação ao corpo funcional, o colégio possui cozinheira/merendeira, auxiliar de limpeza, inspetor de alunos, técnicos administrativos, equipe pedagógica, secretária, direção e direção auxiliar, professores de apoio e professores dos componentes curriculares.

As SDs foram realizadas em uma turma de 2º ano do ensino médio, no período matutino, sempre às quartas-feiras, no componente curricular de *Biologia I* (Biotecnologia), formada por 23 alunos, dos quais 21 deles concordaram em participar do trabalho. Os alunos do 2º Ano têm em média 15 anos e são de classe baixa ou média, provenientes do próprio bairro ou de bairros próximos. A maior parte dos alunos já estuda na instituição há alguns anos e conhecem as regras e normas do colégio.

Eles fazem parte do itinerário formativo de Matemática e Ciências da Natureza (de acordo com sua escolha no modelo do Novo Ensino Médio) e cursam além dos componentes curriculares da Formação Geral Básica, o componente de Biotecnologia. A opção pelo itinerário formativo (Matemática e Ciências da Natureza ou Linguagens e suas Tecnologias) faz com que o estudante escolha, a partir do 1º ano do ensino médio, pela área do conhecimento de acordo com sua afinidade ou interesse.

A turma é composta por alunos dos gêneros feminino e masculino, e em sua maioria apresentam um bom relacionamento com os colegas e professores. Os estudantes demonstram interesse pelos conteúdos trabalhados pelos professores e possuem um bom rendimento escolar.

## **7.7 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS**

Para compreender as aprendizagens evidenciadas pelos estudantes a partir da UDM, foi realizada uma análise de conteúdo, conforme a metodologia de Bardin (2016), que consiste em um conjunto de técnicas sistemáticas e objetivas de descrição do conteúdo das mensagens,

visando inferir conhecimentos relativos às condições de produção e recepção dos materiais analisados.

Para Bardin (2016), a análise de conteúdo faz parte de um repertório de instrumentos metodológicos, em permanente aperfeiçoamento, capazes de serem aplicados a “discursos”, tanto em seus conteúdos quanto em suas formas, de natureza amplamente diversificada.

As etapas sugeridas por Bardin (2016) são:

- Pré-análise: tratamos da leitura flutuante para familiarização com o material, no caso, as cartas-resposta iniciais e finais para o CI e a transcrição das entrevistas dos grupos focais;
- Exploração do material: ocorre por meio da categorização temática. As cartas-resposta e entrevistas foram categorizadas, no entanto, as cartas-resposta foram analisadas por grupo, levando em consideração o pensamento coletivo, enquanto as entrevistas foram analisadas de acordo com as impressões individuais de cada aluno;
- Tratamento e interpretação dos resultados: identificamos aprendizagens, argumentações e competências desenvolvidas pelos estudantes, a partir da análise crítica, utilizando como base a fundamentação teórica da pesquisa.

Inicialmente, foi realizada uma análise a priori, procurando enquadrar os textos das cartas-resposta em categorias previamente definidas a partir dos pressupostos do EI e da abordagem CTSA. Entretanto, ao longo desse processo, foram identificadas dificuldades na adequação dos excertos às categorias estabelecidas, uma vez que as produções dos estudantes apresentavam sentidos e nuances que extrapolavam tais delimitações.

Diante disso, optamos pela realização de uma análise a posteriori, na qual os textos das cartas-resposta foram primeiramente fragmentados em excertos significativos. Em seguida, esses excertos foram submetidos a um processo de categorização emergente, permitindo a construção de categorias analíticas que dialogassem de forma mais consistente com o contexto do EI e os princípios da perspectiva CTSA. Esse procedimento possibilitou uma compreensão mais sensível e contextualizada dos dados, respeitando a complexidade das manifestações discursivas dos participantes e favorecendo a identificação das relações CTSA presentes nas produções analisadas.

Portanto, a análise de conteúdo, enquanto método de investigação, assume um papel central na pesquisa, por permitir uma apreciação aprofundada da subjetividade, ao considerar a indissociabilidade entre pesquisador, objeto investigado e contexto em que se insere (Cardoso; Oliveira; Ghelli, 2021).

## 7.8 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Em todas as aulas foram gravados os áudios das discussões para posterior transcrição e coletadas as respostas dos participantes que concordaram e assinaram o termo de assentimento livre e esclarecido (TALE), e seus responsáveis perante o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Para analisar a potencialidade da UDM, a coleta de dados teve como objetivo abarcar tanto o desenvolvimento conceitual dos estudantes quanto suas percepções acerca das estratégias de ensino utilizadas.

Para isto, três instrumentos foram utilizados:

- Versão inicial da carta-resposta: trata-se da primeira versão da carta-resposta para o CI, elaborada pelos grupos e realizada na SD1, apoiada pelo modelo de Kortland (1996). Essa versão procura demonstrar os conhecimentos prévios dos estudantes e os possíveis obstáculos epistemológicos presentes em suas concepções;
- Versão final da carta-resposta: é a resposta final para o CI, construída pelos alunos na SD4, na qual os grupos puderam utilizar a versão inicial da sua resposta, com intuito de aprimorá-la, sendo permitido sua modificação ou complementação. O objetivo da versão final ser elaborado na SD4 foi proporcionar ao estudante integrar os conhecimentos adquiridos no decorrer das SDs e promover o conhecimento científico por meio dos conteúdos estudados;
- Entrevista grupo focal: as entrevistas foram realizadas ao final da UDM, em formato de conversa, contemplando tanto a experiência dos estudantes quanto sua avaliação da proposta didática. A análise das entrevistas levou em consideração as percepções individuais de cada aluno.

A utilização desses dados possibilitou uma compreensão abrangente do processo investigado: as produções escritas evidenciaram a progressão conceitual dos estudantes e as interações revelaram o raciocínio coletivo, enquanto as entrevistas acrescentaram a dimensão subjetiva, ampliando a interpretação da experiência pedagógica.

## **8 RESULTADOS**

Nesta seção, apresentamos a análise das produções dos estudantes decorrentes da problematização proposta pelo caso. Inicialmente, é apresentada uma possível solução para a questão-problema abordada, seguida da análise das respostas dos estudantes. Ao final da seção, também é exposta a análise das entrevistas realizadas ao término da UDM.

### **8.1 RESOLVENDO O CASO INVESTIGATIVO**

Por tratar-se de uma atividade que envolve o EI e abrange um tema que discute CSC, esperamos que o estudante compreenda as relações CTSA presente no CI e desenvolva um pensamento crítico e reflexivo, busque informações acerca do tema e pesquise em fontes confiáveis e atualizadas, assim tendo acesso a dados que irão colaborar na resolução da questão discutida.

No caso “Resistência Ribeirinha” (Apêndice C) temos dois pontos principais que devem ser analisados: o caso envolve uma comunidade ribeirinha, que são comunidades tradicionais da região, que possuem cultura e estilo de vida próprios, dependem do meio ambiente para sua sobrevivência, além de estarem localizados na região amazônica, local de intenso debate sobre as práticas de desmatamento, queimadas e perda da biodiversidade, fato de extrema importância para esse ecossistema; o outro ponto a ser tratado é a questão das atividades agropecuárias e suas consequências no meio ambiente, fator gerador de inúmeras discussões que podem envolver desde a necessidade da produção de alimentos até a influência nas mudanças climáticas.

Deste modo, o caso da comunidade ribeirinha, evidencia um conflito socioambiental típico da realidade amazônica: de um lado, o interesse econômico da empresa Agrotop em expandir a criação de gado e o plantio de soja; de outro, a subsistência de comunidades tradicionais e a preservação dos recursos naturais.

Partindo da premissa do EI, o caso permite que os estudantes levantem hipóteses, questionem e busquem soluções fundamentadas em dados científicos e sociais (Carvalho, 2013).

Logo, o processo investigativo poderia partir de questões como:

- Como a perda da reserva legal afetaria o modo de vida da comunidade?
- Quais são os impactos ambientais do desmatamento relacionados à agropecuária?
- Quais alternativas de produção poderiam ser sustentáveis e conciliatórias?

Diante da análise do caso é possível descrever algumas ações que possibilitariam uma solução para a questão-problema.

Como o caso refere-se a uma comunidade ribeirinha tradicional, os alunos devem compreender quais são as áreas de uso exclusivo da comunidade, respeitando suas atividades de subsistência e sua cultura, além de observar a legislação ambiental que trata da questão das Áreas de Proteção Permanente (APP) e reservas legais, como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) que estabelece normas sobre a proteção da vegetação nativa e áreas de preservação permanente (Brasil, 2012), demonstrando assim o entendimento dos processos legais e sua importância para a manutenção dos direitos.

Os estudantes precisam reconhecer as relações entre a comunidade ribeirinha e a natureza, de forma a contextualizar a preservação dos recursos naturais como meio de sobrevivência dessa comunidade e explicar que as atividades de caça, pesca e agricultura dos moradores da comunidade, são atividades de subsistência, logo, algo indispensável para a qualidade de vida dessas pessoas.

É necessário também que os estudantes identifiquem a biodiversidade local, analisando quais as espécies ameaçadas de extinção e qual seria o prejuízo da perda dessa biodiversidade. Além de demonstrar que as atividades agropecuárias que serão desenvolvidas pela empresa, trarão prejuízos ao meio ambiente e causarão impactos a médio e longo prazo a todo o ecossistema.

Outro ponto seria a análise dos recursos hídricos e das características do solo, exposto que as comunidades ribeirinhas vivem em regiões situadas por rios, os estudantes devem verificar quais os impactos ambientais das atividades da empresa na região e seus efeitos na natureza, evidenciados por meio de processos como erosão, lixiviação e percolação, além das consequências negativas do uso de agrotóxicos tanto para o meio ambiente, quanto para a população.

Os alunos devem identificar o conceito de crise climática que foi apresentada a partir dos indícios revelados pelo próprio CI, que incluem atividades agropecuárias, extração da cobertura vegetal, esgotamento dos recursos ambientais, sendo que todas estas atividades podem contribuir para as mudanças climáticas (Marengo; Nobre; Chou; Tomasella; Sampaio;

Alves; Obregon; Soares; Betts; Kay, 2011). Assim, os estudantes devem relacionar de maneira crítico-reflexiva a influência destas atividades no meio ambiente e no clima.

É necessário um debate sobre o desenvolvimento sustentável, que pode ser uma alternativa para a atividade agropecuária e a manutenção dos recursos naturais. Os estudantes precisam apresentar uma discussão acerca da adoção de práticas agroecológicas pela empresa, visando ações sustentáveis que permitam o desenvolvimento social e econômico, sem prejudicar a natureza (Setubal, 2015), indicando a compreensão da necessidade de discutir o conceito de sustentabilidade, como uma possível solução para o problema discutido.

Ademais, os alunos podem abordar a responsabilidade social na preservação da natureza, discutindo o papel do governo e da própria população, além de apontar como desenvolver uma mobilização social em prol da comunidade e do meio ambiente. Posto isto, os alunos devem discorrer sobre tópicos como: comunidade ribeirinha e reservas legais, atividades agropecuárias, problemas causados por fertilizantes e defensivos agrícolas no meio ambiente, poluição do ar, do solo e da água, perda da biodiversidade e de espécies nativas, alterações dos ciclos biogeoquímicos (água, carbono e oxigênio) e mudanças climáticas.

Assim, o caso proporciona uma integração da abordagem CTSA:

- **Ciência:** impactos do desmatamento, alterações nos ciclos biogeoquímicos, perda da biodiversidade e aquecimento global;
- **Tecnologia:** uso intensivo de equipamentos e maquinários, agrotóxicos e técnicas de monocultura;
- **Sociedade:** ameaças aos direitos territoriais das comunidades tradicionais, à cultura ribeirinha e à segurança alimentar;
- **Ambiente:** mudanças climáticas locais e globais, poluição da água e do solo e redução da disponibilidade de recursos.

O quadro 11 foi elaborado a partir dos conceitos propostos por Ribeiro, Suart, Suart Jr, De Souza e Rezende (2024) que procuram demonstrar a contextualização do EI com a abordagem CTSA, sendo aqui analisado o CI separado por tópicos.

<b>Tópicos</b>	<b>Atividade Investigativa</b>	<b>Abordagem CTSA</b>
Comunidade ribeirinha e reservas legais	Resolução de problemas de natureza ambiental, considerando fatores legais, ambientais e socioculturais, analisando os dados e com base	Ciência: demonstrar conhecimento dos ecossistemas e da biodiversidade que fazem parte da comunidade. Tecnologia: compreender as

	em pesquisas e no próprio conhecimento.	técnicas utilizadas pela comunidade para sua subsistência. Sociedade: abordar informações socioculturais e dados sobre as comunidades tradicionais. Ambiente: reconhecer a importância das reservas legais para a conservação do meio ambiente.
Atividades agropecuárias	Classificação das atividades antrópicas e como elas podem perturbar o equilíbrio dos ecossistemas e demonstrar as consequências oriundas de tais atividades, levantando hipóteses para solucionar os problemas propostos.	Ciência: identificar técnicas agrícolas, formas de cultura e quais os riscos socioambientais que elas apresentam. Tecnologia: sugerir alternativas tecnológicas para produção de alimentos que proporcionem reduzir o impacto ambiental. Sociedade: fortalecer a agricultura familiar e valorizar a importância da produção de alimentos. Ambiente: fazer uso sustentável dos recursos naturais, como o manejo florestal sustentável e a agroecologia.
Problemas causados por fertilizantes e defensivos agrícolas no meio ambiente	Adoção de uma posição fundamentada em critérios científicos, utilizando dados e evidências para sustentar conclusões, opiniões e argumentos, através de afirmações que sejam claras, organizadas, lógicas e compreensíveis, demonstrando resultados construídos a partir de discussões.	Ciência: entender o impacto dos fertilizantes e defensivos agrícolas no solo, na água e na fauna. Tecnologia: explorar novas técnicas de proteção às culturas que não agridam o meio ambiente. Sociedade: identificar os impactos negativos dos produtos químicos no meio ambiente e nos seres vivos. Ambiente: garantir a qualidade dos recursos naturais, evitando a contaminação.
Poluição do ar, do solo e da água	Caracterização das diferentes formas de degradação do meio ambiente, por meio de substâncias químicas e compreensão de seus efeitos sobre os seres vivos, a partir de análises feitas sobre o problema proposto.	Ciência: compreender os efeitos da poluição no meio ambiente e suas consequências para os organismos. Tecnologia: desenvolver métodos para recuperar ambientes contaminados e evitar a contaminação de novos ambientes.

		<p>Sociedade: conscientizar a população dos efeitos da poluição como no surgimento de doenças e na qualidade de vida das pessoas.</p> <p>Ambiente: relacionar a degradação dos recursos naturais com alterações no equilíbrio dos ecossistemas, como mudanças climáticas.</p>
Perda da biodiversidade e de espécies nativas	Identificação das atividades impactantes ao meio ambiente e valorização da diversidade, além da compreensão das relações ecológicas e da dinâmica das populações, demonstrando como tais problemas podem ser solucionados.	<p>Ciência: reconhecer a importância da manutenção da biodiversidade para os ecossistemas e o papel das espécies nas cadeias alimentares.</p> <p>Tecnologia: proteger espécies ameaçadas de extinção e desenvolver técnicas de conservação.</p> <p>Sociedade: compreender a relação de dependência dos seres vivos.</p> <p>Ambiente: desenvolver um monitoramento ambiental, acompanhando alterações da fauna e da flora.</p>
Alterações dos ciclos biogeoquímicos (água, carbono e oxigênio.)	Investigação de questões ambientais, relacionadas a fenômenos químicos, físicos e/ou biológicos, a partir da análise dos dados obtidos através de informações e pesquisas, evidenciando as alterações encontradas.	<p>Ciência: identificar como os elementos químicos participam dos fenômenos naturais.</p> <p>Tecnologia: promover o uso de técnicas sustentáveis que garantam a manutenção dos ciclos biogeoquímicos.</p> <p>Sociedade: conscientizar a população sobre atividades que alteram a dinâmica natural dos ecossistemas, como a poluição e atividades agropecuárias.</p> <p>Ambiente: compreender a relevância do equilíbrio dos ecossistemas para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos.</p>
Mudanças climáticas	Identificação das alterações climáticas com base em estudos e/ou pesquisas, utilizando fontes confiáveis, demonstrando como tais alterações ao longo do tempo	<p>Ciência: identificar as possíveis causas e as consequências das alterações climáticas no meio ambiente.</p> <p>Tecnologia: incentivar o uso de recursos renováveis e de</p>

	podem influenciar/modificar fenômenos ambientais e climáticos.	técnicas sustentáveis. Sociedade: elucidar os impactos das mudanças climáticas e maneiras de como mitigar seus efeitos. Ambiente: demonstrar como as mudanças climáticas prejudicam o meio ambiente e de que modo interferem no equilíbrio dos ecossistemas.
--	--	--

Quadro 11 - Contextualização CTSA no Caso Investigativo

Fonte: O autor

Desta maneira, esperamos encontrar nas cartas-resposta, textos que contemplem os objetivos propostos na tabela, evidenciando a presença das temáticas CTSA que permitem a integração do conhecimento científico com questões sociais e ambientais, além de inserir a tecnologia como método para a solução de problemas. Assim, a presença da atividade investigativa possibilita uma abordagem interdisciplinar que favorece a ampliação do conhecimento e auxilia na resolução de problemas, a partir do raciocínio e do levantamento de hipóteses (Sasseron; Carvalho, 2011; Da Costa; Ribeiro; Zompero, 2016; Moraes; Bego, 2024).

Por fim, a construção desta carta pretende fazer com que o estudante reconheça, examine e julgue questões sociais, culturais e ambientais de diferentes naturezas, possibilitando sua reflexão e a construção de argumentos para a resolução do caso.

## 8.2 ANÁLISE DAS CARTAS-RESPOSTA INICIAIS

As atividades realizadas durante a aplicação da UDM foram analisadas e aqui serão apresentados os dados obtidos a partir das etapas sugeridas por Bardin (2016), buscando compreender de forma objetiva os resultados observados e atribuir significado às informações obtidas.

Para manter preservada a identidade dos participantes, os alunos foram identificados com os códigos de A1 a A23, e divididos em sete grupos classificados de G1 a G7, conforme apresentado no quadro 12.

<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>	<b>G5</b>	<b>G6</b>	<b>G7</b>
A6, A7 A10, A17	A15, A20	A3, A22	A1, A13, A14	A9, A11, A21	A2, A4, A5, A19	A8, A16, A18, A23

Quadro 12 - Divisão dos alunos em seus respectivos grupos

Fonte: O autor

A análise das cartas-resposta, em suas versões inicial e final, bem como das entrevistas, foram conduzidas de forma independente, permitindo que as categorias emergissem indutivamente, a partir da leitura exaustiva do material, tomando como eixo interpretativo a abordagem CTSA e os pressupostos do EI.

No decorrer da aplicação da UDM, os grupos elaboraram a versão inicial da carta-resposta durante a SD1. A única exceção foi o grupo 2, que não realizou a entrega ao final da aula. Os demais grupos concluíram a atividade e tiveram suas produções submetidas à análise.

Cada carta-resposta foi dividida em excertos, aqui denominados de E1, E2, E3 e assim por diante, sendo esta versão inicial da carta chamada de Ci, onde cada uma foi identificada por seu respectivo grupo.

O quadro 13 apresenta de forma sintetizada e agrupada, as categorias encontradas e sua descrição, incluindo seu respectivo código.

<b>Código</b>	<b>Categoria</b>	<b>Descrição da Categoria</b>
E1CiG1, E1CiG4, E1CiG5, E7CiG5, E1CiG6, E1CiG7	Problemas socioambientais	Associa desapropriação e atividade agropecuária às consequências ambientais
E2CiG1, E1CiG3, E2CiG3, E3CiG3, E2CiG4, E2CiG5, E5CiG5, E2CiG7, E3CiG7	Impactos ambientais e sociais	Relaciona os impactos humanos e ambientais à biodiversidade e cultura tradicional
E3CiG5, E3CiG4, E5CiG7	Sustentabilidade socioambiental	Promove a perspectiva intergeracional e a sugestão de práticas agrícolas sustentáveis e soluções
E3CiG1, E4CiG4, E4CiG5, E2CiG6, E3CiG6, E6CiG6, E4CiG7	Aspectos legais e governamentais	Propõe ações governamentais a partir da fundamentação legal

E4CiG3, E6CiG5, E4CiG6, E5CiG6	Mobilização e responsabilidade coletiva	Propõe ações coletivas por meio da responsabilidade sócio-governamental
--------------------------------	---	---

Quadro 13 - Análise das cartas-resposta iniciais

Fonte: O autor

Nesta primeira produção, anterior à intervenção pedagógica, os discursos apresentam uma compreensão predominantemente descritiva, com ênfase em aspectos imediatos e visíveis do conflito ambiental proposto no CI. Notamos um foco restrito em elementos concretos e presentes no próprio caso, como a desapropriação das terras da comunidade ribeirinha, o desmatamento e o uso de agrotóxicos, revelando um raciocínio pautado mais em percepções empíricas do que em conceitos científicos.

Na categoria que denominamos **Problemas socioambientais**, percebemos que muitos excertos destacam a desapropriação territorial como sendo o eixo central do problema, associando-o a prejuízos sociais e ambientais imediatos, como a perda de moradia, como visto em:

E1CiG1: *“Uma empresa agropecuária (Agrotop) está entrando na justiça para a retirada de uma comunidade ribeirinha do terreno onde eles estão acomodados para o plantio dos seus produtos”;*

E1CiG5: *“No município de Itaituba, no estado do Pará, a comunidade ribeirinha recebeu uma notificação que uma empresa estava com interesses em suas terras para o agronegócio fazendo então com que eles terem que se desvincular de suas terras”;*

E1CiG7: *“Somos a comunidade ribeirinha de Montanha e Mangabal e nesses últimos dias, recebemos a notícia de que a empresa Agrotop planeja desapropriar as áreas do nosso povo”.*

Notamos que os alunos reconhecem o problema a partir de suas consequências mais visíveis e socialmente sensíveis, evidenciando um nível inicial de AC. Sob a perspectiva CTSA, destacamos a compreensão da dimensão social das decisões tecnológicas e econômicas, ao relacionar a atuação da empresa agropecuária aos impactos sobre a comunidade. Entretanto, a análise permanece fortemente ancorada na experiência primeira, configurando um obstáculo epistemológico, pois os estudantes não explicitam os processos ecológicos, produtivos ou científicos envolvidos, limitando a articulação entre ciência e ambiente.

Quando analisamos a categoria **Impactos ambientais e sociais**, é possível identificar trechos que demonstram impactos negativos relacionados às espécies nativas, à cultura e subsistência da comunidade, que é baseada na caça e pesca, como constatado em:

E3CiG3: *“Prejudica as espécies nativas, afeta diretamente na comunidade ribeirinha, ao expulsá-los de sua reserva, prejudicariam seu estilo de vida, tanto na rotina de caça/colheita, quanto emocionalmente ao retirá-los de suas casas, onde viveram desde seu nascimento”*

E3CiG7: *“Além disso ficaremos sem moradia, e vivemos através da pesca e da caça na área rural, perderemos nosso sustento através disso”*.

Os excertos indicam que os alunos possuem concepções prévias relacionando o estilo de vida da comunidade à sua identidade cultural, como previsto nos pré-requisitos da UDM, demonstrando compreender a importância da questão socioambiental para essa população.

Também nesta categoria é relatado danos à natureza, como desmatamento e contaminação do meio ambiente, observados em:

E2CiG1: *“Se a empresa for aprovada pelo governo: irá prejudicar a comunidade, deixando eles ficarem sem abrigo e com falta de sustento, pois retirariam o alimento de suas próprias plantações, da caça e pesca, além da empresa danificar o meio ambiente através do desmatamento para o plantio”*;

E2CiG4: *“Caso recebam autorização, a agropecuária afetaria o meio ambiente, devido a prática como o desmatamento, uso de agrotóxicos, consumo de água em grandes quantidades, entre outros, resultando em degradação de ambientes, perda de biodiversidade e poluição”*

E2CiG5: *“Essa invasão teria como consequências: a redução da população indígena, as atividades de subsistência prejudicadas, fim da moradia fixa, desmatamento, mudanças climáticas, contaminação das áreas afetadas, etc.”*.

Nos excertos citados acima, fica evidente as concepções já estabelecidas, relacionando às atividades agropecuárias como algo prejudicial ao meio ambiente. Também aparece o obstáculo verbal, no uso de termos genéricos como “danos ao meio ambiente” ou “contaminação de áreas”, sem detalhamento conceitual. Os estudantes reconhecem que a subsistência baseada na pesca e na caça está diretamente vinculada à preservação do território e dos ecossistemas locais, o que indica avanços na AC ao integrar conhecimentos científicos, sociais e culturais. Na perspectiva CTSA, essa categoria evidencia a interdependência entre

ambiente e sociedade, ao compreender que alterações ambientais afetam modos de vida, valores culturais e bem-estar coletivo.

Na categoria **Sustentabilidade socioambiental** observamos apontamentos relacionados às práticas sustentáveis, demonstrando preocupação com a sustentabilidade, como observado em:

E3CiG4: *“É importante utilizar práticas mais sustentáveis no agro para preservar a natureza”*;

E3CiG5: *“Devemos levar em conta que essas atividades além de prejudicar o presente, teremos também consequências futuras”*.

Nesta categoria, notamos um avanço na AC, especialmente no que se refere à compreensão do caráter temporal e ético das decisões socioambientais. No entanto, sob a abordagem CTSA, percebemos que a sustentabilidade é tratada de forma normativa e pouco problematizada, sem uma discussão mais aprofundada sobre a complexidade dos sistemas ecológicos, as relações entre os diferentes componentes do ecossistema e as tensões entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

Enquanto na categoria **Aspectos legais e governamentais**, notamos uma ênfase em argumentos legais, sinalizando que a fundamentação jurídica era vista como principal instrumento de resistência, contudo, o uso da fundamentação legal aparece de maneira superficial, não demonstrando como essa estratégia estaria relacionada com a resolução do caso, como visto em:

E3CiG1: *“Existem diversas leis que defendem as comunidades ribeirinhas”*;

E4CiG4: *“Caso não aceitassem a ordem de não desmatarem a área, o caso poderia ser levado ao tribunal de acordo com as leis de proteção da vegetação”*;

E3CiG6: *“Situações como essas são difíceis de resolver, mas podemos ir para o lado jurídico da coisa, implementando leis e ações contra”*.

Essa compreensão, do papel do Estado e das normas jurídicas na mediação das relações entre sociedade, tecnologia e ambiente, dialoga com a perspectiva CTSA ao evidenciar que decisões científicas e tecnológicas são reguladas por instâncias políticas e legais. Contudo, do ponto de vista da AC, a abordagem ainda se mostra superficial, pois as leis são mencionadas de forma genérica, sem articulação com dados científicos, estudos ambientais ou estratégias concretas de resolução do problema, limitando a compreensão crítica do funcionamento dessas instâncias.

Já na categoria **Mobilização e responsabilidade coletiva**, além do aspecto legal, podemos verificar a questão social e midiática, com intuito de promover uma mobilização sócio-jurídica, como em:

E4CiG3: *“Recorrer às leis ambientais, direitos humanos, fazer apelo em redes de televisão e redes sociais para a mobilização da população, causando um tipo de pressão no poder legislativo”*;

E5CiG6: *“Também a parte da advocacia legal é essencial para a proteção do local, além de direitos ao favor em relação a empresa. Com isso, acaba vindo as mobilizações públicas, que ajudariam em questões sociais e de mídia para mais pessoas se preocuparem com as comunidades”*.

Por fim, nessa categoria não há uma abordagem da dimensão científica de maneira mais explícita, porém os estudantes reconhecem a importância da mobilização social, da pressão pública e do engajamento coletivo como estratégias de intervenção, o que está alinhado à perspectiva CTSA.

Logo, nessa etapa inicial, prevalecem as concepções prévias como a resolução a partir da legislação e o poder da mobilização social, contudo, sem uma validação específica, além da presença de obstáculos epistemológicos, sobretudo o obstáculo da experiência primeira, quando os estudantes vinculam de forma imediata a atividade agropecuária a danos diretos, sem ainda explorar com profundidade processos mais amplos, como impactos climáticos ou ecológicos de longo prazo.

### **8.3 ANÁLISE DAS CARTAS-RESPOSTA FINAIS**

Ao final da SD4, os grupos elaboraram a versão final da carta-resposta. O grupo 2 que inicialmente não havia entregue a versão inicial também produziu uma versão final, porém esta não foi analisada, devido ao fato de não podermos estabelecer uma comparação com a primeira versão. Os demais grupos realizaram a atividade durante a aula e tiveram suas respostas analisadas.

Do mesmo modo da versão inicial, cada carta-resposta foi dividida em excertos, denominados de E1, E2, E3 e assim por diante, sendo a versão final da carta chamada de Cf, e cada uma foi identificada por seu respectivo grupo.

O quadro 14 apresenta de forma organizada e resumida, as categorias encontradas e sua descrição, além do seu respectivo código.

<b>Código</b>	<b>Categoria</b>	<b>Descrição da Categoria</b>
E1CfG1, E1CfG3, E1CfG4, E1CfG5, E1CfG6, E1CfG7	Problemas socioambientais	Mostra conflitos socioambientais e ameaça da agropecuária ao meio ambiente
E2CfG1, E2CfG3, E2CfG4, E2CfG5, E3CfG6, E2CfG7	Impactos ambientais e sociais	Detalha impactos ambientais e sociais decorrentes da atividade humana
E3CfG5, E5CfG5, E3CfG7	Sustentabilidade e futuro	Destaca soluções de sustentabilidade e preocupação com gerações futuras e práticas agrícolas sustentáveis
E3CfG1, E4CfG4, E4CfG5, E2CfG6	Aspectos legais e governamentais	Evidencia respaldo jurídico e dever governamental
E3CfG3, E8CfG5, E4CfG6	Mobilização social e política	Valoriza ação coletiva e pressão política
E6CfG5, E7CfG5	Preservação e responsabilidade coletiva	Aponta dever coletivo pela conservação e responsabilidade ambiental

Quadro 14 - Análise das cartas-resposta finais

Fonte: O autor

Após a aplicação das SDs, notamos um aprofundamento substancial na análise dos problemas ambientais, com incorporação de conceitos técnicos, tais como erosão, lixiviação, percolação, perda da biodiversidade, contaminação do solo e das águas, além de conexões com fenômenos globais como as mudanças climáticas. Essa evolução sugere que a abordagem investigativa possibilitou aos estudantes uma compreensão sistêmica dos impactos ambientais, promovendo uma visão articulada entre ciência, tecnologia e sociedade, em consonância com a perspectiva CTSA.

Ao analisar as cartas-resposta finais, quando abordamos a categoria **Problemas socioambientais**, notamos que os estudantes passaram a relacionar a desapropriação não apenas à perda da terra, mas também a processos ambientais específicos, como erosão, lixiviação, percolação, assoreamento e alterações climáticas, demonstrados pelos excertos:

E1CfG4: *“A comunidade ribeirinha Montanha e Mangabal do município de Itaituba do estado do Pará estão sendo desapropriadas de suas áreas legais pela empresa Agrotop, para isso serão utilizados métodos devastadores para o meio ambiente e o clima”;*

E2CfG3: *“O resultado das atividades agropecuárias são prejudiciais, não somente para as comunidades, mas também para as espécies nativas. Estas ações têm influência direta em seu estilo de vida e traz consequências ambientais e climáticas como: estiagem, enchentes, mudanças de temperatura, assoreamento, desmatamento, entre outros”;*

E2CfG7: *“As consequências da apropriação podem causar ao meio ambiente, a erosão, lixiviação, o desmatamento e poluição, o que causaria consequências ao meio social da nossa comunidade, pois dependemos da pesca e da caça que é feita em tais áreas afetadas”.*

Acima, nos excertos E2CfG3 e E2CfG7, é perceptível a mudança de uma visão empírica imediata para uma explicação mais fundamentada cientificamente, demonstrando a superação parcial do obstáculo epistemológico da experiência primeira, a partir da apropriação de conhecimentos e demonstração mais evidente dos processos ecológicos, atitude que representa a organização de um pensamento crítico e consciente que envolve assuntos relacionados ao meio ambiente, ciência e tecnologia. Quando analisado a percepção das cosmovisões, notamos um afastamento de uma cosmovisão vitalista, marcada por explicações baseadas apenas na experiência imediata, no senso comum ou em uma visão moralizante da natureza como algo “naturalmente equilibrado” e passível de degradação apenas por “ações ruins”.

Sob a perspectiva CTSA, essa categoria demonstra uma ampliação da leitura crítica do problema, ao relacionar decisões econômicas e tecnológicas da empresa agropecuária a impactos ambientais e climáticos que afetam diretamente a sociedade, indicando maior articulação entre ciência, tecnologia, ambiente e contexto social.

Dentro da categoria **Impactos ambientais e sociais**, percebemos que as produções finais evidenciam uma articulação mais robusta referente a abordagem CTSA, vinculando aspectos científico-tecnológicos, como no excerto E2CfG1: *“Dito isto, a empresa irá prejudicar o solo (através de fertilizantes), a flora (desmatamento) e a fauna (deslocamento forçado de animais que se abrigam nessas áreas) causando um maior risco de erosão, contaminação dos rios e atmosfera, devido aos agrotóxicos e máquinas utilizadas nas plantações”.*

Esse excerto aponta o impacto do uso de fertilizantes, agrotóxicos e maquinários, demonstrando a inter-relação entre avanços tecnológicos e seus efeitos ambientais e sociais, em consonância com a dimensão crítica da abordagem CTSA, além disso esse movimento indica um avanço na AC, pois os alunos deixam de assumir uma visão de progresso linear da ciência e da tecnologia como retrata Krupczak, Lorenzetti e Aires (2020), quando questionam a visão de progresso absoluto associada a esses campos.

As propostas de soluções também se diversificaram e se tornaram mais contextualizadas. Enquanto na primeira produção predominavam sugestões genéricas, como “impedir o desmatamento” ou “defender a comunidade”, os textos elaborados após as SDs apresentam alternativas práticas e baseadas em tecnologias sustentáveis, como sistemas agroflorestais, contratos comunitários, adubação orgânica e práticas de plantio direto.

Podemos observar essa visão sustentável na categoria **Sustentabilidade e futuro**, como em:

E4CfG2: *“Portanto, pedimos para os senhores que pensem sobre a liberação da desapropriação de áreas importantes para o meio ambiente, levando em consideração todos os riscos de toda uma sociedade futura e famílias prejudicadas no presente”*;

E3CfG7: *“Acreditamos que, para que haja benefícios para ambas as partes, um contrato deve ser feito, para que seja justo, um plantio sustentável deverá ser feito utilizando técnicas como a agrofloresta, plantio direto, uso de compostagem e adubação orgânica para o meio ambiente e a nossa comunidade não sejam prejudicados pela presença da empresa em nossas terras”*.

Essa mudança reforça que a intervenção pedagógica favoreceu a apropriação de estratégias socioambientais, alinhadas a uma perspectiva de sustentabilidade. Além disso, observamos uma preocupação com a dimensão intergeracional da sustentabilidade, como em E3CfG5: *“É fundamental considerarmos as implicações dessa situação, pois as ações tomadas hoje podem impactar não apenas o presente, mas também o futuro das próximas gerações”*, o que demonstra avanço para uma perspectiva sistêmica e de longo prazo, indicando uma visão do “todo”, conectando elementos ambientais e sociais. Essa perspectiva sistêmica também se manifesta no reconhecimento da crise climática como um fenômeno global, que extrapola o contexto local e exige respostas coletivas e estruturais.

O reconhecimento da crise climática fica exposto no excerto E5CfG5: *“As consequências para o meio ambiente devem ser levadas em consideração com urgência,*

*especialmente, em um momento crítico em que enfrentamos uma crise global relacionada à natureza*”, explicitando a emergência global voltada para a temática das mudanças climáticas.

Nessa categoria há a presença da AC, especialmente no que diz respeito à capacidade de aplicar conhecimentos científicos na proposição de alternativas para problemas reais. Na perspectiva CTSA, os estudantes reconhecem que as decisões presentes impactam não apenas a comunidade atual, mas também as gerações futuras, articulando ambiente e sociedade.

Outro aspecto é a continuidade de referências legais e normativas, visto na categoria **Aspectos legais e governamentais**, porém, agora de forma mais direcionada e objetiva, caracterizando a resposta esperada, como em:

E3CfG3: *“Estas consequências podem ser evitadas com a aplicação da Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, a qual visa a preservação de reservas legais de sua exploração. A população se encontra mobilizada juntamente com as comunidades ribeirinhas em busca de justiça”*;

E4CfG5: *“De acordo com a Lei nº 9.605 também estabelece sanções para condutas lesivas ao meio ambiente. A posse da terra deve ser garantida apenas em situações de ameaça iminente”*.

Nessa categoria há um avanço na AC, no que se refere à compreensão do papel das políticas públicas e dos marcos legais na mediação de conflitos, enquanto na perspectiva CTSA, evidencia-se o reconhecimento de que a ciência e a tecnologia são reguladas por decisões políticas e normativas, que podem tanto favorecer quanto restringir práticas socioambientalmente responsáveis.

Esse movimento indica a tentativa da solução a partir dos direitos socioambientais, abordado dentro da categoria **Mobilização social e política**, como em E8CfG5: *“Conto com a sensibilidade e a responsabilidade dos senhores para proteger nossa comunidade e nosso meio ambiente”*; revelando uma expansão da compreensão para além do aspecto jurídico, incluindo a ação coletiva como prática de resistência e transformação social.

Enquanto na categoria **Preservação e responsabilidade coletiva**, fica evidente a responsabilização sócio-governamental, como no excerto E7CfG5: *“Devemos nos concentrar na recuperação dos danos já causados ao meio ambiente por grandes empresas, em vez de permitir novas agressões”*.

Por fim, nessas categorias os alunos reconhecem a importância da ação coletiva, da mobilização social e da responsabilização do poder público e das grandes empresas na preservação ambiental. Esse posicionamento evidencia um progresso na AC, no qual o

conhecimento científico não se limita à compreensão conceitual, mas se traduz em posicionamento crítico, engajamento social e proposição de ações transformadoras.

Ademais, verificamos na versão final, uma ampliação na dimensão social e cultural do discurso. Os estudantes passaram a reconhecer a importância histórica e identitária das comunidades tradicionais, incorporando discussões sobre justiça social e impactos intergeracionais das práticas produtivas.

A presença de reflexões acerca do protagonismo social, da mobilização política e da participação popular nas decisões ambientais evidencia um avanço na AC, que passa a se constituir como uma ferramenta de engajamento, revelando a concretização do objetivo central da perspectiva CTSA: a formação de estudantes para o exercício crítico e responsável da cidadania.

Assim, conforme as Orientações Curriculares Oficiais (Paraná, 2021), percebemos que os alunos foram capazes de:

Selecionar e sistematizar, com base em estudos e/ou pesquisas (bibliográfica, exploratória, de campo, experimental etc.), em fontes confiáveis, informações sobre a dinâmica dos fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, identificando os diversos pontos de vista e posicionando-se mediante argumentação, com o cuidado de citar as fontes dos recursos utilizados na pesquisa e buscando apresentar conclusões com o uso de diferentes mídias (Paraná, 2021).

Constatamos também em outras pesquisas envolvendo questões ambientais abordadas por meio de SDs, o entrelaçamento dos desafios socioambientais e as mudanças climáticas.

No trabalho de Faria, Ramos e Coltri (2021), os autores evidenciam como estudantes do Ensino Médio, ao participarem de uma SD, evoluem de concepções alternativas para análises críticas de impactos socioambientais, trajetória semelhante à identificada em nossas cartas-resposta finais. No estudo, os autores utilizam como abordagem metodológica a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), com intuito de promover a atuação protagonista dos estudantes.

De acordo com Faria, Ramos e Coltri (2021), a produção do conhecimento a partir da reflexão, do diálogo e da contextualização de problemas reais, promove a compreensão dos desafios socioambientais sob diferentes perspectivas. A pesquisa conclui que é possível ensinar mudanças climáticas e assuntos relacionados ao tema, por meio de SDs capazes de promover a aprendizagem significativa.

Na mesma direção, Caneppele (2019), em sua pesquisa com alunos do 2º ano do Ensino Médio, destaca o papel da aprendizagem significativa para diferenciar conceitos

próximos, como efeito estufa e aquecimento global, o que auxilia a compreender a importância de estratégias didáticas que favoreçam a superação de obstáculos conceituais.

Embora, Caneppele (2019), apresente o escopo de seu trabalho voltado para conceitos técnicos referentes ao efeito estufa e aquecimento global, ele também contextualiza os desafios socioambientais e as alterações do clima. O autor ressalta que é evidente a evolução conceitual dos alunos quando é comparado o questionário investigativo, aplicado anteriormente à intervenção pedagógica, ao questionário final, aplicado após as SDs, processo este similar a análise das cartas-resposta iniciais e finais do nosso trabalho.

Ambas as pesquisas utilizam SDs como forma de contextualização do problema e de proposição de soluções, contudo, ao compararmos com nosso trabalho identificamos alguns pontos de divergência. Na pesquisa de Faria, Ramos e Coltri (2021), os autores têm uma abordagem mais ampla e enfatizam como populações vulneráveis são mais afetadas, discutindo as desigualdades. Enquanto, Caneppele (2019) está centrado no fenômeno físico, voltado para a diferenciação conceitual, destinado a uma compreensão técnica. Em nosso trabalho fazemos a junção de ambos, ao abordar comunidades tradicionais vulneráveis e discutir processos ecológicos mais técnicos, como o aquecimento global.

Além disso, podemos destacar em nosso trabalho um entrelaçamento mais consistente em termos de compreensão científica, visto que os alunos demonstram um progresso conceitual, quando abordam os aspectos legais, a responsabilidade coletiva, a mobilização social e a consciência crítica.

Portanto, notamos que a evolução das hipóteses iniciais para análises mais críticas e fundamentadas é um fenômeno recorrente em práticas investigativas e que envolve tanto a superação de obstáculos epistemológicos quanto o desenvolvimento de habilidades próprias da AC, pois nas metodologias investigativas, o diálogo, a argumentação e o trabalho coletivo desempenham papel essencial na construção das hipóteses (Sasseron, 2015).

De modo geral, a comparação entre os textos evidencia que a abordagem investigativa e o CI adotados nas SDs favoreceram o desenvolvimento de uma consciência crítica fundamentada em conhecimentos científicos e jurídicos, além de estimular o pensamento sistêmico característico da abordagem CTSA.

Deste modo, a produção textual pós-intervenção revela que os estudantes passaram de uma análise simplificada e centrada em relações de conflito para uma visão complexa, integradora e orientada à proposição de soluções sustentáveis, refletindo o êxito da estratégia pedagógica no desenvolvimento de competências investigativas e socioambientais.

Esse percurso não apenas evidencia o potencial formativo da metodologia investigativa, mas também confirma a relevância da abordagem CTSA como eixo estruturante para o ensino de Ciências voltado à formação cidadã e à compreensão crítica de problemas socioambientais complexos.

## 8.4 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

As entrevistas foram realizadas ao final da UDM, a partir dos grupos focais, contando com a participação de todos os grupos. Conforme descrito anteriormente, os alunos foram identificados com os códigos de A1 a A23, e organizados em sete grupos classificados de G1 a G7.

O quadro 15 traz os excertos extraídos das entrevistas, classificados por códigos e separados pelas categorias encontradas, incluindo a descrição de cada categoria.

<b>Código</b>	<b>Categoria</b>	<b>Descrição da categoria</b>
A17G1; A15G2; A11G5; A14G4; A21G5; A19G6; A5G6; A4G6; A22G3; A16G7; A20G2; A3G3	Ensino investigativo e metodologias ativas	Demonstra o valor da investigação, da prática e da experimentação como formas de aprendizagem mais significativas
A6G1; A17G1; A20G2; A21G5; A2G6; A22G3; A5G6	Dimensão socioambiental e conscientização crítica	Evidencia o reconhecimento da relevância social e global das mudanças climáticas, a importância da responsabilidade ambiental e a ampliação da percepção sobre diferentes realidades
A9G5; A2G6	Autonomia e protagonismo discente	Aponta a superação da passividade no ensino tradicional e o desenvolvimento do pensamento crítico

Quadro 15 - Análise das entrevistas

Fonte: O autor

A categorização das entrevistas permitiu identificar três grandes categorias: Ensino investigativo e metodologias ativas; Dimensão socioambiental e conscientização crítica; e Autonomia e protagonismo discente. Essas categorias, embora distintas, estão articuladas entre si e com os resultados das resoluções iniciais e finais do CI.

A primeira categoria, **Ensino investigativo e metodologias ativas**, reúne excertos que valorizam a prática experimental, a inovação didática, a participação ativa e a superação de dificuldades ao longo da atividade.

Como podemos observar a partir dos excertos:

A17G1: *“Foi aquele experimento? Foi o experimento que chamou mais a atenção e dava para ver mais a realidade do que estava acontecendo lá, só que de uma forma menor, né”*.

A15G2: *“Eu também gostei, gostei. Principalmente lá no laboratório. Porque foi a primeira vez que eu comecei a estudar”*.

A22G3: *“As coisas que dão para o aluno participar, acho que são muito mais legais do que ficar só ouvindo e tal”*.

A4G6: *“É bom também, porque faz você querer ir atrás das informações para saber melhor, criar uma própria opinião do que você só escutou de outras pessoas”*.

A experimentação é uma das formas mais condizentes para contextualizar o conhecimento científico na prática, permitindo ao aluno compreender o porquê dos conteúdos estudados e ao professor entender qual o método mais adequado para que o ensino forneça para o aluno uma construção crítica e reflexiva contribuindo para que este seja capaz de intervir na sua realidade (Souza; Silva; Arruda; Almeida; Carvalho, 2015).

Para Souza, Akahoshi e Marcondes (2013), é notável a diferença entre o ensino tradicional e a experiência investigativa, pois há o engajamento quando ocorre práticas experimentais e trabalho colaborativo. Logo, o EI contribui para superar as limitações do ensino tradicional ao deslocar o estudante de uma postura passiva para uma participação ativa no processo de aprendizagem. Enquanto o modelo tradicional tende a centrar-se na transmissão de conteúdos e na memorização de informações, a abordagem investigativa promove a participação dos alunos por meio de práticas experimentais, levantamento de hipóteses, discussão coletiva e resolução de problemas.

Esse reconhecimento conecta-se diretamente ao movimento observado entre a resolução inicial e a final do CI: os estudantes saíram de explicações superficiais para análises mais fundamentadas, resultado de um processo de investigação que promoveu maior

envolvimento com os conceitos científicos e socioambientais (Carvalho, 2013). Portanto, sob a perspectiva CTSA, o EI cria condições para que a ciência seja entendida como uma construção humana, contextualizada e passível de questionamentos.

A segunda categoria, **Dimensão socioambiental e conscientização crítica**, mostra que os estudantes compreenderam as mudanças climáticas como um problema de caráter global, social e intergeracional, como visto nos excertos:

A6G1: *“É um assunto importante para muitas pessoas ainda, eu acho que deveria ser mais importante para todo mundo”*.

A20G2: *“O tema também é importante. Eu acho bacana. Porque é difícil você ter aula desse tipo de tema. Mais sobre climas”*.

Há também a valorização da empatia com outras comunidades, da responsabilidade ambiental e da necessidade de ampliar a percepção para além do contexto local.

A22G3: *“É, eu acho que foi bom, porque é bom a gente sempre pensar na realidade do outro, além da nossa, para a gente poder se colocar no lugar do outro, para a gente poder ter um tipo de empatia”*.

A5G6: *“Eu acho que é bom para a nossa percepção de mundo, que não é só aqui onde a gente vive, que tem muitos lugares que tem necessidade de melhorar, muitas cidades têm vida melhor ou pior que a nossa, e para a gente conseguir desenvolver essa nossa parte, para a gente ficar pensando só no nosso entorno”*.

Essa perspectiva dialoga com as cartas-resposta finais, nas quais os estudantes já articulavam de modo mais complexo aspectos ambientais, sociais, políticos e legais, superando a visão imediatista presente nas resoluções iniciais, demonstrando um nível mais elaborado de AC. O reconhecimento da relevância do tema mudanças climáticas também reflete a integração da abordagem CTSA, ao constatar que problemas ambientais não podem ser compreendidos de forma isolada, mas demandam uma leitura integrada (Barbosa; Lima; Machado, 2012).

Por fim, a terceira categoria, **Autonomia e protagonismo discente**, evidencia a superação da passividade frente ao processo de ensino e o desenvolvimento da capacidade de pensar criticamente, pesquisar e construir opiniões próprias, como observado em:

A9G5: *“A gente sai da zona de conforto, porque só o que o professor fala a gente pega. E desse jeito a gente ganha”*.

A2G6: *“Eu achei muito bom, não só na questão do aprendizado, mas também por a gente correr atrás e pesquisar, porque faz a gente criar, Autonomia e pensamento crítico”*.

*Autonomia do aluno ter uma opinião própria, e a gente buscar soluções para o assunto, então eu achei uma ótima atividade, eu achei muito bom”.*

Essa autonomia, emergente nas entrevistas, aparece nas resoluções finais do CI, quando os estudantes não apenas denunciaram os problemas da desapropriação, mas também propuseram soluções sustentáveis como agrofloresta, compostagem e adubação orgânica. Esse movimento é típico do EI, no qual os alunos assumem o papel ativo de sujeitos na construção do conhecimento e na proposição de alternativas (Munford; Lima, 2007; Carvalho, 2013; Morais; Bego, 2024), além de que, esse protagonismo discente é fundamental para a formação cidadã, pois possibilita que os alunos utilizem o conhecimento científico como ferramenta para interpretar a realidade e propor soluções para problemas socioambientais, ambas características da perspectiva CTSA.

Assim, as três categorias se complementam: o EI cria condições metodológicas para a aprendizagem significativa, a dimensão socioambiental amplia o sentido social e crítico das discussões, e a autonomia discente possibilita que os estudantes avancem de concepções iniciais limitadas para respostas mais críticas, fundamentadas e propositivas. Essa articulação confirma que a atividade investigativa, associada à abordagem CTSA, favorece tanto o desenvolvimento da AC quanto a formação dos educandos (Cachapuz; Praia; Jorge, 2002), essenciais para a compreensão e enfrentamento de problemas socioambientais complexos como as mudanças climáticas.

Para concluir, podemos comparar o estudo de Rizzini, Couto e Neumann (2025), que investigou a partir de entrevistas, as percepções de jovens e adolescentes brasileiros, com idades entre 12 e 18 anos, de escolas públicas e privadas, sobre as mudanças climáticas, evidenciando uma juventude profundamente preocupada com os efeitos da crise climática e com o futuro das próximas gerações.

De modo semelhante, as entrevistas realizadas em nosso trabalho indicam que os estudantes não apenas reconhecem os impactos das mudanças climáticas, mas também articulam suas vivências com conceitos científicos, ressaltando a importância de abordagens pedagógicas que considerem o contexto cultural e territorial dos cidadãos, como apresentado na categoria que aborda a dimensão socioambiental e consciência crítica.

Além disso, ambas as pesquisas destacam a relevância de práticas educativas que promovam a participação dos alunos e o protagonismo discente, aspectos que emergiram nas entrevistas desta pesquisa, corroborando a importância de metodologias que valorizem a voz dos estudantes na construção do conhecimento.

## 9 REFLEXÕES ACERCA DO PROCESSO PROPOSTO

Nesta seção apresentamos uma síntese dos resultados obtidos, com o objetivo de articular e integrar as diversas análises desenvolvidas ao longo da pesquisa. Pretendemos propor um diálogo entre os dados obtidos e as reflexões decorrentes das atividades desenvolvidas, evidenciando de que modo essas experiências contribuíram para a formação das percepções dos estudantes.

A análise das atividades propostas na UDM evidencia avanços significativos na aprendizagem dos estudantes. De modo geral, as propostas contribuíram para promover o protagonismo discente e articular a construção do conhecimento científico a contextos sociocientíficos relevantes, como as mudanças climáticas. Entretanto, notamos alguns aspectos que podem ser aperfeiçoados em futuras aplicações.

Algumas etapas da investigação demandaram maior tempo de desenvolvimento, especialmente aquelas relacionadas à formulação de hipóteses e à interpretação dos dados. O tempo disponível nem sempre foi suficiente para que os estudantes aprofundassem suas análises e refinassem suas explicações, como exposto por alguns grupos, o que sugere a necessidade de ajustes no planejamento do tempo voltado para tais atividades.

Para isto, propomos uma ampliação na quantidade de aulas da SD1 e SD4, de duas para quatro aulas cada sequência, devido a exigência de um tempo maior para o desenvolvimento da discussão da etapa inicial e final do CI. Na SD1, os alunos são apresentados ao caso e ao modelo de Kortland (1996), pois precisam elaborar a versão inicial da carta-resposta, além de identificar os povos ribeirinhos, reconhecer as relações entre essa comunidade e o meio ambiente e compreender a dependência dos recursos naturais. Na SD4, os estudantes devem explicar como as atividades humanas influenciam as mudanças do clima e justificar as necessidades da preservação ambiental, para então concluir a resolução do caso, incluindo a elaboração da versão final da carta-resposta e a produção do vídeo de conscientização referente ao caso.

Apresentamos a nova organização do planejamento da UDM, conforme quadro 16.

<b>TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS</b>			
<b>Título da UD</b>	<b>Resistência ribeirinha: a luta de uma comunidade contra a degradação ambiental.</b>		
<b>Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais</b>	<p><b>(EM13CNT105)</b> Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.</p> <p><b>(EM13CNT206)</b> Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.</p>		
<b>Objetivo de aprendizagem da UD</b>	Ao final desta UD os alunos devem ser capazes de analisar e reconhecer a relevância dos recursos naturais, bem como compreender os efeitos das mudanças climáticas, relacionando suas causas às atividades humanas e justificar a necessidade de hábitos mais sustentáveis e de ações individuais e coletivas, ressaltando a importância da preservação da biodiversidade.		
<b>Título das SD</b>	<b>Objetivo de aprendizagem das SD</b>	<b>Conteúdo Programático das SD</b>	<b>Tempo Aproximado (em aulas)</b>
1. Resistência ribeirinha - Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconhecer as relações ecológicas entre os povos ribeirinhos e o meio ambiente.</li> <li>Identificar a dependência dos recursos naturais para os povos ribeirinhos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudo de caso;</li> <li>Modelo de Kortland;</li> <li>Versão inicial da carta-resposta;</li> <li>Comunidades ribeirinhas;</li> <li>Recursos naturais;</li> <li>Bacias hidrográficas;</li> <li>Ciclo biogeoquímico da água.</li> </ul>	04 (quatro) aulas de 50 min
2. Agropecuária x Desmatamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar os efeitos das atividades agropecuárias no meio ambiente.</li> <li>Relacionar as atividades agropecuárias com o desmatamento e outros processos de degradação ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento sustentável;</li> <li>Poluição do solo e da água;</li> <li>Processos de erosão, lixiviação e percolação;</li> <li>Atividade experimental.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min
3. Efeito estufa e Aquecimento global	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer a importância da relação do fenômeno natural com a manutenção do equilíbrio térmico do planeta.</li> <li>Compreender as causas e os efeitos das mudanças climáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Documentários;</li> <li>Gases do efeito estufa;</li> <li>Variações de temperatura do planeta;</li> <li>Consequências do aumento da temperatura;</li> <li>Ciclo biogeoquímico do carbono e oxigênio;</li> <li>Atividade experimental.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min
4. Atividades antropogênicas e o desequilíbrio ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explicar como as atividades humanas influenciam as mudanças climáticas.</li> <li>Justificar as necessidades da preservação ambiental para a manutenção da qualidade de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ações antrópicas e seus efeitos na natureza;</li> <li>Fenômenos climáticos extremos;</li> <li>Educação ambiental e políticas públicas;</li> <li>Resolução do estudo de caso;</li> <li>Versão final da carta-resposta;</li> <li>Produção do vídeo;</li> <li>Resposta ao questionário;</li> <li>Entrevistas.</li> </ul>	04 (quatro) aulas de 50 min

Quadro 16 - Reestruturação do planejamento da UDM

Fonte: O autor

Cabe ressaltar que as atividades experimentais realizadas na SD2 e SD3, demandam um tempo considerável para o preparo e realização, sendo recomendável uma análise prévia do

docente dos materiais a serem utilizados e do espaço físico, de preferência um laboratório, para sua realização.

Outro aspecto a ser aprimorado diz respeito à integração entre o fenômeno investigado e os conceitos científicos envolvidos. Embora os estudantes tenham reconhecido a importância de compreender os impactos das ações antrópicas sobre o clima, em certos momentos as discussões permaneceram mais descritivas do que conceituais. A explicitação das relações entre conteúdos como efeito estufa, fotossíntese e ciclos biogeoquímicos poderia favorecer uma compreensão mais robusta dos mecanismos científicos. Desta maneira, é notável a lacuna de conhecimentos prévios relacionados a estes conteúdos.

Assim, para promover uma articulação mais efetiva entre o fenômeno investigado e os conceitos científicos, recomendamos inserir momentos de mediação conceitual guiada, onde o professor, sem romper com o caráter investigativo, estimule os estudantes a relacionar suas observações empíricas a princípios teóricos, a partir de modelos explicativos e mapas conceituais, auxiliando na superação dessas lacunas conceituais.

Outro ponto a ser debatido, refere-se às dimensões sociocientíficas do tema, que poderiam ter sido exploradas com maior profundidade, especialmente no que se refere às implicações éticas, políticas e econômicas das mudanças climáticas. Uma abordagem mais ampla dessas dimensões fortaleceria a perspectiva crítica e cidadã, dando ainda mais evidência ao enfoque CTSA.

Para ampliar a exploração das dimensões éticas, políticas e econômicas das mudanças climáticas, podemos incluir a realização de debates orientados por controvérsias sociocientíficas, análise de reportagens ou pela proposição de projetos de intervenção local. Destacamos que foi utilizado como forma de debate os documentários “Seremos história?” (2016), “Uma verdade inconveniente” (2006) e “Uma verdade mais inconveniente” (2017), além da carta “A internacionalização do mundo” (2002), essas atividades permitem que os estudantes compreendam as múltiplas implicações das ações humanas sobre o ambiente e desenvolvam uma postura crítica e cidadã diante das questões socioambientais contemporâneas, incluindo a discussão acerca da educação ambiental crítica.

Em relação às atividades de avaliação da aprendizagem e ao trabalho em grupo, percebemos que a construção coletiva do conhecimento, embora seja um dos princípios da prática investigativa, não favoreceu uma participação equitativa dos estudantes, dificultando a avaliação individual. Para contornar as dificuldades relacionadas à avaliação individual em atividades colaborativas, propomos a utilização de ferramentas como autoavaliação e a

avaliação por pares, que permitem uma apreciação mais ampla do processo de aprendizagem, valorizando as dimensões cognitiva, social e atitudinal, contribuindo para o papel formativo da avaliação, de modo coerente com os princípios do EI.

E para promover uma participação mais equitativa entre os integrantes dos grupos, propomos a adoção de estratégias de cooperação estruturada, nas quais cada estudante assume papéis específicos dentro do grupo, assegurando o envolvimento de todos nas etapas da investigação, favorecendo o desenvolvimento de habilidades colaborativas e permitindo um acompanhamento mais justo e criterioso do desempenho individual.

Afinal, compreendemos que as possibilidades de aprimoramento identificadas não comprometem os resultados alcançados e as recomendações propostas indicam caminhos para o aperfeiçoamento contínuo das práticas pedagógicas voltadas ao ensino de Ciências.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fundamentação teórica desta pesquisa se apoiou na AC e na abordagem CTSA, entendidas como referenciais centrais para a formação de sujeitos críticos e participativos. Essa perspectiva concebe o ensino de Ciências para além da transmissão de conteúdos, valorizando a compreensão das relações CTSA, bem como o desenvolvimento da capacidade de interpretar, argumentar e tomar decisões fundamentadas diante de problemáticas contemporâneas, orientando uma educação científica voltada ao exercício da cidadania.

As mudanças climáticas foram definidas como temática central deste trabalho por se configurarem como uma problemática socioambiental contemporânea constituindo-se como uma questão sociocientífica que impacta diretamente a vida em sociedade. Diante desse cenário, verificamos ser insuficiente abordá-las a partir de práticas pedagógicas tradicionais, centradas na transmissão de conteúdos e na memorização de conceitos. Assim, adotamos uma metodologia ativa de ensino, capaz de promover o protagonismo discente, a problematização da realidade e a construção coletiva do conhecimento.

O problema de pesquisa se fundamentou nas limitações de um ensino de Ciências ainda tradicional e fragmentado, que dificulta o desenvolvimento da AC dos estudantes. Ao articular a AC, a abordagem CTSA e as questões sociocientíficas, o estudo buscou compreender como a metodologia ativa, aplicada em uma sequência didática sobre mudanças climáticas, promoveu uma aprendizagem mais contextualizada, crítica e socialmente comprometida. A pesquisa teve como objetivo analisar de que maneira essa proposta didática contribuiu para que estudantes do Ensino Médio articulem as dimensões CTSA, ampliem sua capacidade argumentativa e desenvolvam uma consciência crítica diante de problemáticas socioambientais complexas.

O estudo adotou uma abordagem qualitativa com foco na compreensão das perspectivas dos estudantes e na promoção de uma prática educativa crítica voltada à autonomia intelectual. A proposta didática foi organizada por meio de uma UDM, estruturando SDs sobre mudanças climáticas fundamentadas na abordagem CTSA, na AC e na problematização de questões sociocientíficas. O EI foi adotado como abordagem metodológica por favorecer a aprendizagem ativa, crítica e significativa, tendo o CI como estratégia didática para mobilizar conhecimentos de forma integrada. A análise das produções dos estudantes foi

realizada por meio da análise de conteúdo, permitindo interpretar as evidências do processo formativo desenvolvido.

A partir da análise das produções dos discentes foi possível concluir que elaboração e implementação da UDM a partir da organização intencional e progressiva das SDs foi fundamental para o processo de aprendizagem dos estudantes, uma vez que possibilitou o desenvolvimento de competências cognitivas, investigativas e argumentativas por meio de situações de ensino contextualizadas. Além disso, a própria dinâmica de elaboração, aplicação e reformulação da UDM evidenciou seu potencial como instrumento formativo para o professor, permitindo ajustes pedagógicos fundamentados na análise das práticas e das respostas dos estudantes.

Durante a intervenção pedagógica, foram identificados aspectos que exigiram ajustes, seja em função do tempo insuficiente para a execução de determinadas atividades, seja pela necessidade de atribuir maior destaque a algumas etapas específicas, como a produção das cartas-resposta. As revisões realizadas, especialmente no que diz respeito ao tempo de execução das atividades e à valorização de etapas centrais do processo investigativo, contribuíram para o aprimoramento da coerência interna da proposta e para a ampliação de sua efetividade pedagógica.

A análise das produções das cartas-resposta revelou um percurso de evolução conceitual, argumentativa e crítica entre a resolução inicial e a resolução final. No primeiro momento, prevaleceram respostas ancoradas em concepções prévias simplificadas, centradas na desapropriação e em impactos socioambientais imediatos, revelando a presença de obstáculos epistemológicos e o uso de explicações genéricas. Tais limitações, embora comuns em situações do EI, serviram como ponto de partida para a problematização.

Na resolução final, contudo, notamos uma ampliação significativa do repertório científico e sociopolítico dos estudantes, mobilizando conceitos científicos mais específicos, decorrentes das atividades propostas pela UDM no decorrer das SDs. Além disso, as respostas dos grupos evidenciaram uma postura investigativa, característica de metodologias baseadas no EI (Carvalho, 2013), na medida em que os estudantes:

- Buscaram informações adicionais em fontes confiáveis, ao pesquisarem legislações ambientais e documentos constitucionais;
- Analisaram a situação-problema sob múltiplos pontos de vista, reconhecendo a complexidade do conflito;
- Propuseram soluções criativas, conciliatórias e fundamentadas;

- Exercitaram argumentação crítica e mobilização de conhecimentos interdisciplinares.

A aplicação das atividades propostas promoveu um aprendizado considerável, ao integrar diferentes estratégias didáticas que favoreceram a construção ativa do conhecimento científico. Nesse sentido, o processo formativo desempenhou um papel central na formação cidadã ao promover processos educativos de qualidade que sensibilizaram tanto o indivíduo quanto a coletividade para a relevância da construção de conhecimentos, valores, atitudes e habilidades orientados para a consolidação de uma sociedade sustentável (Maestrelli; Lorenzetti, 2021). Tais resultados corroboram a concepção de AC como prática social, alinhada à perspectiva CTSA, ao favorecer a leitura crítica das articulações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Destacamos, ainda, no decorrer das SDs o uso de experimentos como recurso didático essencial para a aprendizagem prática, permitindo que os estudantes observassem fenômenos, formulassem hipóteses e relacionassem conceitos teóricos à realidade. As atividades experimentais também foram analisadas a partir da proposição de questões orientadoras, com o intuito de investigar o potencial dessas práticas na promoção do raciocínio científico. Contudo, os resultados dessa análise não foram incluídos neste trabalho devido à grande quantidade de dados já examinados, o que será considerado em estudos futuros.

A articulação com a abordagem CTSA ficou perceptível quando os estudantes integraram ciência (processos ecológicos), tecnologia (uso de agrotóxicos, maquinário agrícola), sociedade (impactos nas comunidades) e ambiente (alterações climáticas e perda de biodiversidade). Essa integração revela uma compreensão mais sistêmica da problemática analisada e reforça o papel da abordagem CTSA na promoção de uma educação científica voltada à formação cidadã, ao reconhecer a ciência como uma prática socialmente situada e permeada por interesses, valores e conflitos.

Esses resultados indicaram que as atividades propostas contribuíram para a formação de competências investigativas e cidadãs, reforçando a relevância de metodologias ativas no ensino de Ciências. O envolvimento dos estudantes, a apropriação de conceitos científicos e o engajamento crítico com questões socioambientais sugerem um processo de aprendizagem significativo, coerente com as propostas da BNCC (2018) para o Ensino Médio e com as perspectivas contemporâneas de educação científica crítica.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, W. V.; DELIZOICOV, N. C. **A experimentação didática no ensino fundamental: impasses e desafios.** [S. l.: s. n.], 2009. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1225.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2024.
- AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? *In*: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. **STS education: international perspectives on reform.** New York: Teachers College Press, 1994.
- ALVES, M.; BEGO, A. M. A Celeuma em Torno da Temática do Planejamento Didático-Pedagógico: definição e caracterização de seus elementos constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 20, p. 71-96, 2020. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2020u7196.
- ANASTASIOU, L. das G. C.; ALVES, L. P. Estratégias de ensinagem. *In*: ANASTASIOU, L. das G. C.; ALVES, L. P. (org.). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula.** 3. ed. Joinville: Univille, 2004. p. 67-100.
- ANDRÉ, M. E. D. A.; GATTI, B. A. Métodos Qualitativos de Pesquisa em Educação no Brasil: origens e evolução. *In*: **Simpósio Brasileiro–Alemão de Pesquisa Qualitativa e Interpretação de Dados**, 2008, Brasília. [Trabalho apresentado]. Brasília: Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, 2008. v. 26.
- ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência educ.**, Bauru, v. 07, n. 01, p. 15-27, 2001.
- AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACICH, L.; MORAN, J. M.; TREVISANI, F. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** Porto Alegre: Penso, 2015.
- BARBOSA, L. G. D’C.; LIMA, M. E. C. de C.; MACHADO, A. H. Controvérsias sobre o aquecimento global: circulação de vozes e de sentidos produzidos em sala de aula. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 113-130, jan./abr. 2012.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** 1. ed. (2016), 3. reimpr. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BEGO, A. M. A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de química. **Portal Periódico e Série FCC**, São Paulo, v. 50, p. 1-148, nov. 2016. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/textosfcc/article/view/4316>. Acesso em: 08 jun. 2024.
- BEGO, A. M.; FERRARINI, F. O. C.; MORALLES, V. A. Ressignificação dos estágios curriculares supervisionados por meio da implementação de Unidades Didáticas

Multiestratégicas. **Educação Química em Ponto de Vista**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 5–28, 2021. DOI: 10.30705/eqpv.v5i1.2530. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/2530>. Acesso em: 21 jun. 2024.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 16 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 03 mar. 2024.

BRAZ, E. A. M. **Explorando o Renascimento**: ensino por investigação e reflexões sobre a natureza da ciência na formação docente. 2025. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2025.

BRITO, A. C. B.; SILVA, J. B.; RAZERA, J. C. C. Os estudos de caso no ensino de Ciências e as crenças de autoeficácia no processo motivacional dos alunos. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 15, n. 3, 2020.

CABRAL, P. F. de O.; SOUZA, N. dos S.; QUEIROZ, S. L. Resolução de caso investigativo por graduandos em química: habilidades de comunicação em foco. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC*, XI, 2017.

CACHAPUZ, A. *et al.* **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Ciência, Educação em Ciência e Ensino de Ciências**. Lisboa: Ministério da Educação, 2002. (Temas de Investigação, 26).

CANEPPELE, L. B. **Uma sequência didática facilitadora da aprendizagem significativa no estudo do efeito estufa e do aquecimento global**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/211412>. Acesso em: 16 set. 2024.

CARDOSO, M. R. G.; OLIVEIRA, G. S.; GHELLI, K. G. M. Análise de Conteúdo: uma metodologia de pesquisa qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, Monte Carmelo, v. 20, n. 43, p. 98–111, 2021.

CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições de implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, J. B.; AGUIAR, J. V. de S. Obstáculos epistemológicos e a Educação Ambiental Transformadora. **Pesquisa em Educação Ambiental**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 1–12, dez. 2024.

CASAGRANDE, A.; SILVA JR, P.; MENDONÇA, F. Mudanças Climáticas e Aquecimento Global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 8, 2011. DOI: 10.5380/abclima.v8i0.25793. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25793>. Acesso em: 6 jun. 2024.

COSTA, L. V. *et al.* Novo ensino médio e a área de ciências da natureza: uma análise das abordagens teórico-metodológicas em livros didáticos, à luz das metodologias ativas. **Cadernos de educação**, [S. l.], n. 67, 16 nov. 2023.

COSTA, L. V.; VENTURI, T. Metodologias Ativas no Ensino de Ciências e Biologia: compreendendo as produções da última década. **Revista Insignare Scientia (RIS)**, [S. l.], v. 4, n. 6, p. 417–436, 2021. DOI: 10.36661/2595-4520.2021v4i6.12393. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12393>. Acesso em: 15 maio 2024.

COSTA, M. A. F da; VENEU, F.; COSTA, M. de F. B. Discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula: o ensino da biossegurança em foco. **Revista Práxis**, [S. l.], v. 10, n. 19, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.47385/praxis.v10.n19.743>. Disponível em: <https://doi.org/10.47385/praxis.v10.n19.743>. Acesso em: 20 abr. 2024.

COSTA, W. L. da; RIBEIRO, R. F.; ZOMPERO, A. de F. Alfabetização Científica: diferentes abordagens e alguns direcionamentos para o Ensino de Ciências. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 528–532, 2016. DOI: 10.17921/2447-8733.2015v16n5p528-532. Disponível em: <https://revistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/3868>. Acesso em: 14 abr. 2024.

DEL-MASSO, M. C. S.; COTTA, M. A. de C.; SANTOS, M. A. P. **Pesquisa científica e senso comum**. [S. l.]: Unesp/Redefor II, 2014. (Curso de Especialização em Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva). Disponível em: <http://acervodigital.unesp.br/handle/unesp/155305>. Acesso em: 10 mar. 2024.

DÍAZ-MORENO, N.; LISO, M. Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. **Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 04, 2012.

DICKMANN, Ivo; LIOTTI, Luciane Cortiano (org.). **Educação ambiental crítica: mudanças climáticas**. Chapecó: Livrologia, 2024.

FARIA, D. R.; RAMOS, M. C.; COLTRI, P. P. Sequência didática como estratégia para ensino sobre desafios socioambientais relacionados às mudanças climáticas. **Terrae Didatica**, [S. l.], v. 17, p. e021052, 2021. DOI: 10.20396/td.v17i00.8667126.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.**, São Carlos, n. 2, p.421-431, 2010.

FERREIRA, J. P. G. Alves; GERMANO, M. G. Popularização da ciência, senso comum e o papel do professor no ensino de ciências. *In: Colóquio Internacional de Educação e Pesquisa em Desenvolvimento Local (COINTER-PDVL)*, 7., [202?]. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31692/2358-9728.VIICOINTERPDVL.0358>. Acesso em: 08 mar. 2024.

FREITAS, F. M. de; DIAS, M. A. da S. Alfabetização científica e a educação CTSA: compreendendo conceitos e teorias e (re) pensando a formação docente. *In: Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*, 7., 2021, [Campina Grande]. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/80843>. Acesso em: 15 abr. 2024.

GANIKO-DUTRA, M.; CALDEIRA, A. M. de A. Educação Ambiental e Crise Climática. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 19, n. esp. 1, p. e024051, 2024. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v19iesp.1.19209>. Acesso em: 07 jun. 2024.

GAROFALO, D. Como as metodologias ativas favorecem o aprendizado. **Nova Escola**, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/11897/como-as-metodologias-ativas-favorecem-o-aprendizado>. Acesso em: 26 maio 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, L. B. *et al.* As origens do pensamento sistêmico: das partes para o todo. **Pensando famílias**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 3-16, 2014. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-494X2014000200002&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-494X2014000200002&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 28 jul. 2024.

GONÇALVES, M. B.; JULIANI, S. de.; SANTOS, L. M. F. dos. Abordagens do tema mudanças climáticas nas pesquisas em ensino de ciências. **Educação: teoria e prática**, Rio Claro, v. 28, n. 59, p. 643–661, 2018.

GUIMARÃES, A. P. *et al.* O aquecimento global como conteúdo norteador para ensinar sobre visão sistêmica do planeta Terra no ensino médio. *In: Encontro Nacional em Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: [s.n.], 2013.

HERREID, C. F. What makes a good case? **Journal of college science teaching**, v. 27, n. 3, p. 163 - 164, 1997.

JUNGES, A. L.; MASSONI, N. T. O Consenso Científico sobre Aquecimento Global Antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o Ensino dessa Temática. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 455–491, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018182455. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4761>. Acesso em: 02 jun. 2024.

KORTLAND, K. An STS Case Study about Students' Decision Making on the Waste Issue. **Science Education**, [S. l.], v. 80, n. 6, p. 673-689, 1996.

KRUPCZAK, C.; AIRES, J. A. Controvérsias sociocientíficas: uma análise da produção acadêmica brasileira. **VIDYA**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 277-290, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/2654>. Acesso em: 01 maio 2024.

KRUPCZAK, C.; LORENZETTI, L.; AIRES, J. A. Controvérsias sociocientíficas como forma de promover os eixos da alfabetização científica. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 9, n. 1, 2020. DOI: 10.35819/tear.v9.n1.a3820. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/3820>. Acesso em: 01 maio 2024.

LIMA, M. da C.; MIRANDA VIANNA, D. Práticas docentes com abordagens investigativas. **Gôndola, Ensino e Aprendizagem de Ciências**, [S. l.], v. 16, 1 jan. 2021. DOI: 10.14483/23464712.15579. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/15579>. Acesso em: 07 mar. 2024.

MAESTRELLI, S. G.; LORENZETTI, L. A abordagem CTSA nos anos iniciais do ensino fundamental: contribuições para o exercício da cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 4, n. 1, 2021. DOI: [10.5335/rbecm.v4i1.11608](https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i1.11608). Disponível em: <https://ojs.upf.br/index.php/rbecm/article/view/11608>. Acesso em: 12 dez. 2025.

MARENGO, J. A. *et al.* **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**: análise conjunta Brasil - Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. [S. l.]: INPE/Met Office, 2011.

MARIOTTO, S. C.; CORAIOLA, M. Educação ambiental na concepção do pensamento sistêmico. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 237-243, 2009. DOI: 10.7213/cienciaanimal.v7i2.9933. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/9933>. Acesso em: 28 jul. 2024.

MARQUES, A. C. T. L.; MARANDINO, M. Alfabetização científica, criança e espaços de educação não formal: diálogos possíveis. **Educação e Pesquisa**, [S. l.], v. 44, p. e170831, 2018. DOI: 10.1590/s1678-4634201712170831. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/143528>. Acesso em: 12 maio 2024.

MATTOS, K. R. C. de; AMESTOY, M. B.; TOLENTINO-NETO, L. C. B. de. O Ensino de Ciências da Natureza nas versões da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 18, n. 40, p. 22-34, abr. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/11887>. Acesso em: 30 mar. 2024.

MENDONÇA, K. L. de. **Implementação de uma unidade didática multiestratégica fundamentada no ensino por investigação para o ensino de substância e mistura para alunos do ensino fundamental**. 2020. 106 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, Araraquara, 2020.

MILARÉ, T.; RICETTI, G. P. Histórias e compreensões da alfabetização científica e tecnológica. *In*: MILARÉ, Tathiane *et al.* (org.). **Alfabetização Científica e Tecnológica na Educação em Ciências**: fundamentos e práticas. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

MIRANDA, W. O.; SUART JUNIOR, J. B. As Produções Sobre Mudanças Climáticas e o Ensino de Ciências. *In: Congresso Brasileiro de Educação*, 8., 2024, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: UNESP, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/viii-congresso-brasileiro-de-educacao-441033/886207-AS-P-RODUCOES-SOBRE-MUDANCAS-CLIMATICAS-E-O-ENSINO-DE-CIENCIAS>. Acesso em: 18 maio 2025.

MORAIS, R. P. de; BEGO, A. M. Princípios Epistemológicos, Sociopolíticos e Psicopedagógicos do Ensino de Ciências por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 24, p. e47885, p. 1–34, 2024. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2024u491524. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/47885>. Acesso em: 19 jan. 2025.

MORAN, J. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. *In: YAEGASHI, S. et al.* (org.). **Novas Tecnologias Digitais: reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento**. Curitiba: CRV, 2017.

MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *In: Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*. [S. l.: s. n.], 2015. (Coleção Mídias Contemporâneas). Disponível em: [http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando\\_moran.pdf](http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf). Acesso em: 10 maio 2024.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 267-285, 1995.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de Castro e. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Minas Gerais, v. 9, n. 1, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>. Acesso em: 05 mar. 2024.

NASCIMENTO, E. D. O. do. **Práticas epistêmicas em atividades investigativas de Ciências**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

PARANÁ. Secretaria de Educação e do Esporte do Estado do Paraná. **Referencial Curricular para o Ensino Médio do Estado do Paraná**. Paraná: [SEED], 2021.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência educ.** [online]. 2007, vol.13, n.01, pp.71-84. ISSN 1516-7313.

PIZZI, J. A prática investigativa como instrumento metodológico utilizado pelos professores no ensino de ciências. *In: Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE). Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE*. Paraná: SEED/PR, 2013. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2013/2013\\_3\\_fafipa\\_cien\\_artigo\\_jislaine\\_pizzi.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_3_fafipa_cien_artigo_jislaine_pizzi.pdf). Acesso em: 07 mar. 2024.

PORTO, A.; RAMOS, L.; GOULART, S. **Um olhar comprometido com o ensino de ciências**. Belo Horizonte: FAPI, 2009.

QUEIROZ, S. L.; CABRAL, P. F. de O. (org.). **Estudos de caso no ensino de ciências naturais**. São Carlos: Art Point Gráfica e Editora, 2016.

RIBEIRO, Z. *et al.* Processo de elaboração de sequências de aulas contextualizadas e investigativas por professores em formação inicial de química. **Indagatio Didactica**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 1163-1186, 28 nov. 2024.

RIZZINI, I.; COUTO, R. M. B. do; NEUMANN, M. M. **Adolescentes, jovens e mudanças climáticas no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: CIESPI, 2025.

SÁ, E. F. *et al.* As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de Ciências. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 6., 2007, [Florianópolis?]. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2010.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de Química. **Educación Química**. 2013.

SANTOS, M. E. K. L. dos; LUZ, J. O. C. da; MARTINS, P. B. A utilização de metodologias ativas no processo de ensino/aprendizagem de matemática alinhadas às Bases Curriculares Nacionais. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. e103952989, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i5.2989. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2989>. Acesso em: 16 maio 2024.

SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. **CTS e Educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Editora da UnB, p. 161-184, 2011.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 2, n. 2, p. 110–132, jul. 2000.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência educ.**, Bauru, v. 07, n. 01, p. 95-111, 2001.

SANTOS, W. R. dos; GALLETI, R. C. A. F. História do Ensino de Ciências no Brasil: do período colonial aos dias atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 23, p. e39233, p. 1–36, 2023. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2023u355390. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/39233>. Acesso em: 30 mar. 2024.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 49–67, nov. 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 59–77, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>. Acesso em: 14 abr. 2024.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Revista Investigações em Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SETUBAL, M. A. **Educação e sustentabilidade**: princípios e valores para a formação de educadores. São Paulo: Peirópolis, 2015.

SILVA, A. F. da; FERREIRA, J. H.; VIERA, C. A. O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, Santarém, v. 7, n. 2, p. 283-304, maio 2017. Disponível em: [http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2237-94602017000200283&lng=pt&nrm=iso](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-94602017000200283&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 23 mar. 2024.

SILVA, C. S. de S. da; SOUZA, D. S. de. O enfoque CTSA e uso de Metodologias Ativas no Ensino Superior: uma análise baseada na discussão de notícias sobre acidentes ambientais envolvendo produtos químicos. **Ensino em Re-Vista**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 919–941, 2019. DOI: [10.14393/ER-v26n3a2019-14](https://doi.org/10.14393/ER-v26n3a2019-14). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/50993>. Acesso em: 7 dez. 2025.

SILVA, D. P. da. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química**: reflexões de um grupo de professores. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. DOI: 10.11606/D.81.2011.tde-01062012-135651. Acesso em: 10 mar. 2024.

SILVA, D. G. *et al.* Modelo de Tomada de Decisão de Kortland no Delineamento de Atividade Didática para o Ensino de Bioquímica. **Revista de Graduação USP**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 89–93, 2016. DOI: 10.11606/issn.2525-376X.v1i2p89-93. Disponível em: <https://revistas.usp.br/gradmais/article/view/123125>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SILVA, M. A.; COSTA, E. da S.; COSTA, A. A.. Conhecimento Científico e Senso Comum: uma abordagem teórica. *In*: Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade" (EDUCON), 7., 2013, São Cristóvão. **Anais [...]**. São Cristóvão: EDUCON, 2013. Disponível em: [http://educonse.com.br/viicolquio/publicacao\\_eixos.asp](http://educonse.com.br/viicolquio/publicacao_eixos.asp). Acesso em: 10 mar. 2024.

SILVA, O. B. da; OLIVEIRA, J. R. S. de; QUEIROZ, S. L. *in*: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. **CTS e Educação científica**: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora da UnB, p. 161-184, 2011.

SILVA-BATISTA, I. C. da; MORAES, R. R. História do ensino de Ciências na Educação Básica no Brasil (do Império até os dias atuais). **Revista Educação Pública**, [S. l.], v. 19, n. 26, 22 out. 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/26/historia-do-ensino-de-ciencias-na-educacao-basica-no-brasil-do-imperio-ate-os-dias-atuais>. Acesso em: 28 mar. 2024.

SOUSA, A. S. de; OLIVEIRA, G. S. de; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Fucamp**, [S. l.], v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021.

SOUZA, A. P. A. *et al.* A Necessidade da Relação entre Teoria e Prática no Ensino de Ciências Naturais. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, [S. l.], v. 15, 2015. DOI: 10.17921/2447-8733.2014v15n0p%p. Disponível em: <https://revistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/454>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SOUZA, F. L. de *et al.* **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2013.

SUART, R. de C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. 2008. 218 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. O processo de reflexão orientada como metodologia para a formação inicial docente: proposta para a promoção da alfabetização científica por meio da abordagem de ensino por investigação. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 93–115, 2022. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p93. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/2715>. Acesso em: 05 mar. 2024.

TEIXEIRA, O. P. B. **Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura: a mudança conceitual e o ensino construtivista**. 1992. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Revista Ciência & Ensino**, [S. l.], v. 1, n. especial, nov. 2007.

ZANETTE, M. S. Pesquisa qualitativa no contexto da Educação no Brasil. **Educar em Revista**, [S. l.], n. 65, p. 149–166, jul. 2017.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>. Acesso em: 05 mar. 2024.

## **APÊNDICE A – MODELO DE TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO GERAL**

### **Título da pesquisa**

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERSPECTIVA CTSA: O POTENCIAL DE UMA UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

### **Pesquisador(es/as) ou outro(a) profissional responsável pela pesquisa:**

José Bento Suart Júnior  
Willian de Oliveira Miranda

### **Local de realização da pesquisa:**

### **A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE**

Seu(ua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERSPECTIVA CTSA: O POTENCIAL DE UMA UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.

A pesquisa se refere a um estudo que tem como principal objetivo direcionar um novo olhar para a Educação, trazendo ressignificação sobre o ensino, tendo em vista que, o uso de diferentes metodologias no contexto escolar pode conduzir um novo sentido à aprendizagem, despertando o interesse do aluno pela participação no processo de construção educacional e social.

Este estudo foi desenvolvido a fim de propor possibilidades para que a aprendizagem seja potencializada, tornando o espaço escolar um ambiente ainda mais prazeroso, possibilitando o compartilhamento de ideias em um processo construtivo, de modo que o estímulo colabore para uma prática pedagógica transformadora.

Para conduzir essa pesquisa, os pesquisadores escolheram o componente curricular de Biologia I - Biotecnologia, a fim de executar uma atividade didática distinta do modelo tradicional e atividades habitualmente realizadas, sendo concretizada com o prévio acordo da coordenação pedagógica.

A atividade didática é fruto de pesquisa teórica que está incorporada ao projeto do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, já em desenvolvimento.

Isto posto, foi definido o seguinte percurso para a pesquisa:

- desenvolvimento de um estudo de caso, abordando o tema mudanças climáticas, com o objetivo de possibilitar aos alunos a percepção de valores, individuais ou coletivos, que perpassam pelos campos em estudo, compreendendo a necessidade de ações voltadas para a manutenção do equilíbrio ambiental e da qualidade de vida dos seres vivos.
- desenvolvimento de uma atividade investigativa, fruto desta pesquisa teórica que está incorporada ao projeto de Mestrado e já vem sendo desenvolvido, com objetivo de estimular o pensamento crítico e científico dos estudantes.

Para esta última etapa, gostaríamos de poder contar com a colaboração voluntária e participação espontânea de seu(ua) filho(a), uma vez que, a turma a qual o(a) mesmo(a) faz parte foi escolhida para compor os dados desta pesquisa, tendo autorização da instituição para sua realização. Caso optem por não participar da pesquisa, o(a) aluno(a) não sofrerá nenhum dano emocional e não será prejudicado(a) em seu processo de aprendizagem.

### **1. Apresentação da pesquisa**

A pesquisa intitulada MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERSPECTIVA CTSA: O POTENCIAL DE UMA UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO compreendeu um estudo que buscou analisar a aprendizagem e participação dos alunos do Ensino Médio a partir de atividades investigativas com aporte na metodologia estudo de caso, bem como suas contribuições que direcionam o foco da aprendizagem com liberdade às iniciativas do aluno e à construção coletiva, para que possa desenvolver a autoconfiança e pensamento crítico. A atividade didática é fruto desta pesquisa teórica que está incorporada ao projeto de Mestrado e já vem sendo desenvolvido, a proposta foi produzida em função da metodologia, em busca de romper com visões reducionistas do Ensino Tradicional.

Não é um tema recente, porém o campo de pesquisa sobre o assunto tem se expandido, tendo em vista o modelo de ensino expositivo utilizado por tantos anos e o nível crescente de alunos desestimulados passando pelo fracasso escolar, considerando ainda o momento pós-pandêmico, a acelerada introdução das tecnologias no cotidiano dos estudantes e as dificuldades sociais, é preciso constituir um olhar para a Educação garantindo que os alunos sintam-se inseridos em seu processo de aprendizagem e a esta ocorra em sua totalidade.

O método de pesquisa se apresenta em caráter exploratório, uma vez que, procura-se com esse estudo projetar um novo paradigma sobre o fenômeno da Educação, promovendo uma investigação em busca de melhorias para o ensino. A presente pesquisa utiliza como referencial a abordagem Fenomenológica, buscando avaliar como os participantes expressam seus sentimentos, percepções ao se envolverem-se nas atividades propostas e também investigar os significados atribuídos pelos alunos sobre a vivência e a relação direta com a experiência na participação ativa, permitindo aos pesquisadores compreenderem a essência do fenômeno investigado interligando um enfoque teórico e prático.

## **2. Objetivo da pesquisa**

Analisar as contribuições de uma unidade didática multiestratégica (UDM) para o processo de ensino/aprendizagem quando desenvolvida no Ensino Médio, com aporte na metodologia de Ensino por Investigação para a temática Mudanças Climáticas.

## **3. Participação na pesquisa**

A atividade didática para composição da pesquisa da qual seu(ua) filho(a) participará, será desenvolvida no componente curricular de Biologia I - Biotecnologia, combinando as atividades investigativas ao conteúdo que já seria abordado conforme ementa disciplinar, estando em acordo às finalidades do planejamento anual. O desenvolvimento das atividades pelos pesquisadores não estará condicionado a nenhuma nota e/ou coeficiente de aprovação no componente curricular.

A aplicação da atividade didática contemplará o componente curricular de Biologia I - Biotecnologia, organizada em quatro passos a serem desenvolvidos no decorrer de quatro semanas em duas aulas semanais de 50 minutos, no período normal de aulas. As atividades serão desenvolvidas em grupo, de modo cooperativo. A proposta foi produzida a fim de consolidar a aprendizagem, estimulando potencialidades e estabelecendo relação entre o aluno e um ambiente significativo por meio de sua participação.

Isto posto, acompanhe a seguir como se dará a participação de seu(ua) filho(a) na pesquisa:

A proposta de atividade está estruturada via UDM, dentro da qual as atividades estão orientadas por um estudo de caso e pelo modelo de ensino por investigação, sendo a UDM dividida em quatro sequências didáticas (SD). Seguindo o modelo de ensino por investigação, os alunos deverão resolver o estudo de caso ao final da UDM. Para tal necessitam de conhecimentos técnico-científicos que serão desenvolvidos ao longo de aulas expositivas-dialogadas e experimentais, no interior da investigação, com utilização de recursos tecnológicos. As aulas expositivas-dialogadas serão desenvolvidas utilizando várias

tecnologias, além de atividades práticas experimentais.

A coleta de dados, para análise das potencialidades da UDM proposta e especialmente da realização do estudo de caso, será realizada conforme o quadro a seguir:

<b>COLETA DE DADOS</b>	
<b>SD 1</b>	Gravação/transcrição das reações/interações dos estudantes durante a realização do estudo de caso e resposta escrita com as hipóteses iniciais dos alunos.
<b>SD 2</b>	Gravação/transcrição das reações/interações dos estudantes durante a realização da aula expositiva e atividade experimental.
<b>SD 3</b>	Gravação/transcrição das reações/interações dos estudantes durante a realização da aula expositiva e atividade experimental.
<b>SD 4</b>	Resolução do estudo de caso. Gravação do áudio da encenação da resolução do caso.

Ao apresentar o estudo de caso na SD 1, será coletada a escrita das hipóteses dos alunos. O estudo envolve uma comunidade ribeirinha ameaçada por atividades agropecuárias, abordando o contexto e consequências dessas atividades. Nas SD 2 e 3, serão discutidos os efeitos dessas alterações. Na SD 4, ao final da UDM, as resoluções dos grupos serão coletadas e gravadas em vídeo. Também será realizada uma entrevista semiestruturada para compreender a evolução dos alunos no decorrer da atividade investigativa, registrando as interações via áudio. Com isso, nós pesquisadores, buscamos observar os seguintes aspectos em relação às atividades direcionadas a pesquisa:

- Adequação da escolha do tema;
- Adequação conceitual/prática do tema junto a atividade;
- Escolha para organização dos debates sobre o conteúdo e dinâmica para desenvolvimento da atividade;
- Promoção de um ambiente prazeroso que possibilite a participação do aluno e o compartilhamento de ideias em um processo construtivo, de modo que o estímulo colabore para uma prática pedagógica transformadora;
- Contribuição para a prática de outros professores.

Os dados para a pesquisa serão coletados a partir das a) produções desenvolvidas pelos alunos (questionários internos à atividade didática, desenhos e demais produções textuais) e anotações realizadas no diário dos pesquisadores no decorrer das aulas considerando o comportamento, percepções e envolvimento do aluno, junto b) aos relatos pessoais sobre a atividade que serão obtidos via entrevista, gravados ao final da execução das atividades e transcritos em um momento posterior, para que possam compartilhar seus pensamentos e sentimentos a partir dessa vivência.

Durante as aulas e em cada uma das situações previstas, também durante a gravação do vídeo, serão registradas as interações dos alunos via áudio. As gravações serão realizadas com gravadores individuais e estarão restritas às interações no interior do grupo.

Todas as atividades aqui descritas são instrumentos de avaliação da pesquisa, não integrando a nota da disciplina em que esta pesquisa se insere. O recrutamento dos participantes ocorrerá mediante a assinatura prévia e cuidadosa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos alunos maiores de idade e pelos responsáveis dos alunos menores de idade, uma vez que estes alunos só poderão participar da pesquisa com o consentimento dos responsáveis. Além disso, será obtido o assentimento do aluno através do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) dos alunos menores de idade, garantindo o respeito aos direitos do aluno, conforme previsto nas Resoluções n. 466/2012 e

n. 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, e reforçando a não obrigatoriedade da participação do aluno na pesquisa, sem prejudicar seu processo de aprendizagem.

Os alunos que optarem por não participar da pesquisa ou atividades pedagógicas, ainda poderão assistir às aulas, uma vez que, as mesmas estarão alinhadas ao conteúdo programático para esta série e, visto que as gravações serão realizadas nos grupos, os alunos que optarem por não participar da pesquisa poderão formar um grupo a parte, onde não será realizada gravação. Ainda assim, serão propostas atividades paralelas à pesquisa e alinhadas aos conteúdos programáticos da série para o aluno que opte por não participar de nada relacionado à pesquisa.

#### **4. Confidencialidade**

Durante sua participação na pesquisa, seu(ua) filho(a) terá garantido total confidencialidade e privacidade dos dados apresentados aos pesquisadores, garantimos que o mesmo não será identificado por seu nome, uma vez que, serão utilizados códigos de referência como meio para identificação.

#### **5. Riscos e Benefícios**

**5a) Riscos:** Os riscos envolvidos na participação nesta pesquisa estão relacionados à possibilidade de os participantes se sentirem desconfortáveis e/ou constrangidos ao responderem os questionários e/ou participarem das entrevistas. No entanto, é importante ressaltar que o foco da pesquisa é discutir aspectos relacionados ao processo de aplicação de uma unidade didática, sem abordar elementos de cunho pessoal. Portanto, o risco de constrangimento é mínimo.

Além disso, é importante destacar que os questionários não contêm informações de identificação nominal dos participantes, garantindo assim a privacidade e confidencialidade das respostas. Os dados coletados serão armazenados em um local seguro, e apenas os pesquisadores terão acesso a essas informações. Após a conclusão do estudo, todos os registros serão devidamente descartados, seguindo as diretrizes éticas estabelecidas.

É fundamental ressaltar que a participação nesta pesquisa é totalmente voluntária. Os participantes têm o direito de não responder a qualquer pergunta, seja nos questionários ou durante as entrevistas, sem a necessidade de explicação ou justificativa. Além disso, os participantes podem solicitar a retirada imediata da pesquisa a qualquer momento, sem sofrer nenhum tipo de prejuízo físico, financeiro, didático ou emocional.

**5b) Benefícios:** A participação na pesquisa proporcionará ao participante uma nova experiência em relação à abordagem pedagógica, estimulando-o a pensar criticamente e aprender com suas próprias vivências, o que contribuirá para que ele se sinta parte integrante desse ambiente. Ao participar ativamente das aulas por meio das participações, o aluno terá a oportunidade de construir e organizar seu pensamento, além de desenvolver habilidades e respostas não apenas no contexto escolar, mas também em sua dimensão física, psíquica, intelectual, moral, social e cultural enquanto indivíduo.

#### **6. Critérios de inclusão e exclusão**

**6a) Inclusão:** O critério de inclusão utilizado se refere a alunos entre 14 e 17 anos, regularmente matriculados em uma turma de 2ª ano do Ensino Médio, em um Colégio Estadual, na cidade de Londrina, no período matutino, durante as aulas do componente curricular Biologia I - Biotecnologia. A participação nesta pesquisa é voluntária, sendo permitido ao aluno se recusar a participar, no entanto, ele será mantido na aula, porém excluído da coleta de dados.

**6b) Exclusão:** Não se aplica.

#### **7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo**

Conforme previsto na Resolução n. 466 de 2012 e n. 510 de 2016 do CNS, a participação do aluno na pesquisa não é obrigatória, uma vez que, não será prejudicado em seu processo de aprendizagem. A participação nas atividades deverá ser espontânea e voluntária, podendo o mesmo deixar de participar assim que desejar, bem como, não responder questões, sem quaisquer prejuízos à sua formação, tendo também a liberdade de retirar-se da pesquisa caso não se sinta confortável.

Os alunos só poderão participar da pesquisa após seu assentimento, bem como, o consentimento dos responsáveis. O aluno poderá sanar suas dúvidas sobre a pesquisa a qualquer momento, a qual se buscará tornar o ambiente seguro para o mesmo.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

(  ) quero receber os resultados da pesquisa (email para envio): \_\_\_\_\_

(  ) não quero receber os resultados da pesquisa

### 8. Ressarcimento e indenização

A pesquisa não constituirá em custos para os participantes, assim não sendo necessário o ressarcimento ou compensações materiais. Caso a pesquisa venha a gerar algum dano à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual para o participante, este terá direito e poderá solicitar indenização, conforme a Resolução n. 466 de 12/12/2012, do CNS - Conselho Nacional de Saúde, tal como ressalta o item V.7 da mesma:

V.7- Os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, têm direito à indenização, por parte do pesquisador, do patrocinador e das instituições envolvidas nas diferentes fases da pesquisa.

### ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR).

**Endereço:** Av. Sete de Setembro, 3165, bloco L sala 07 (pátio central), Térreo, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, Telefone: 3310-4494, E-mail: [coep@utfpr.edu.br](mailto:coep@utfpr.edu.br)

### B) CONSENTIMENTO

Eu \_\_\_\_\_  
 declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento a propósito da participação direta (ou indireta) de meu/minha filho(a)

---

na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, benefícios, ressarcimento e indenização relacionados a este estudo.

Após reflexão, decidi livre e voluntariamente, permitir que meu/minha filho(a) participe deste estudo, estando consciente que ele(a) possa deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Eu, declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome do pesquisador:  
José Bento Suart Júnior  
Data: 17/10/2024

Nome do pesquisador:  
Willian de Oliveira Miranda  
Data: 17/10/2024

**Contato do Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos para denúncia, recurso ou reclamações do participante pesquisado:**

Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR).

**Endereço:** Av. Sete de Setembro, 3165, bloco L sala 07 (pátio central), Térreo, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, Telefone: 3310-4494, E-mail: [coep@utfpr.edu.br](mailto:coep@utfpr.edu.br)

## **APÊNDICE B – MODELO DE TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DOS ENTREVISTADOS**

### **Título da pesquisa**

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERSPECTIVA CTSA: O POTENCIAL DE UMA UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

### **Pesquisador(es/as) ou outro(a) profissional responsável pela pesquisa:**

José Bento Suart Júnior  
Willian de Oliveira Miranda

### **Local de realização da pesquisa:**

### **O que significa assentimento?**

O assentimento significa que você concorda em fazer parte de um grupo de estudantes, da sua faixa etária, para participar de uma pesquisa. Serão respeitados seus direitos e você receberá todas as informações por mais simples que possam parecer.

Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entenda. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe do estudo para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda claramente.

### **Informação ao participante da pesquisa:**

Queremos te convidar para participar de uma pesquisa muito interessante! Você foi convidado(a) porque a turma da qual você faz parte foi escolhida para compor os dados desta pesquisa, tendo autorização da instituição para sua realização. Caso opte por não participar da pesquisa, você não sofrerá nenhum dano emocional e não será prejudicado(a) em seu processo de aprendizagem. O objetivo da pesquisa é direcionar um novo olhar para a educação, trazendo ressignificação sobre o ensino, tendo em vista que, o uso de diferentes metodologias no contexto escolar pode conduzir um novo sentido à aprendizagem, despertando o seu interesse pela participação no processo de construção educacional e social.

Nessa pesquisa, intitulada MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERSPECTIVA CTSA: O POTENCIAL DE UMA UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA PERSPECTIVA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO, abordaremos a temática mudanças climáticas a partir de atividades investigativas, que tem como proposta investigar os significados atribuídos pelos alunos sobre a vivência e a relação direta com a experiência na participação ativa, permitindo aos pesquisadores compreenderem a essência do fenômeno investigado interligando um enfoque teórico e prático.

A pesquisa ocorrerá no decorrer das aulas do componente curricular de Biotecnologia, sendo duas aulas semanais de 50 minutos cada, durante quatro semanas. As aulas serão estruturadas em quatro sequências didáticas, orientadas por um estudo de caso e pelo modelo de ensino por investigação. Ao final da pesquisa, os alunos deverão resolver o estudo de caso relacionado à temática trabalhada.

O critério de inclusão utilizado refere-se a alunos entre 14 e 17 anos, regularmente matriculados na turma de 2ª ano do Ensino Médio do itinerário formativo de Ciências da Natureza, em um Colégio Estadual, na cidade de Londrina, no período matutino.

Se você concordar voluntariamente em participar dessa pesquisa, você deverá envolver-se nas atividades teóricas e práticas, além de responder os questionários e elaborar um vídeo para a resolução do estudo de caso. É importante responder com sinceridade, expressando

suas próprias opiniões e visões sobre o tema. Fique à vontade para esclarecer quaisquer dúvidas que possa ter antes de responder aos questionários ou realizar as atividades.

Essas atividades serão registradas por meio de gravações de áudio e nos permitirão explorar suas experiências e perspectivas após participar das atividades didáticas. É importante destacar que sua participação será anônima e mantida em sigilo absoluto. Nenhuma informação pessoal identificável será divulgada. Respeitaremos sua privacidade e garantiremos que suas respostas e participação sejam mantidas em total confidencialidade e após a conclusão do estudo todos os registros serão devidamente descartados.

Não há muitos riscos envolvidos nessa pesquisa. Além dos questionários e das resoluções das atividades que serão registradas por meio de gravações de áudio, não serão realizados procedimentos invasivos ou arriscados. Caso você se sinta desconfortável ou constrangido em algum momento, você tem o direito de não participar ou de interromper a gravação, sem que isso traga qualquer prejuízo para você. Estaremos sempre disponíveis para responder suas dúvidas e garantir um ambiente seguro durante o estudo.

Sua participação é extremamente valiosa! Ao compartilhar suas ideias e perspectivas por meio dos questionários e atividades você estará contribuindo para uma análise de como o ensino investigativo potencializa a aprendizagem e favorece o desenvolvimento do pensamento crítico e científico.

Essa pesquisa lhe proporcionará uma nova experiência, permitindo-lhe desenvolver habilidades que irão beneficiá-lo não apenas no contexto escolar, mas também em sua dimensão física, moral, social e cultural enquanto indivíduo.

#### **Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.**

Com base na Resolução nº 466 de 2012 e nº 510 de 2016 do CNS, queremos deixar claro que sua participação nesta pesquisa não é obrigatória e não afetará seu processo de aprendizagem. Você tem total liberdade para decidir se deseja participar ou não, e também pode parar de participar a qualquer momento, sem que isso traga consequências negativas para a sua formação. Além disso, se você não se sentir confortável, tem o direito de sair da pesquisa quando quiser, sem nenhum problema.

Antes de você poder participar da pesquisa, precisamos da sua autorização, assim como a autorização dos seus responsáveis. Se você tiver alguma dúvida sobre a pesquisa, fique à vontade para perguntar a qualquer momento. Nosso objetivo é criar um ambiente seguro para você durante todo o processo.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

(  ) quero receber os resultados da pesquisa (email para envio):

(  ) não quero receber os resultados da pesquisa

#### **DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA:**

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade de fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste documento DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

Nome do participante: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome do pesquisador:  
José Bento Suart Júnior  
Data: 17/10/2024

Nome do pesquisador:  
Willian de Oliveira Miranda  
Data: 17/10/2024

Se você ou os responsáveis por você(s) tiver(em) dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar o investigador do estudo ou membro de sua equipe. Se você tiver dúvidas sobre direitos como um participante de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

#### **ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:**

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR).

**Endereço:** Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Bairro Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, **Telefone:** (41) 3310-4494, **e-mail:** [coep@utfpr.edu.br](mailto:coep@utfpr.edu.br)

**APÊNDICE C – UDM**

<b>IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO</b>	
<b>Instituição</b>	UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
<b>Curso</b>	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza (Mestrado Profissional)
<b>Professor</b>	José Bento Suart Júnior
<b>Autores da UDM (ordem alfabética)</b>	Willian de Oliveira Miranda
<b>Data e versão da UDM</b>	26/ago/2024 - 2ª versão

<b>CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA</b>	
<b>Nome da unidade escolar</b>	
<b>Endereço completo</b>	
<b>Site e e-mail</b>	
<b>Caracterização da unidade escolar</b>	<p>Este Colégio Estadual está localizado na zona urbana e possui atualmente 22 turmas, sendo 12 turmas de ensino fundamental (anos finais) e 10 turmas de ensino médio, totalizando 899 alunos. O colégio atende nos três turnos (matutino, vespertino e noturno), apresentando uma alta taxa de matrículas.</p> <p>Os estudantes atendidos pela instituição, normalmente, são do bairro ou de bairros próximos, em sua maioria de classe baixa e média, sendo que uma grande parcela de alunos do ensino médio trabalham ou ocupam alguma função laboral.</p> <p>O colégio apresenta uma infraestrutura razoável, contendo 9 salas de aula, uma biblioteca, duas salas de informática, sala da equipe pedagógica, secretaria, sala da direção, sala de professores, um laboratório de ciências (compartilhado com os componentes curriculares: ciências, biologia, química e física), uma cozinha, um refeitório, um pátio, banheiros divididos por gêneros (feminino e masculino) e uma quadra poliesportiva. As salas de aula possuem carteiras e cadeiras de ferro/plástico, janelas em uma lateral da parede, dois ventiladores de parede, lousa e uma TV multimídia (Educatron). As salas de informática são equipadas com computadores contendo acesso à internet e o laboratório de ciências apresenta poucos equipamentos e materiais.</p> <p>Em relação ao corpo funcional, o colégio possui cozinheira/merendeira, auxiliar de limpeza, inspetor de alunos, técnicos administrativos, equipe pedagógica, secretária, direção e direção auxiliar, professores de apoio e professores dos componentes curriculares.</p>
<b>Disciplina</b>	Biologia I - Biotecnologia
<b>Ano/turma</b>	2 Ano B
<b>Professor responsável</b>	Willian de Oliveira Miranda
<b>Número de estudantes</b>	24 alunos
<b>Caracterização dos estudantes</b>	<p>Os alunos do 2 Ano têm em média 15 anos e são de classe baixa ou média, provenientes do próprio bairro ou de bairros próximos. A maior parte dos alunos já estuda na instituição há alguns anos e conhecem as regras e normas do colégio.</p> <p>Os alunos do 2 Ano B fazem parte do itinerário formativo de Matemática e Ciências da Natureza (de acordo com sua escolha no modelo do Novo Ensino Médio Paranaense) e cursam além dos componentes curriculares da Formação Geral Básica, o componente de Biotecnologia. A opção pelo itinerário formativo (Matemática e Ciências da Natureza ou Linguagens e suas Tecnologias) faz com que o estudante escolha, a partir do 1 Ano do Ensino Médio, pela área do conhecimento de acordo com sua afinidade ou interesse.</p>

	A turma é composta por alunos dos gêneros feminino e masculino, e em sua maioria apresentam um bom relacionamento com os colegas e professores. Os estudantes demonstram interesse pelos conteúdos trabalhados pelos professores e possuem um bom rendimento escolar.
--	---

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
<b>Conteúdo programático da UD</b>	<p>Mudanças climáticas;            Efeito estufa;            Aquecimento global - causas e consequências;            Ciclos biogeoquímicos do carbono, oxigênio, nitrogênio e da água;            Poluição do solo e da água;            Desmatamento e degradação ambiental;            Educação ambiental e políticas públicas.</p>
<b>Pré-requisitos para a UD</b>	<p>Conhecimentos prévios necessários trabalhados com os alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Noções de Ecologia, como habitat, nicho ecológico, cadeia e teia alimentar;</li> <li>● Biomas do Brasil e do Mundo;</li> <li>● Fisiologia vegetal: processos de fotossíntese, respiração e transpiração.</li> </ul>

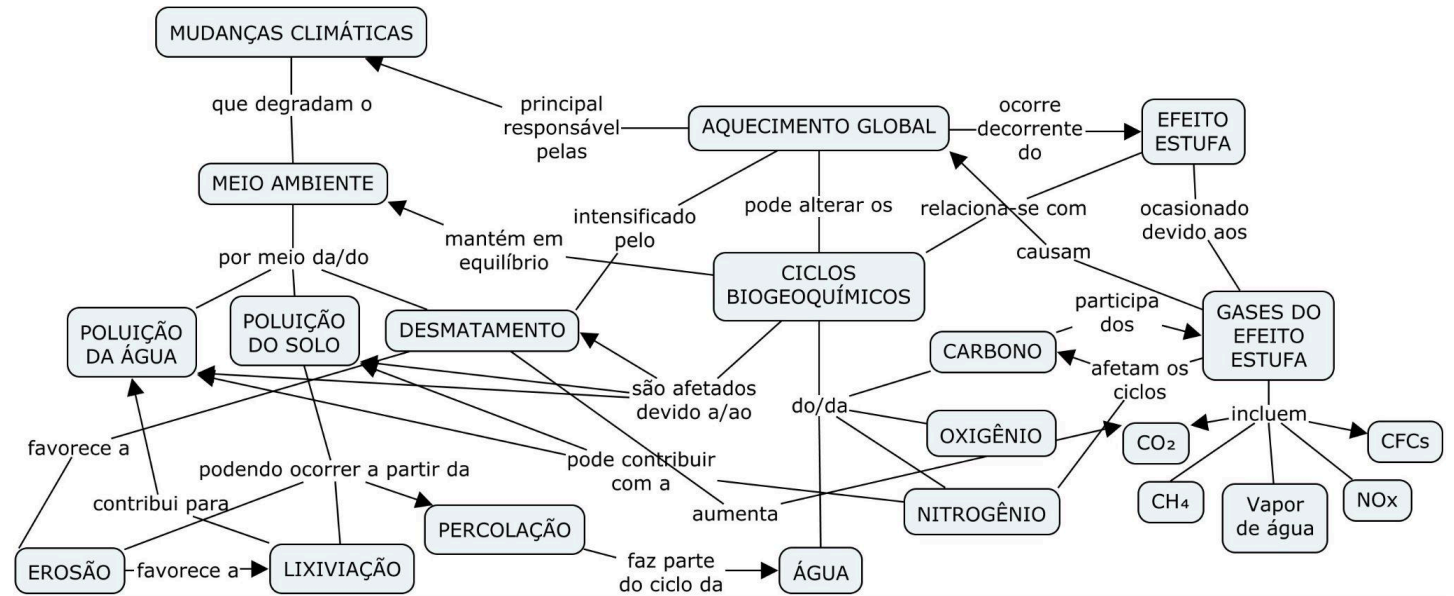
<b>Orientações curriculares oficiais sobre o tema</b>	<p>O tema proposto está presente na BNCC (Base Nacional Comum Curricular) dentro da competência específica de ciências da natureza do ensino médio:</p> <p style="text-align: center;">Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p. 553).</p> <p>Tal competência tem como objetivo desenvolver habilidades que permitam aos estudantes refletir sobre seu papel no meio ambiente, de modo a conscientizá-los e tornar suas ações voltadas para uma educação ambiental.</p> <p>No plano de estudos sobre ciências da natureza e suas tecnologias, destaca-se a disciplina de Biotecnologia, a qual se concentra na pesquisa dos fenômenos naturais, na análise do contexto histórico, na compreensão da construção do saber científico pela humanidade, na interligação entre conhecimento científico-tecnológico, vida social e produtividade, assim como no avanço tecnológico. Esta disciplina adota uma abordagem metodológica que inclui o ensino por investigação e a perspectiva CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade.</p> <p>Conforme o Referencial Curricular do Estado do Paraná, o caminho da Biotecnologia tem como principal objetivo mostrar aos alunos a relevância das tecnologias ligadas à Biotecnologia e a compreensão das aplicações e consequências desta ciência na sociedade, especialmente em assuntos ligados às práticas responsáveis, focadas na preservação e conservação do meio ambiente, no tratamento de doenças e terapias genéticas, no aprimoramento de métodos agrícolas e pecuários, visando aprimorar a produção de alimentos e atender às necessidades de vários setores da indústria.</p> <p>Portanto, espera-se que o estudante seja capaz de:</p> <p style="text-align: center;">Investigar e analisar situações/problema e variáveis, que interferem na dinâmica de fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, considerando dados e informações disponíveis em diferentes mídias, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (PARANÁ, 2021, p. 973).</p> <p style="text-align: center;">Levantar e testar hipóteses sobre variáveis que interferem na dinâmica de fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, utilizando procedimentos e linguagens adequados à investigação científica (PARANÁ, 2021, p. 973).</p>
---	--

	<p>Selecionar e sistematizar, com base em estudos e/ou pesquisas (bibliográfica, exploratória, de campo, experimental etc.), em fontes confiáveis, informações sobre a dinâmica dos fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, identificando os diversos pontos de vista e posicionando-se mediante argumentação, com o cuidado de citar as fontes dos recursos utilizados na pesquisa e buscando apresentar conclusões com o uso de diferentes mídias (PARANÁ, 2021, p. 973).</p>
--	---

<p><b>Conteúdos conceituais</b>  <b>- Identificação dos fatos e/ou fenômenos de interesse</b>  <b>Interpretação dos fatos ou fenômenos de interesse</b></p>	<p>Aspecto fenomenológico: o entendimento aprofundado sobre a forma como os indivíduos interagem com a natureza e com as transformações do clima está relacionado com a forma como as pessoas enxergam, experimentam e entendem os problemas do meio ambiente em seu dia a dia. O modo como os estudantes interpretam eventos climáticos, como secas ou chuvas intensas, está vinculado à sua percepção acerca da influência humana no meio ambiente. Dessa maneira, a percepção da crise climática pode ser despertada ao se observar fenômenos como elevação das temperaturas, alterações nos padrões de precipitação e eventos naturais extremos cada vez mais frequentes.</p> <p>Aspecto teórico: os conteúdos relacionados ao tema estão voltados para a área da Educação Ambiental, que abordará os fenômenos da natureza e as ações dos seres humanos em nosso planeta.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efeito estufa: fenômeno natural que mantém a superfície da Terra aquecida, devido à presença de gases como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>).</li> <li>- Gases do efeito estufa (GEE): principais gases responsáveis pelo efeito estufa, suas fontes e impactos, incluindo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, vapor d'água e clorofluorcarbonetos (CFCs).</li> <li>- Aquecimento global: aumento da temperatura média do planeta, devido ao aumento das emissões de GEE e outros fatores como poluição e desmatamento, relacionados às atividades humanas.</li> <li>- Ciclo biogeoquímico do carbono: a reciclagem do elemento químico carbono garante que ele esteja presente no meio ambiente e nos seres vivos, circulando pela atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera. A assimilação do carbono pelos seres vivos está relacionada com o fluxo de energia nos ecossistemas e a atividade humana pode influenciar seu ciclo. No ciclo biológico do carbono, ele é assimilado em processos como a fotossíntese e a quimiossíntese, e devolvido ao ambiente por meio da respiração, decomposição e ação humana, já no ciclo geológico, o carbono sai da atmosfera por difusão para o ambiente aquático ou é levado pelas chuvas, formando uma solução ácida que leva à erosão de algumas rochas.</li> <li>- Ciclo biogeoquímico do oxigênio: o ciclo do elemento químico oxigênio é formado por etapas como: fotossíntese, respiração celular, combustão e decomposição. Esse ciclo permite a circulação do oxigênio pelo meio físico e pelos seres vivos, sendo que essa circulação é fundamental para que os ecossistemas funcionem adequadamente.</li> <li>- Ciclo biogeoquímico da água: o ciclo da água envolverá processos como a evaporação, condensação, precipitação e infiltração. A água, substância vital para os seres vivos, está presente no meio ambiente e transita entre a atmosfera, hidrosfera e organismos.</li> <li>- Ciclo biogeoquímico do nitrogênio: o ciclo do elemento químico nitrogênio envolve fatores abióticos e bióticos, sendo dividido em etapas: fixação, amonificação, nitrificação, desnitrificação e assimilação. O nitrogênio está presente no meio ambiente e deve ser incorporado pelos organismos, desse modo, cada etapa específica descreve todo esse processo que é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos.</li> </ul>
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosão, lixiviação e percolação: a erosão é a deterioração do solo provocada por fatores naturais e intensificado por fatores antrópicos. A lixiviação é um processo de remoção dos nutrientes do solo a partir da percolação. Já a percolação trata-se da infiltração da água na camada superficial do solo.</li> <li>- Poluição do solo e da água: a poluição é uma forma de degradação do meio decorrente de atividades que alteram/prejudicam toda e qualquer população. A poluição do solo é uma alteração física, química ou biológica de qualquer uma das camadas do solo, causando sua deterioração e perda de suas funções. A poluição da água é uma alteração das propriedades químicas e físicas dessa substância, causando uma modificação no seu ciclo, alterando sua qualidade e tornando-a imprópria para consumo.</li> <li>- Desmatamento: é a remoção ou degradação da vegetação de uma região, comprometendo o equilíbrio ambiental e prejudicando a biodiversidade.</li> </ul>
<p><b>Desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM</b> (perfil conceitual)</p>	<p>A compreensão da natureza, historicamente, passou por diferentes abordagens que refletem modos distintos de interpretar fenômenos naturais, desta maneira, portanto, é necessário investigar como as visões de macromundo influenciaram o pensamento científico.</p> <p>O vitalismo, presente desde a Antiguidade com filósofos como Aristóteles e Platão e reforçado por tradições neoplatônicas e cristãs, concebe a natureza como dotada de uma “força vital” que transcende os processos físico-químicos, entendendo-a como um organismo integrado e autorregulado, visão que influenciou o pensamento científico até o século XIX (Braz, 2025).</p> <p>O mecanicismo, defendido por Descartes e Newton, a partir da Revolução Científica dos séculos XVI e XVII, passou a explicar a natureza como uma máquina cujos fenômenos podem ser compreendidos pela soma de suas partes, adotando uma abordagem reducionista, previsível e mensurável, que também marcou a ecologia clássica.</p> <p>Em contraposição, a partir da metade do século XX, o pensamento sistêmico rompeu com o paradigma mecanicista, propondo entender o mundo a partir das interações e interdependências entre seus elementos, reconhecendo que o todo é mais do que a soma das partes e fundamentando a ecologia moderna de sistemas, voltada à sustentabilidade e à compreensão integrada das mudanças globais (Mariotto; Coraiola, 2009).</p>

**Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM**  
(mapa conceitual)



**Referências**  
(de acordo com ABNT)

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular - BNCC**. Brasília: MEC, 2018.

BRAZ, E. A. M. **Explorando o Renascimento**: ensino por investigação e reflexões sobre a natureza da ciência na formação docente. 2025. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2025.

MARIOTTO, S. C.; CORAIOLA, M. Educação ambiental na concepção do pensamento sistêmico. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, [S. 1.], v. 7, n. 2, p. 237–243, 2009. DOI: 10.7213/cienciaanimal.v7i2.9933. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/9933>. Acesso em: 28 jul. 2024.

PARANÁ. Secretaria de Educação e do Esporte do Estado do Paraná. **Referencial Curricular para o Ensino Médio do Estado do Paraná**. Paraná, 2021.

<b>ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA</b>	
<b>Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UD</b>	<p>De acordo com o levantamento realizado por Gonçalves <i>et al</i> (2018), foi possível observar que o tema mudanças climáticas possui diferentes formas de ser abordado no ensino de ciências, como: mudanças climáticas como controvérsias sociocientíficas, mudanças climáticas como divulgação científica, mudanças climáticas a partir da alfabetização científica e mudanças climáticas a partir contextualização de conteúdos do ensino de ciências. Para os alunos, esse tema desperta um interesse e é discutido de forma ampla, gerando um debate saudável e proveitoso. Mesmo tratando-se de um tema considerado uma controvérsia sociocientífica para muitos autores, para os estudantes o desequilíbrio dos ecossistemas relacionado às alterações do clima, são de fato um consenso e estão intimamente interligados às ações antrópicas.</p> <p>Para Barbosa <i>et al</i> (2012), os problemas ambientais enfrentados pela sociedade são um fator relevante para parte dos estudantes, tratando sobre a interdependência entre os seres vivos, bem como entre eles de forma geral e aos seres humanos, em particular.</p>
<b>Obstáculos epistemológicos particulares relacionados aos conteúdos da UDM</b> Obstáculo da experiência primeira Obstáculo verbal Obstáculo substancialista Obstáculo realista Obstáculo animista	<p>A partir da definição de obstáculos epistemológicos em Bachelard (1996), podemos inferir obstáculos relacionados à temática ambiental e mudanças climáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstáculo da experiência primeira – relaciona vivências imediatas a conclusões simplistas, como ligar um dia quente ao aumento do aquecimento global, confundindo clima com tempo atmosférico;</li> <li>- Obstáculo verbal – uso de expressões enganosas, como “o efeito estufa é o vilão do planeta”, que distorcem o sentido de fenômenos naturais essenciais à vida;</li> <li>- Obstáculo animista – atribui intenções humanas à natureza, criando interpretações equivocadas, como “a natureza está se vingando dos seres humanos”;</li> <li>- Obstáculo realista – visão ingênua de que “a natureza sempre se recupera”, ignorando limites ecológicos e evidências científicas sobre impactos antrópicos;</li> <li>- Obstáculo substancialista – atribui caráter intrinsecamente negativo a substâncias, como considerar o carbono o “inimigo” do planeta, sem compreender seu papel natural.</li> </ul>

<p><b>Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM</b> Aspectos a evitar e a reforçar</p>	<p>O ensino de mudanças climáticas deve ser algo relevante para os alunos, no entanto, devemos evitar algumas abordagens como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a pseudociência e ideias negacionistas que causem confusão ou discussões inapropriadas, ou se trabalhadas devem estar bem claras que tratam-se de ideias que não condizem com a ciência;</li> <li>- considerar somente um ponto de vista, ou seja, não abordar proposições complementares ou contrastantes;</li> <li>- comparações com estudos sem base científica ou que tenham interesse em apresentar dados em benefício particular.</li> </ul> <p>Portanto, há alguns aspectos que devemos reforçar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- o pensamento crítico, para distinguir diferentes pontos de vista, compreendendo os interesses sejam eles, sociais, econômicos ou políticos;</li> <li>- as ações e projetos locais têm igual ou maior importância, mesmo quando comparadas com ações globais, pois tratam de uma realidade local;</li> <li>- a interdisciplinaridade do tema, contextualizando com os demais componentes, como química, física, matemática e geografia, demonstrando a complexidade do problema;</li> <li>- as informações com base em evidências científicas, sempre apresentando estudos para corroborar conceitos já estudados e esclarecer desinformações.</li> </ul>
<p><b>Referências</b> (de acordo com ABNT NBR 6023)</p>	<p>BACHELARD, G. <b>A formação do espírito científico</b>. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.</p> <p>BARBOSA, Luís Gustavo D'Carlos; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro; MACHADO, Andrea Horta. <b>Controvérsias sobre o aquecimento global</b>: circulação de vozes e de sentidos produzidos em sala de aula. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p.113-130, jan/abr, 2012.</p> <p>GONÇALVES, Mariana Brück; JULIANI, Sama de Freitas; SANTOS, Laísa Maria Freire dos. <b>Abordagens do tema mudanças climáticas nas pesquisas em ensino de ciências</b>. Educação: teoria e prática. Rio Claro/SP. vol. 28 n. 59/ p. 643–661. 2018.</p>

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
<p><b>Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida</b> (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)</p>	<p>É fundamental aproximar a ciência escolar da ciência acadêmica, no entanto, tal tarefa não é simples (Munford e Lima, 2007). O ensino por investigação surge a partir da reflexão de uma nova perspectiva para o ensino de ciências, proporcionando a construção do conhecimento científico e a compreensão da ciência e suas implicações na sociedade. A abordagem metodológica de ensino por investigação tem como proposta a resolução de problemas centrada na participação dos alunos, sendo que este deve sair da passividade e aprender a participar, pensar, raciocinar, refletir, verbalizar, escrever e mudar de opiniões (Pizzi, 2013).</p> <p>De acordo com a BNCC, a abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. No entanto, os alunos precisam ser estimulados e apoiados no planejamento e na realização dessas atividades investigativas. Logo, cabe ao professor e à escola, fundamentada em tais propósitos, e prioritariamente nas disciplinas de ciências, possibilitar aos alunos a percepção dos diferentes tipos de valores, individuais ou coletivos, que perpassam pelos campos em estudo (Da Costa <i>et al</i>, 2018).</p> <p>A utilização do estudo de caso nessa abordagem, busca despertar o interesse do estudante, provocando um conflito interno e levando-o a tomar uma decisão. Como observado por Queiroz <i>et al</i> (2016), os estudos de caso permitem vincular um viés científico a outro de natureza social, sendo possível associar aspectos ambientais, éticos e econômicos. Dessa forma, o ensino por investigação é uma abordagem que procura estabelecer uma relação entre o conhecimento prévio do educando com o conhecimento científico, fazendo com que ele participe ativamente desse processo que tem como objetivo o aprendizado do próprio sujeito, tornando seu conhecimento mais elaborado e possibilitando que ele seja agente do saber, possivelmente, transformando sua realidade. (Lima e Vianna, 2021).</p>
<p><b>Referências</b> (de acordo com ABNT NBR 6023)</p>	<p>BRASIL. Ministério da Educação. <b>Base Nacional Comum Curricular - BNCC</b>. Brasília: MEC, 2018.</p> <p>DA COSTA, Marco Antonio F; VENEU, Fernanda; DA COSTA, Maria de Fátima Barrozo. <b>Discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula: o ensino da biossegurança em foco</b>. Revista Práxis, v. 10, n. 19, jun., 2018. Disponível em <a href="https://doi.org/10.47385/praxis.v10.n19.743">https://doi.org/10.47385/praxis.v10.n19.743</a> Acesso em: 20 abr. 2024.</p> <p>LIMA, Maria da Conceição; MIRANDA VIANNA, Deise. <b>Práticas docentes com abordagens investigativas</b>. Gôndola, Ensino e Aprendizagem de Ciências, [S. l.] , v. 16, 1º de janeiro de 2021. DOI: 10.14483/23464712.15579. Disponível em: <a href="https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/15579">https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/15579</a>. Acesso em: 07 mar. 2024.</p>

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro e. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** Minas Gerais, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>. Acesso em: 05 mar. 2024.

PIZZI, Jislaine. **A prática investigativa como instrumento metodológico utilizado pelos professores no ensino de ciências.** Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. Secretaria Estadual de Educação. SEED/PR. Paraná, 2013. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2013/2013\\_fafipa\\_cien\\_artigo\\_jislaine\\_pizzi.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_fafipa_cien_artigo_jislaine_pizzi.pdf) Acesso em: 07 mar. 2024.

QUEIROZ, Salete Linhares *et al.* **Estudos de caso no ensino de ciências naturais.** Art Point Gráfica e Editora. 116 p. São Carlos, SP: 2016.

<b>TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS</b>			
<b>Título da UD</b>	<b>Resistência ribeirinha: a luta de uma comunidade contra a degradação ambiental.</b>		
<b>Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais</b>	<p>(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.</p> <p>(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.</p>		
<b>Objetivo de aprendizagem da UD</b>	Ao final desta UD os alunos devem ser capazes de analisar e reconhecer a relevância dos recursos naturais, bem como compreender os efeitos das mudanças climáticas, relacionando suas causas às atividades humanas e justificar a necessidade de hábitos mais sustentáveis e de ações individuais e coletivas, ressaltando a importância da preservação da biodiversidade.		
<b>Título das SD</b>	<b>Objetivo de aprendizagem das SD</b>	<b>Conteúdo Programático das SD</b>	<b>Tempo Aproximado (em aulas)</b>
1. Resistência ribeirinha	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconhecer as relações ecológicas entre os povos ribeirinhos e o meio ambiente.</li> <li>Identificar a dependência dos recursos naturais para os povos ribeirinhos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunidades ribeirinhas;</li> <li>Caso Investigativo;</li> <li>Modelo de Kortland;</li> <li>Versão inicial da carta-resposta;</li> <li>Recursos naturais;</li> <li>Ciclo biogeoquímico da água.</li> </ul>	04 (quatro) aulas de 50 min
2. Agropecuária e Desmatamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar os efeitos das atividades agropecuárias no meio ambiente.</li> <li>Relacionar as atividades agropecuárias com o desmatamento e outros processos de degradação ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento sustentável;</li> <li>Poluição do solo e da água;</li> <li>Processos de erosão, lixiviação e percolação;</li> <li>Atividade experimental.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min
3. Efeito estufa e Aquecimento global	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer a importância da relação do fenômeno natural com a manutenção do equilíbrio térmico do planeta.</li> <li>Compreender as causas e os efeitos das mudanças climáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Documentários;</li> <li>Gases do efeito estufa;</li> <li>Variações de temperatura do planeta;</li> <li>Consequências do aumento da temperatura;</li> <li>Ciclo biogeoquímico do carbono e oxigênio;</li> <li>Atividade experimental.</li> </ul>	02 (duas) aulas de 50 min

<p>4. Atividades antropogênicas e o desequilíbrio ambiental.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Explicar como as atividades humanas influenciam as mudanças climáticas.</li><li>• Justificar as necessidades da preservação ambiental para a manutenção da qualidade de vida.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ações antrópicas e seus efeitos na natureza;</li><li>• Fenômenos climáticos extremos;</li><li>• Educação ambiental e políticas públicas;</li><li>• Resolução do Caso Investigativo;</li><li>• Versão final da carta-resposta;</li><li>• Produção do vídeo.</li><li>• Resposta ao questionário;</li><li>• Entrevistas.</li></ul>	<p>04 (quatro) aulas de 50 min</p>
--	---	---	------------------------------------

<b>SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO</b>					
<b>Título da SD1</b>	Resistência ribeirinha - Estudo de caso				
<b>Objetivo de aprendizagem da SD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer as relações ecológicas entre os povos ribeirinhos e o meio ambiente.</li> <li>• Identificar a dependência dos recursos naturais para os povos ribeirinhos.</li> </ul>				
<b>Estratégia de Avaliação</b>	Avaliação formativa por meio da elaboração das hipóteses para a resolução do estudo de caso.				
<b>Dia/Aula</b>	<b>Estratégia Didática</b>	<b>Conteúdos programáticos de ensino</b>	<b>Gestão do tempo e do espaço (Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula)</b>	<b>Recursos Didáticos</b>	<b>Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação</b>
Aula 1	Aula expositiva e dialogada	Comunidades ribeirinhas.	Organização da sala de aula (5 minutos); Discussão sobre os conhecimentos prévios dos alunos (10 minutos); Exposição do conteúdo (25 minutos); Debate e questões sobre o tema (10 minutos).	Educatron (TV multimídia).	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Texto de apoio;  Instrumentos: Debate.
Aula 2	Caso Investigativo	Educação ambiental e políticas públicas.	Apresentação do estudo de caso: leitura e discussão inicial (20 minutos); Escrita da carta-resposta para o estudo de caso (30 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides com imagens e informações do Caso Investigativo; Cópias do texto do Caso Investigativo;  Instrumentos: Escrita da carta-resposta.

Aula 3	Aula expositiva e dialogada	Recursos naturais; Bacias hidrográficas.	Organização da sala de aula (5 minutos); Discussão sobre os conhecimentos prévios dos alunos (10 minutos); Exposição do conteúdo (25 minutos); Debate e questões sobre o tema (10 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Texto de apoio;  Instrumentos: Debate.
Aula 4	Aula expositiva e dialogada	Ciclo biogeoquímico da água.	Discussão sobre a relação do conteúdo com o estudo de caso (15 minutos); Exposição do conteúdo (25 minutos); Debate e questões sobre o tema (10 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Texto de apoio;  Instrumentos: Resolução das questões.
<b>Referências</b> (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	BRASIL. Ministério da Educação. <b>Base Nacional Comum Curricular - BNCC</b> . Brasília: MEC, 2018.  PARANÁ. Secretaria de Educação e do Esporte do Estado do Paraná. <b>Referencial Curricular para o Ensino Médio do Estado do Paraná</b> . Paraná, 2021.  QUEIROZ, Salete Linhares <i>et al.</i> <b>Estudos de caso no ensino de ciências naturais</b> . Art Point Gráfica e Editora. 116 p. São Carlos, SP: 2016.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
<b>Título da SD2</b>	Agropecuária e Desmatamento				
<b>Objetivo de aprendizagem da SD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar os efeitos das atividades agropecuárias no meio ambiente.</li> <li>• Relacionar as atividades agropecuárias com o desmatamento e outros processos de degradação ambiental.</li> </ul>				
<b>Estratégia de Avaliação</b>	Avaliação formativa por meio do desenvolvimento da atividade experimental.				
<b>Dia/Aula</b>	<b>Estratégia Didática</b>	<b>Conteúdos de ensino</b>	<b>Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula</b>	<b>Recursos Didáticos</b>	<b>Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação</b>
Aula 1	Aula expositiva e dialogada	Desenvolvimento sustentável; Poluição do solo e da água.	Organização da sala de aula (5 minutos); Discussão sobre os conhecimentos prévios dos alunos (10 minutos); Exposição do conteúdo (20 minutos); Debate e questões sobre o tema (15 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Texto de apoio;  Instrumentos: Resolução das questões.
Aula 2	Atividade experimental	Processos de erosão, lixiviação e percolação.	Preparo e organização do experimento (20 minutos); Realização da atividade experimental (15 min); Debate e questões sobre o experimento (15 minutos).	Garrafas PET 2 litros; Caixas de sapato; Estilete, tesoura e caneta; Terra comum.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Texto de apoio;  Instrumentos: Resolução das questões sobre o experimento.
<b>Referências</b> (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	<p>BRASIL. Ministério da Educação. <b>Base Nacional Comum Curricular - BNCC</b>. Brasília: MEC, 2018.</p> <p>LEME, G. M.; DONEGÁ, L. G.; PECHLIYE, N. M. <b>Potencial sistêmico de situações problema em Biologia</b>. Sistemas, Cibernética e Informática, v. 17, n. 1, 2020.</p> <p>PARANÁ. Secretaria de Educação e do Esporte do Estado do Paraná. <b>Referencial Curricular para o Ensino Médio do Estado do Paraná</b>. Paraná, 2021.</p>				

<b>SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO</b>					
<b>Título da SD3</b>	Efeito estufa e Aquecimento global				
<b>Objetivo de aprendizagem da SD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer a importância da relação do fenômeno natural com a manutenção do equilíbrio térmico do planeta.</li> <li>• Compreender as causas e os efeitos das mudanças climáticas.</li> </ul>				
<b>Estratégia de Avaliação</b>	Avaliação formativa por meio do desenvolvimento da atividade experimental.				
<b>Dia/Aula</b>	<b>Estratégia Didática</b>	<b>Conteúdos de ensino</b>	<b>Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula</b>	<b>Recursos Didáticos</b>	<b>Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação</b>
Aula 1	Aula expositiva e dialogada.	Documentário “Seremos história? (2016)” (trechos); Gases do efeito estufa; Variações de temperatura do planeta; Consequências do aumento da temperatura.	Organização da sala de aula (5 minutos); Apresentação do recorte do documentário (20 minutos); Exposição do conteúdo (15 minutos); Debate sobre o tema (10 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Documentário; Texto de apoio;  Instrumentos: Resolução das questões.
Aula 2	Atividade experimental	Ciclo biogeoquímico do carbono e oxigênio.	Preparo e organização do experimento (15 minutos); Realização da atividade experimental (20 min); Debate e questões sobre o experimento (15 minutos).	Recipiente incolor e transparente com água; Bicarbonato de sódio; Lâmpada de luz amarela ou branca; Planta de aquário.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Texto de apoio;  Instrumentos: Resolução das questões sobre o experimento.

<b>Referências</b> (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	<p>ALVES DA COSTA, Aline Paula. <b>Resenha crítica do filme uma verdade inconveniente</b>. Revista de Geografia, [S. l.], v. 33, n. 1, 2016. Disponível em: <a href="https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/229169">https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/229169</a>. Acesso em: 15 ago. 2024.</p> <p>BRASIL. Ministério da Educação. <b>Base Nacional Comum Curricular - BNCC</b>. Brasília: MEC, 2018.</p> <p>MARTINS, C. R.; PEREIRA, P. A. de P.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. <b>Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na química da atmosfera</b>. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, n. 5, nov 2003.</p> <p>NOBRE, C. A.; NOBRE, A. D. <b>O balanço de carbono da Amazônia brasileira</b>. Estudos Avançados, n. 16, n. 45, 2002.</p>
---	---

<b>SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO</b>					
<b>Título da SD4</b>	Atividades antropogênicas e o desequilíbrio ambiental.				
<b>Objetivo de aprendizagem da SD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar como as atividades humanas influenciam as mudanças climáticas.</li> <li>• Justificar as necessidades da preservação ambiental para a manutenção da qualidade de vida.</li> </ul>				
<b>Estratégia de Avaliação</b>	Avaliação formativa por meio de um questionário e da resolução do estudo de caso.				
<b>Dia/Aula</b>	<b>Estratégia Didática</b>	<b>Conteúdos de ensino</b>	<b>Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula</b>	<b>Recursos Didáticos</b>	<b>Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação</b>
Aula 1	Aula expositiva e dialogada	Documentário “Uma verdade inconveniente (2006)” (trechos); Ações antrópicas e seus efeitos na natureza; Fenômenos climáticos extremos.	Organização da sala de aula (5 minutos); Discussão sobre os conhecimentos prévios dos alunos (10 minutos); Exposição do conteúdo (25 minutos); Debate sobre o tema (10 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Documentário; Texto de apoio;  Instrumentos: Debate.
Aula 2	Produção audiovisual	Educação ambiental e políticas públicas.	Ensaio e gravação do vídeo (25 minutos); Apresentação do vídeo de divulgação (25 minutos).	Educatron (TV multimídia); Câmera (smartphone).	Materiais: Slides com imagens e informações do Caso Investigativo;  Instrumentos: Produção do vídeo.

Aula 3	Caso Investigativo	Educação ambiental e políticas públicas.	Organização da sala de aula (5 minutos); Resolução do Caso Investigativo (45 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides com imagens e informações do Caso Investigativo; Cópias do texto do Caso Investigativo;  Instrumentos: Escrita da carta-resposta.
Aula 4	Fórum	Educação ambiental e políticas públicas.	Entrevistas mediadas por grupos focais (30 minutos); Resolução do questionário (20 minutos).	Educatron (TV multimídia); Lousa e giz.	Materiais: Slides sobre o conteúdo; Documentário; Texto de apoio;  Instrumentos: Participação nas discussões e resolução do questionário.
<b>Referências</b> (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	BRASIL. Ministério da Educação. <b>Base Nacional Comum Curricular - BNCC</b> . Brasília: MEC, 2018.  PARANÁ. Secretaria de Educação e do Esporte do Estado do Paraná. <b>Referencial Curricular para o Ensino Médio do Estado do Paraná</b> . Paraná, 2021.  QUEIROZ, Salete Linhares <i>et al.</i> <b>Estudos de caso no ensino de ciências naturais</b> . Art Point Gráfica e Editora. 116 p. São Carlos, SP: 2016.				