

## Artigos de Revisão

# Educação para mudanças climáticas no ensino médio: uma revisão sistemática (2000-2024)

## Climate change education in secondary schools: a systematic review (2000-2024)

Matheus Alves de Paula<sup>1\*</sup> , Daniele Saheb Pedroso<sup>1</sup> , Jhony Cesar Grein<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Escola de Educação e Humanidades, Programa de Pós-graduação em Educação, Curitiba, PR, Brasil

**COMO CITAR:** PAULA, M. A.; PEDROSO, D. S.; GREIN, J. C. Educação para mudanças climáticas no ensino médio: uma revisão sistemática (2000-2024). *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, v. 21, e20537, 2026, e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v21i00.2053701>

### Resumo

As Mudanças Climáticas constituem um dos principais desafios contemporâneos e demandam respostas educativas capazes de articular conhecimento científico e ação social. Este estudo de revisão sistemática analisa como a temática das Mudanças Climáticas é abordada por professores do Ensino Médio nas produções acadêmicas, com ênfase nas práticas pedagógicas adotadas. A pesquisa revisou quatro bases de dados, utilizando descritores relacionados a Mudanças Climáticas e Ensino Médio, resultando na identificação de 328 estudos, dos quais 54 atenderam aos critérios de inclusão e compuseram o corpus final. Os resultados indicam que as práticas pedagógicas concentram-se predominantemente em conteúdos conceituais, especialmente relacionados ao aquecimento global e à poluição, enquanto dimensões como impactos sociais, questões socioculturais, estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas aparecem de forma menos recorrente. Esses achados evidenciam a necessidade de fortalecer abordagens pedagógicas interdisciplinares que integrem conhecimento científico, análise crítica e contextualização socioambiental no ensino das Mudanças Climáticas.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas; educação ambiental; ensino médio; práticas pedagógicas.

### Abstract

Climate change represents one of the major contemporary challenges and demands educational responses which are capable of integrating scientific knowledge and social action. This systematic review analyzes how the topic of climate change is addressed by high school teachers in academic publications, with emphasis on the pedagogical practices adopted. The study reviewed four databases using descriptors related to climate change and high school education, resulting in the identification of 328 studies, of which 54 met the inclusion criteria and composed the final corpus. The results indicate that pedagogical practices are predominantly focused on conceptual content, especially related to global warming and pollution, while dimensions such as social impacts, sociocultural issues, and strategies for climate change mitigation and adaptation appear less frequently. These findings highlight the need to strengthen interdisciplinary pedagogical approaches that integrate scientific knowledge, critical analysis, and socio-environmental contextualization in climate change education.

**Keywords:** climate change; environmental education; high school; pedagogical practices.

## INTRODUÇÃO

As Mudanças Climáticas (MC) são reconhecidas como um dos maiores desafios do século XXI. Suas consequências estão afetando múltiplos aspectos da vida na Terra, desde os sistemas ecológicos até as dinâmicas sociais e econômicas, como a produção e distribuição de alimentos (Blank, 2015). O aumento das temperaturas, a intensificação de eventos climáticos extremos, a acidificação e elevação dos níveis dos oceanos, amplamente descritos e fundamentados pelos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), têm gerado preocupações em diversas áreas do conhecimento.

### \*Autor correspondente:

[alves.matheus@pucpr.edu.br](mailto:alves.matheus@pucpr.edu.br)

**Submetido:** Agosto 22, 2025

**Revisado:** Março 17, 2026

**Aprovado:** Março 19, 2026

**Fonte de financiamento:**  
nada a declarar.

**Conflitos de interesse:**  
Não há conflitos de interesse.

**Aprovação do comitê de ética:**  
Não se aplica.

**Disponibilidade de dados:**  
Todos os dados analisados neste estudo são provenientes de artigos publicados e disponíveis publicamente nas bases de dados científicas consultadas. Trabalho realizado na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, PR, Brasil.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Diante desse cenário, a educação tem um papel fundamental na formação das futuras gerações para lidar com os impactos das MC. No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) evidencia a necessidade de serem trabalhadas temáticas como as Mudanças Climáticas de forma transversal no ensino básico (Brasil, 2018). A lei nº 9.795/1999, que estabelece as diretrizes da Educação Ambiental (EA) reforça, entre seus objetivos, “o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social” (Brasil, 1999, art. 5º, III). Portanto, práticas pedagógicas elaboradas pelos professores da educação básica, em especial nessa pesquisa, os professores do Ensino Médio possuem papel estratégico ao introduzir aos jovens conceitos e práticas que podem influenciar em suas tomadas de decisão em relação ao meio ambiente.

Costa e Pedroso (2020), ao enfatizarem que a Educação Ambiental (EA) não é uma atribuição específica de alguém nem um conteúdo disciplinar isolado, abordam a necessidade de que ela seja trabalhada de forma transversal por toda a comunidade escolar. Diante disso, a problemática das MC deve ser trabalhada dentro dos contextos da Educação Ambiental, como defendido por Taverna e Pedroso (2024), pois essa é uma das maneiras de aproximar a sociedade dos problemas evidenciados e oportunizar situações de reflexão sobre o ambiente em que estamos inseridos.

No centro do debate sobre as MC estão jovens e crianças por dois motivos: é a geração que mais sofre e sofrerá com as consequências dessa crise e sobre a qual se deposita a esperança e o peso da promoção de mudanças para um futuro sustentável (Pinheiro et al., 2024). Kataoka et al. (2024) evidenciam quatro fragilidades das abordagens sobre MC dentro das práticas pedagógicas em EA:

- i) A ênfase na dimensão científica em detrimento de suas dimensões políticas e econômicas, bem como suas consequências sociais;
- ii) As concepções errôneas da população sobre essa problemática;
- iii) A percepção da comunidade em geral de que as mudanças climáticas é um tema distante de sua realidade e que, portanto, muito pouco as afeta e não há muito a ser feito a respeito no âmbito individual; e
- iv) O desconhecimento sobre a complexidade que envolve o tema e o sentido de urgência de ações mitigadoras nos mais variados âmbitos

Essas fragilidades evidenciam a necessidade de uma prática pedagógica que cumpra com os princípios da EA dispostos na lei nº 9.795/1999, principalmente os princípios I, II e III, a saber:

- I - O enfoque humanista, holístico, democrático e participativo;
- II - A concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade;
- III - O pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade; (Brasil, 1999, artº 4)

Bos e Schwartz (2023) trazem reflexões sobre os papéis da educação nesse processo, as autoras citam que é preciso que crianças e jovens desenvolvam conhecimentos, habilidades e valores para que sejam capazes de ações que visem a sustentabilidade; além de garantir e preservar a continuidade dos serviços educacionais frente as variações climáticas, uma vez que condições climáticas extremas prejudicam o acesso e a qualidade da educação.

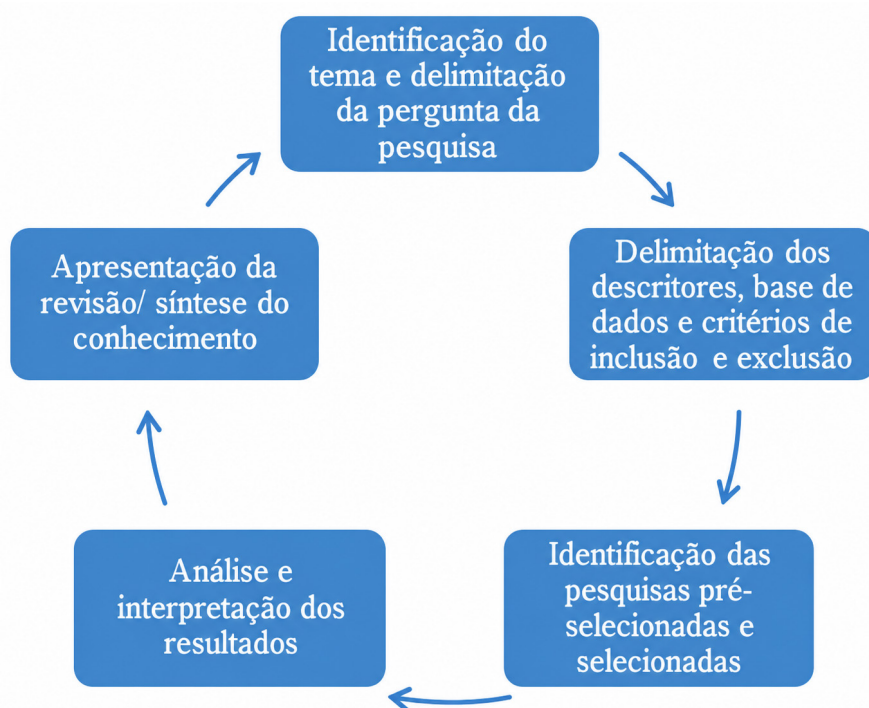
Nesse contexto, torna-se fundamental compreender como a temática das Mudanças Climáticas tem sido incorporada às produções acadêmicas e às práticas pedagógicas no Ensino Médio, de modo a identificar tendências, lacunas e possíveis caminhos para uma educação mais holística e integradora. Entretanto, ainda se questiona de que maneira essa temática tem sido efetivamente abordada no contexto escolar. Assim, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: como a educação para Mudanças Climáticas é abordada por professores do Ensino Médio nas produções acadêmicas? Para isso, realizou-se uma revisão sistemática com o objetivo de analisar como a temática das Mudanças Climáticas aparece nas práticas pedagógicas descritas nessas produções, identificando as principais abordagens adotadas e as lacunas existentes na literatura.

## MÉTODO

Os estudos de revisão organizam, resumem e esclarecem as principais obras de determinada área, além de fornecerem citações completas da literatura (Vosgerau; Romanowski, 2014). A revisão sistemática, segundo Lopes e Torres (2024), exige a síntese das pesquisas

encontradas a partir da pergunta elaborada pelos pesquisadores, o que permite uma seleção mais criteriosa das pesquisas sobre o tema em questão.

Para iniciar este estudo de revisão sistemática, elaboramos uma pergunta clara e objetiva, definimos os descritores, estratégias de busca, as bases de dados e os critérios de inclusão e exclusão. Este estudo faz parte de um estudo maior de tese de doutorado com foco em Mudanças Climáticas e prática docente à luz do pensamento complexo e da transdisciplinaridade. O protocolo que direcionou essa pesquisa de revisão sistemática foi baseado nas contribuições de Botelho et al. (2011), com as etapas definidas pelos autores, exemplificada na Figura 1 e seguindo as diretrizes PRISMA-2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2022). Elaboramos a seguinte questão de pesquisa (QP): Como a educação para Mudanças Climáticas é abordada por professores do ensino médio nas produções acadêmicas? Para responder à questão de pesquisa, realizamos uma análise descritivo-analítica das práticas pedagógicas relatadas nas publicações, guiada por duas subquestões de pesquisa (SQP):



**Figura 1.** Etapas de um estudo de Revisão Sistemática.  
**Fonte:** Adaptado de Botelho et al. (2011).

SQP1. Qual é o foco da prática pedagógica? Identificamos se o foco está na compreensão de questões relacionadas às Mudanças Climáticas, aprender um conceito específico do componente curricular usando as MC como contexto, ou o desenvolvimento de uma competência transversal (e.g. argumentação); e

SQP2. Qual é a abordagem pedagógica adotada? Registramos quais abordagens são predominantes e quais ferramentas são utilizadas pelos pesquisadores. Ao responder essas perguntas também foi possível identificar lacunas nos trabalhos analisados.

Para a condução da revisão sistemática foi realizado um protocolo norteador das etapas a serem desenvolvidas baseado em Schiavon (2015), sendo elas:

- i) Selecionar as bases de dados por área específica;
- ii) Definir descritores;
- iii) Realizar buscas nas bases de dados por meio dos descritores definidos;
- iv) Validar a relação descritores/bases de dados;
- v) Estabelecer critérios de inclusão e exclusão.

As bases de dados selecionadas para este estudo de revisão sistemática foram: a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e o Catálogo de Teses e Dissertações (CTD Capes), e as bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Educational Resources Information Centre (Eric).

As estratégias de busca foram elaboradas a partir da combinação de descritores nos idiomas português, inglês e espanhol, organizados em um bloco temático relacionado às mudanças climáticas e ao contexto do ensino médio. As combinações foram realizadas por meio de operadores booleanos (AND e OR), com o objetivo de ampliar a recuperação de estudos potencialmente relevantes nas bases de dados selecionadas. A Tabela 1 apresenta as strings de busca utilizadas nas diferentes bases de dados.

**Tabela 1.** Strings de busca utilizados nas bases de dados.

| Base de dados | Descritores                                                                  | Resultados |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| BDTD          | “mudanças climáticas” OR “aquecimento global” AND “ensino médio”             | 37         |
|               | “climate change” OR “global warming” AND “high school” OR “secondary school” | 22         |
| CTD CAPES     | “mudanças climáticas” OR “aquecimento global” AND “ensino médio”             | 32         |
|               | “climate change” OR “global warming” AND “high school” OR “secondary school” | 0          |
| ERIC          | “mudanças climáticas” OR “aquecimento global” AND “ensino médio”             | 0          |
|               | “climate change” OR “global warming” AND “high school” OR “secondary school” | 251        |
| SciElo        | “mudanças climáticas” OR “aquecimento global” AND “ensino médio”             | 04         |
|               | “climate change” OR “global warming” AND “high school” OR “secondary school” | 10         |

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a delimitação do problema de pesquisa e descritores, foi necessário estabelecer os critérios de inclusão e exclusão claros e objetivos, conforme etapas delimitadas em Botelho et al. (2011). A fim de focar no problema de pesquisa desta revisão sistemática optamos por incluir apenas as pesquisas que atendessem aos seguintes critérios de inclusão:

- a) Educação formal em escolas, com vínculo curricular;
- b) Ensino Médio, High School;
- c) Que abordassem explicitamente o tema “Mudanças Climáticas”;
- d) Estudos empíricos;
- e) Com recorte temporal de 2000 a 2024

O recorte temporal da revisão compreendeu o período de 2000 a 2024, com o objetivo de abranger a produção científica relacionada à temática no contexto das discussões contemporâneas sobre mudanças climáticas e educação. Esse período contempla importantes marcos políticos e institucionais no debate climático global e nacional, como a Política Nacional sobre Mudança do Clima (2009), o Acordo de Paris (2015) e o Plano Nacional de Adaptação (2016), além de eventos internacionais relevantes, como as Conferências das Partes (COP).

No presente estudo, os seguintes critérios de exclusão foram considerados:

- Âmbito não formal de ensino (museus, ONGs, clubes, projetos externos, mídias), sem vínculo curricular;
- Educação Infantil, Fundamental, Superior, técnico; estudos multinível sem dados separáveis do Ensino Médio;
- Educação ambiental sem referência explícita a Mudanças Climáticas;
- Ensaio teóricos, opiniões, revisões, políticas, estudos de percepção sem descrição de prática aplicável;
- Anteriores ao ano 2000.

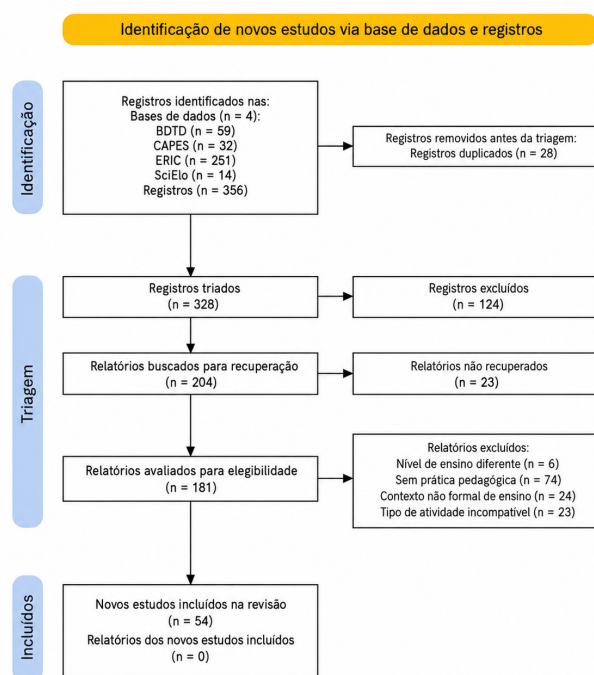
Após a definição dos itens norteadores do protocolo da revisão sistemática, iniciou-se o processo de identificação e seleção dos estudos nas bases de dados. Inicialmente, foram realizadas as buscas nas bases selecionadas e, posteriormente, procedeu-se à leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos estudos recuperados. Essa etapa permitiu a triagem inicial das publicações, que foram classificadas de acordo com os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos.

Para o tratamento e interpretação do corpus selecionado, adotou-se uma análise descritivo-analítica, processada com o auxílio de uma planilha eletrônica para a organização de metadados como autores, títulos e resumos. O procedimento seguiu uma lógica categorial, na qual os dados foram sistematizados em categorias e subcategorias definidas a posteriori, baseando-se tanto nos componentes curriculares quanto no foco das práticas pedagógicas relatadas. Essa análise foi guiada por duas subquestões de pesquisa (SQP) fundamentais: a primeira (SQP1) dedicada a identificar o foco da prática (se para compreender as Mudanças Climáticas ou usá-las como contexto) e a segunda (SQP2) voltada à caracterização das abordagens e ferramentas pedagógicas adotadas, permitindo a identificação de tendências e lacunas na literatura

## RESULTADOS

### Caracterização geral dos estudos

No total, 328 registros foram selecionados para análise. Os principais resultados encontrados são apresentados na Figura 2, do fluxograma PRISMA-2020 (Haddaway et al., 2022), para facilitar o entendimento do encaminhamento metodológico.



**Figura 2.** Fluxograma PRISMA-2020 com as etapas da seleção dos estudos.

**Fonte:** Autores, 2026 baseado em Haddaway et al. (2022).

A organização dos estudos se deu por meio de planilha específica no Excel, na qual foram inseridos os metadados, principalmente os autores, título, resumo e palavras-chave dos estudos, tipo de estudo. A partir dessas informações realizou-se a análise dos trabalhos que abordavam práticas pedagógicas relacionadas às Mudanças Climáticas no ensino médio.

Foram excluídos estudos que não envolviam práticas pedagógicas em ambientes formais de ensino, pesquisas conduzidas por grupos externos às escolas, cursos de curta duração, estudos baseados apenas em entrevistas sobre percepções de estudantes sem implementação de práticas pedagógicas e pesquisas desenvolvidas com grupos específicos de estudantes fora do contexto escolar regular.

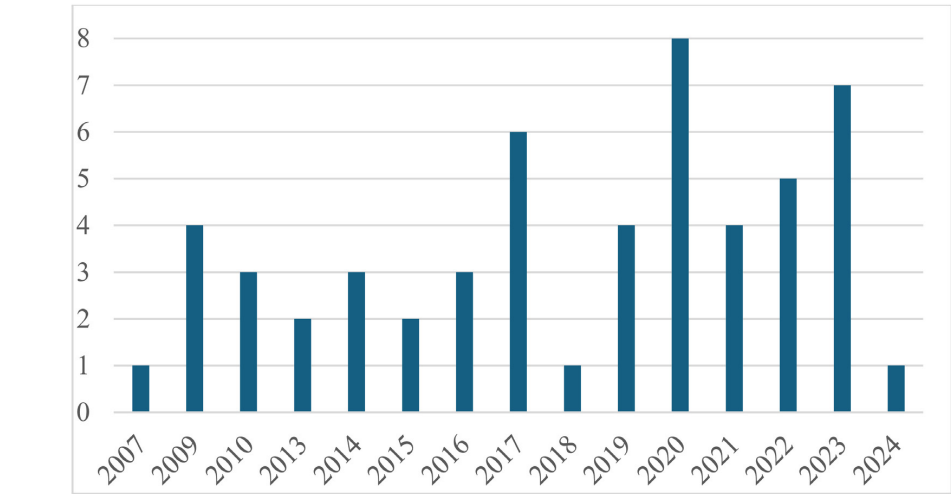
Os resultados dos estudos incluídos e excluídos por base de dados estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Principais resultados desse estudo de revisão sistemática.

| Estudos dentro do Escopo    |       |        |      | Estudos fora do Escopo       |       |        |      |
|-----------------------------|-------|--------|------|------------------------------|-------|--------|------|
| BDTD                        | Capes | SciELO | Eric | BDTD                         | Capes | SciELO | Eric |
| 20                          | 5     | 5      | 24   | 27                           | 15    | 5      | 227  |
| Total: 54 estudos incluídos |       |        |      | Total: 274 estudos excluídos |       |        |      |

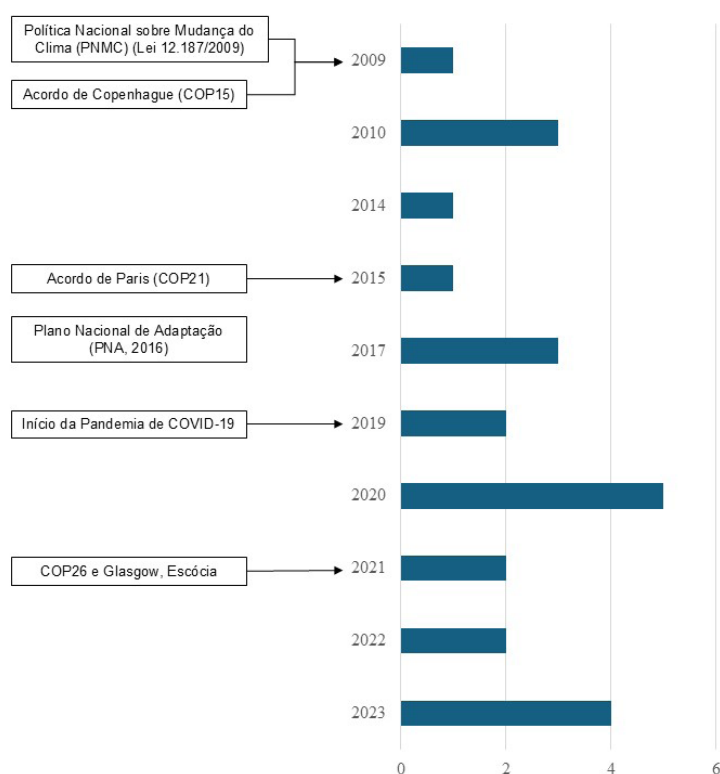
Fonte: autores.

A distribuição temporal das publicações indica variações ao longo dos anos (Figura 3), com picos de produção em 2009, 2014 e no período entre 2019 e 2023. O maior número de publicações ocorreu em 2020, incluindo uma tese, três dissertações e três artigos científicos. Em nível global pode-se inferir que alguns eventos podem ter influenciado sobre o número de publicações, em 2017, observou-se um pico de publicações, dois anos após os países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) assinaram o Acordo de Paris, um dos mais importantes acordos climáticos internacionais.



**Figura 3.** Quantitativo de pesquisas publicadas por ano.  
Fonte: autores.

O crescimento do número de publicações a partir de 2019 pode ser atribuído a um maior interesse e reconhecimento da importância de integrar a temática Mudanças Climáticas às práticas pedagógicas no ensino médio, uma vez que, globalmente a temática foi amplamente discutida nos âmbitos sociais e políticos. A Figura 4 apresenta-se uma linha do tempo com os principais eventos globais e nacionais na área e a quantidade de pesquisas publicadas no Brasil, sobre a temática.



**Figura 4.** Distribuição Anual de Teses e Dissertações sobre Práticas de Ensino de Mudanças Climáticas no Ensino Médio no Brasil.

**Fonte:** autores.

No contexto brasileiro, observa-se ainda um número relativamente reduzido de teses e dissertações sobre práticas pedagógicas relacionadas às Mudanças Climáticas no ensino médio. Entretanto, identificam-se dois momentos de crescimento mais acentuado, em 2020 e 2023.

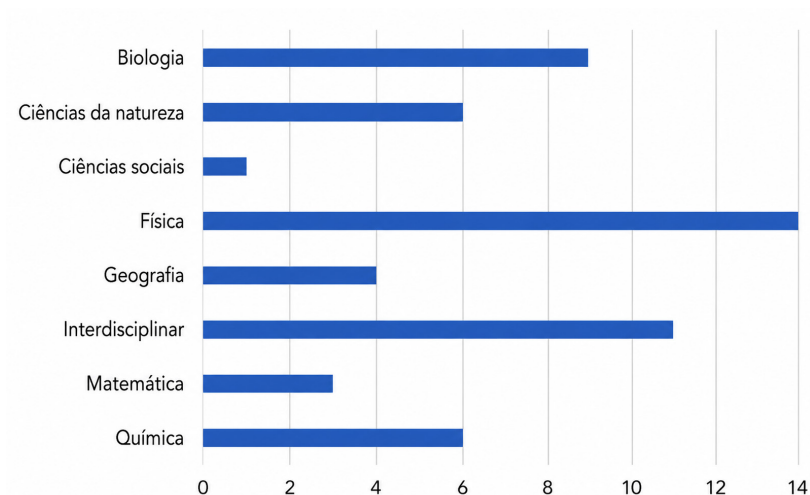
A partir de 2015 com a assinatura do acordo de Paris, observamos um aumento considerável no número de teses, mas principalmente dissertações sobre a temática. O pico de publicações ocorreu em 2020, após o início da pandemia de COVID-19, com cinco dissertações de mestrado e uma tese de doutorado.

#### Distribuição das pesquisas por componente curricular

A Figura 5 apresenta a distribuição das pesquisas por componente curricular. Durante a leitura das pesquisas buscamos delimitar em qual componente curricular a proposta pedagógica foi aplicada, a partir do seguinte critério: explicitação dos autores em quais componentes o trabalho foi realizado.

Duas categorias foram criadas: Interdisciplinar e Ciências da Natureza, onde as pesquisas interdisciplinares, abarcam as propostas pedagógicas em que os autores informam que desenvolveram o trabalho de forma interdisciplinar, integrando dois ou mais componentes curriculares; e as pesquisas classificadas na categoria Ciências da Natureza foram aquelas em que os autores não especificaram o(s) componente(s) curriculares específicos (Química, Física ou Biologia), mas declararam ter realizado suas propostas nas aulas de ciências, quando em pesquisas internacionais. Na categoria Ciências Sociais está um único trabalho desenvolvido no componente de Sociologia.

A temática das Mudanças Climáticas é considerada um tema transversal nos documentos curriculares brasileiros (Brasil, 2018), o que sugere a necessidade de sua abordagem em diferentes componentes curriculares. Entretanto, a distribuição dos estudos indica maior concentração nas áreas das Ciências da Natureza, especialmente em Física e Biologia, enquanto áreas como Ciências Sociais e Matemática apresentam menor número de pesquisas.



**Figura 5.** Distribuição Quantitativa de Pesquisas sobre Práticas Pedagógicas em Mudanças Climáticas nos Diferentes Componentes Curriculares.  
**Fonte:** autores.

### Foco das práticas pedagógicas nas diferentes áreas

A análise dos objetivos das práticas pedagógicas permitiu identificar duas tendências principais:

1. Práticas voltadas à compreensão das Mudanças Climáticas, nas quais conceitos disciplinares são mobilizados para explicar fenômenos climáticos.
2. Práticas que utilizam as Mudanças Climáticas como contexto para o ensino de conceitos disciplinares, buscando tornar os conteúdos curriculares mais contextualizados.

Essas duas tendências aparecem em diferentes proporções nos componentes curriculares analisados.

### Biologia

No componente de Biologia foram identificados nove estudos. A maioria das propostas buscou compreender as Mudanças Climáticas mobilizando conceitos biológicos, enquanto um número menor utilizou o tema como contexto para o ensino de conteúdos específicos da disciplina, os resultados dessa subcategorização são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Relação de pesquisas do componente de Biologia.

| Propostas pedagógica para trabalhar conceitos biológicos contextualizando com a temática mudanças climáticas                                                        |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Reconstructing Earth's Past Climates: The Hidden Secrets of Pollen                                                                                                  | Steele e Warny (2013)     |
| Student Development of Model-Based Reasoning About Carbon Cycling and Climate Change in a Socio-Scientific Issues Unit                                              | Zangori et al. (2017)     |
| Teaching Nutrient Cycling and Climate Change Concepts Using Excretion Experiments with Common Fish                                                                  | Sharitt e Vanni (2023)    |
| Propostas pedagógicas para trabalhar mudanças climáticas a partir de conceitos biológicos                                                                           |                           |
| Teaching Urban High School Students Global Climate Change Information and Graph Interpretation Skills Using Evidence from the Scientific Literature                 | Rule e Meyer (2009)       |
| View from the Top (and the Bottom) of the World                                                                                                                     | Ylizarde e Kiorpes (2018) |
| Ensinando sobre aquecimento global por meio de uma abordagem contextualizada pelas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade Ambiente no ensino médio de biologia | Sarmiento (2021)          |

**Fonte:** autores.

**Quadro 1.** Continuação...

| <b>Propostas pedagógica para trabalhar conceitos biológicos contextualizando com a temática mudanças climáticas</b> |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Innovation in the teaching-learning process of global climate change through the collaborative wall                 | Salas-Rueda et al. (2021) |
| Enhancing Climate Change Education through Links to Agriculture                                                     | Pappo et al. (2022)       |

**Fonte:** autores.

Identificamos seis pesquisas cujos objetivos eram trabalhar Mudanças Climáticas mobilizando conceitos biológicos, Rule e Meyer (2009) utilizaram a leitura e interpretação de gráficos para trabalhar como as variações climáticas afetam diferentes organismos como pássaros e vegetais. Ylizarde e Kiorpes (2018) desenvolveram um projeto com foco na comparação de ecossistemas para desenvolver nos estudantes o pensamento crítico sobre a temática; Sarmiento (2021) propõe uma sequência didática sobre o aquecimento global para trabalhar dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) de conteúdos científicos para ações sociopolíticas; Salas-Rueda et al. (2021) utilizaram-se de um mural colaborativo para trabalhar com os estudantes questões relacionadas a temática, integrando tecnologias digitais dentro do processo pedagógico; Pappo et al. (2022) trabalharam a temática em uma área de educação rural, integrando a realidade daqueles estudantes (produção agrícola) às Mudanças Climáticas. Assim, os estudantes puderam criar conexões locais e globais, conectando as práticas econômicas das suas regiões a fim de analisar, criticar e projetar soluções frente aos desafios propostos.

Outros autores, trabalharam conceitos biológicos a partir das Mudanças Climáticas. Steele e Warny (2013) utilizaram a palinologia como base para o entendimento dos efeitos das Mudanças Climáticas, através de uma atividade prática os autores propuseram que os estudantes identificassem pólen e esporos em uma amostra (simulada) de solo. Zangori et al. (2017) relacionaram a temática com o ciclo do carbono através de questões sociocientíficas; Sharitt e Vanni (2023) seguem a mesma proposta, através de uma proposta prática com a utilização de peixes-zebra exploraram como as Mudanças Climáticas influenciam a fisiologia desses animais alterando a ciclagem de nutrientes. Esses autores também sinalizam que os ciclos biogeoquímicos são trabalhados pelos professores focando apenas em plantas e solos, sem contextualizar com temáticas como Mudanças Climáticas.

Quanto às abordagens pedagógicas (SQP2), destacam-se atividades investigativas, projetos de investigação, experimentos guiados, sequências didáticas e ferramentas colaborativas digitais. Sobre como as práticas são organizadas, destacam-se atividades de investigação (2/9) e projetos (2/9), seguidas por experimentos guiados (2/9), sequência didática (1/9), colaboração digital (1/9) e estudo de caso (1/9). Quanto às ferramentas, aparecem análise de dados/gráficos (e.g., Rule; Meyer, 2009), atividades de laboratório (e.g., Steele; Warny, 2013[Q7: Q7]); Sharitt; Vanni, 2023), ambientes colaborativos digitais (Salas-Rueda et al., 2021) e conexões território-setor produtivo (Pappo et al., 2022).

Apesar dessas abordagens diversificadas, observou-se que muitos estudos enfatizam principalmente a compreensão conceitual das Mudanças Climáticas, sem aprofundar discussões sobre possíveis ações de mitigação ou adaptação. Quatro estudos (Rule; Meyer, 2009; Steele; Warny, 2013; Zangori et al., 2017; Sharitt; Vanni, 2023) justificam a importância de se entender conceitos relativos às MC e que o entendimento destes permite aos estudantes relacionarem-nos a efeitos políticos, sociais e econômicos da questão, porém não apresentam formas ou discussões possíveis para como se estabelecer essas conexões a partir de suas propostas. Apenas um estudo (Pappo et al., 2022) focou sua prática pedagógica em um contexto local, vivido pelos estudantes participantes do trabalho.

**Ciências da natureza**

Na categoria Ciências da Natureza foram identificados seis artigos científicos (Quadro 2). Esses estudos apresentam propostas pedagógicas voltadas ao ensino das Mudanças Climáticas utilizando diferentes estratégias didáticas.

**Quadro 2.** Relação de pesquisas da área de Ciências da Natureza.

| Propostas com abordagens pedagógicas para trabalhar a temática mudanças climáticas                                                                        |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| The Effect of a Case-Based Reasoning Instructional Model on Korean High School Students' Awareness in Climate Change Unit                                 | Jeong et al. (2014)                  |
| Constructing Scientific Arguments Using Evidence from Dynamic Computational Climate Models                                                                | Pallant; Lee (2015)                  |
| Scaling Up                                                                                                                                                | Johnson e Dodson (2016)              |
| Model-Based Knowing: How Do Students Ground Their Understanding About Climate Systems in Agent-Based Computer Models?                                     | Markauskaite; Kelly; Jacobson (2020) |
| The Effects of Earth Science Textbook Contents on High School Students' Knowledge of, Attitude toward, and Behavior of Energy Saving and Carbon Reduction | Chao et al. (2017)                   |
| Student Outcomes of Teaching About Socioscientific Issues in Secondary Science Classrooms: Applications of EzGCM                                          | Steward et al. (2024)                |

Fonte: autores.

Entre as abordagens utilizadas destacam-se modelagem computacional, argumentação científica, experimentação e uso de materiais didáticos, como livros ou plataformas digitais. O escopo dessa revisão sistemática é entender como a temática Mudanças Climáticas está sendo abordada por professores do ensino médio, e, apesar de muitos autores proporem práticas com metodologias ativas, Chao et al. (2017) avaliaram a abordagem de dois livros didáticos, aqui, consideramos que o uso do livro didático pelo professor também configura-se como uma prática pedagógica, e em sua pesquisa os autores avaliaram a eficácia de dois livros didáticos diferentes em dois grupos de estudantes.

Jeong et al. (2014) utilizaram uma metodologia de aprendizagem baseada em problemas (estudos de caso) para compreender como os estudantes dão sentido a temática Mudanças Climáticas, porém o foco do trabalho era avaliar os efeitos da aplicação da metodologia, os autores não discutem como a temática pode ajudar os estudantes a compreenderem as MC. Pallant e Lee (2015) trabalharam com atividades de argumentação, onde apresentaram aos estudantes atividades de argumentação científica baseadas em modelos computacionais sobre Mudanças Climáticas, e avaliaram como os estudantes constroem seus argumentos a partir da análise desses modelos. Markauskaite, Kelly e Jacobson (2020) realizaram uma proposta de avaliar o conhecimento científico sobre Mudanças Climáticas dos estudantes a partir de modelos de computador, os modelos utilizados foram baseados no ciclo do carbono e o efeito estufa. Johnson e Dodson (2016) seguem uma temática similar ao utilizarem o ciclo do carbono em escalas microscópicas e macroscópicas a partir do crescimento de plantas para que os estudantes sejam capazes de criar relações com as Mudanças Climáticas. Steward et al. (2024) seguiram uma proposta similar e utilizaram um aplicativo digital para trabalhar questões sociocientíficas com os estudantes, onde, através de modelagens climáticas analisaram, interpretaram e avaliaram gráficos, séries climáticas e visualizações climáticas, considerando duas variáveis: dióxido de carbono e a temperatura do ar da superfície do planeta.

Quanto ao foco dos estudos, 4/6 artigos adotaram uma abordagem prática utilizando modelos computacionais para que os estudantes pudessem construir argumentos a partir de conceitos biológicos no contexto das MC, com uso recorrente de modelagem digital (4/6), uso de livros didáticos (1/6) e experimentação (1/6). Apesar do uso de metodologias ativas, observa-se que muitos estudos concentram-se na avaliação da eficácia das metodologias empregadas, com menor aprofundamento sobre como essas práticas podem contribuir para uma compreensão mais ampla das dimensões sociais, políticas e ambientais das Mudanças Climáticas.

**Ciências sociais**

Apenas uma pesquisa foi identificada na área de Ciências Sociais. Nafisah et al. (2022) relataram uma proposta que teve o objetivo de identificar materiais de poluição ambiental que estão ao

redor dos estudantes como fonte de aprendizagem e integrar esses materiais para antecipar o estudo em Mudanças Climáticas. A baixa presença de estudos nessa área evidencia uma lacuna importante, considerando que as Mudanças Climáticas envolvem também dimensões sociais, políticas e econômicas.

## Física

As pesquisas do componente de Física possuem uma alta quantidade de dissertações sobre a temática, quando analisamos os objetivos dessas pesquisas, observamos que as pesquisas podem ser classificadas em duas subcategorias, apresentadas no Quadro 3. A primeira subcategoria agrupa os estudos que propuseram práticas para trabalhar conceitos físicos tendo as MC como contexto/aplicação; já a segunda agrupa os estudos que propuseram práticas em que o foco era o trabalho com as MC a partir da mobilização de conceitos físicos. Observa-se que a maioria dos autores aborda as Mudanças Climáticas a partir de conceitos físicos (9/15), tornando o tema mais contextualizado e próximo dos estudantes, integrando temas ambientais com o ensino de física. Alguns temas são mais trabalhados pelos autores como termodinâmica (5/15) e sua relação com o efeito estufa como nas pesquisas de Amaral (2010),

**Quadro 3.** Relação de pesquisas do componente de Física.

| <b>Propostas pedagógicas para trabalhar conceitos físicos contextualizando com a temática mudanças climáticas</b>                                                                                        |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| What Happens When You Flip a Switch?                                                                                                                                                                     | Darling (2013)        |
| Construção de mini-estufas como ferramentas de aprendizagem dos conceitos de calor e temperatura no Ensino de física no ensino médio                                                                     | Gabriel (2017)        |
| Ensinando produção sustentável de energia elétrica por meio de jogos didáticos em sala de aula.                                                                                                          | Sato (2017)           |
| Produção e utilização de energia no contexto do agronegócio tocantinense, abordadas em uma perspectiva CTS no Ensino Médio Técnico                                                                       | Pereira (2020)        |
| As mudanças climáticas globais e os ciclones tropicais como uma proposta de ensino de termodinâmica e dinâmica dos Fluidos                                                                               | Silva (2020b)         |
| <b>Propostas pedagógicas para trabalhar mudanças climáticas a partir de conceitos físicos</b>                                                                                                            |                       |
| Abordagem das mudanças climáticas globais no curso de Física para o Ensino Médio                                                                                                                         | Xavier (2007)         |
| A atividade prática abordada por meio de situações-problema, visando a promoção da aprendizagem significativa de conceitos relacionados aos processos de transmissão da energia térmica, no ensino médio | Amaral (2010)         |
| Utilização de um objeto de aprendizagem sobre aquecimento global como recurso didático em uma escola de ensino médio na disciplina de Física                                                             | Campos (2010)         |
| Uma sequência didática facilitadora da aprendizagem significativa no estudo do efeito estufa e do Aquecimento global                                                                                     | Caneppele (2021)      |
| Developing future-scaffolding skills through Science education                                                                                                                                           | Levrini et al. (2019) |
| CTSA e as mudanças climáticas: aspectos latournianos em uma sequência didática                                                                                                                           | Sant'ana (2020)       |
| Física do aquecimento global: uma proposta interdisciplinar para o ensino do espectro eletromagnético                                                                                                    | Silva (2021)          |
| Abordagem da termodinâmica a partir de temas sociocientíficos: contribuição para o aprimoramento da capacidade argumentativa de estudantes do ensino médio                                               | Conceição (2022)      |
| Calor e efeito estufa: uma proposta didática fundamentada na teoria de aprendizagem significativa                                                                                                        | Costa (2023)          |
| Ensino de Física e Ciência Cidadã na compreensão das mudanças climáticas por meio do estudo da vazão de um córrego da Mata Atlântica                                                                     | Jesus et al. (2023)   |

**Fonte:** autores.

Campos (2010), Levrini et al. (2019), Sant'ana (2020), Conceição (2022). Os autores argumentam sobre a necessidade de conectar seus componentes curriculares ao desenvolvimento de pensamento crítico, exercício da cidadania, tomada de decisões conscientes como em e Silva (2021), e com questões sociocientíficas e com a vida cotidiana, por meio de abordagens que relacionam Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTSA) como em Sant'ana (2020) e Conceição (2022).

No segundo grupo, onde o objetivo é o ensino de conceitos físicos e as Mudanças Climáticas são um contexto/aplicação (6/15) para tornar o ensino mais relevante e próximo dos estudantes. As pesquisas de Darling (2013), Sato (2017) e Pereira (2020) focam no ensino de conceitos relacionados a produção de energia, e consequentemente suas problemáticas para um desenvolvimento sustentável. Os trabalhos de Gabriel (2017) e Silva (2021) focaram em temáticas relacionadas a termodinâmica (calor, temperatura) e relacionaram esses conceitos ao efeito estufa.

Em termos de abordagem predominam sequências didáticas (9/15), seguidas de construção de modelos experimentais (3/15), aprendizagem baseada em problemas (1/15), oficina de aprendizagem (1/15) e jogos (1/15). Como a maioria das propostas se organizam em sequências didáticas, as ferramentas variam dentro de um mesmo estudo: textos e mídias digitais (6/15), experimentos científicos (5/15), como a construção de miniestufas em Gabriel (2017), simuladores digitais (2/15), aulas de campo (1/15) e a confecção de jogos de tabuleiro e cartas (1/15).

Lacunas na abordagem das MC repetem-se: o foco dos estudos concentra-se em trabalhar o aprendizado de conceitos físicos a partir do contexto das MC em Gabriel (2017) e Sato (2017) o foco estava na verificação de aprendizagem desses conceitos, não ampliando o debate para ações propulsoras, de mitigação ou adaptação frente às MC.

Apesar de ser possível categorizar os estudos em Física em dois grupos, as lacunas se mostram as mesmas: i) não há discussões sobre mitigação e adaptação às MC; ii) a articulação dos conceitos/fenômenos à realidades locais ainda é insipiente; iii) os trabalhos possuem como objetivo a compreensão dos conceitos relacionados ao tema, mas sem a proposição, por parte dos estudantes, de soluções e respostas aos problemas; e iv) a interdisciplinaridade é pouco explorada, mesmo nos trabalhos em que se propõe uma sequência didática não há participação e parceria de outros componentes curriculares.

## Geografia

Identificamos quatro trabalhos na área da Geografia, listados no Quadro 4, onde é possível observar duas categorias distintas de pesquisas: i) Pesquisas cujo objetivo é apresentar uma proposta pedagógica para trabalhar conceitos geográficos contextualizando com a temática Mudanças Climáticas e ii) Pesquisas cujo objetivo é apresentar uma proposta pedagógica para trabalhar Mudanças Climáticas a partir da mobilização de conceitos geográficos.

**Quadro 4.** Relação de pesquisas do componente de Geografia.

| <b>Propostas pedagógicas para trabalhar conceitos geográficos contextualizando com a temática mudanças climáticas</b>                                                           |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| As tecnologias digitais nas aprendizagens significativas e colaborativas para a tomada de consciência da biosfera                                                               | Silva (2022)         |
| Práticas discursivas no ensino de geografia: a produção de conhecimentos escolares dialogicamente orientada                                                                     | Neves (2023)         |
| <b>Propostas pedagógicas para trabalhar mudanças climáticas a partir de conceitos geográficos</b>                                                                               |                      |
| Paleoecology: An Untapped Resource for Teaching Environmental Change                                                                                                            | Raper; Zander (2009) |
| Entrando no clima: alfabetização científica em climatologia e Mudanças Climáticas orientadas pelos pressupostos da pedagogia crítica e do desenho universal para a aprendizagem | Oliveira (2023)      |

**Fonte:** autores.

Raper e Zander (2009) propõem a exploração da paleoecologia como uma ferramenta pedagógica que pode abordar temáticas importantes como as Mudanças Climáticas, em sua pesquisa, os autores apresentam os conceitos de paleoecologia e propõem atividades

a serem desenvolvidas com os estudantes reconhecendo através de dados paleoecológicos como o clima mudou ao longo das eras. Oliveira (2023) também se propõem a apresentar uma estratégia pedagógica com foco em climatologia e Mudanças Climáticas.

Os autores Silva (2022) e Neves (2023) buscaram compreender outros fenômenos tendo as Mudanças Climáticas como pano de fundo para suas discussões. Silva (2022) analisou as potencialidades das Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação (TDIC) com a temática voltada às consequências das ações antrópicas pelo uso de fontes de energia, enquanto Neves (2023) buscou entender se há um raciocínio geográfico na escola e para isso utilizaram a temática efeito estufa para trabalhar com os estudantes.

Quanto ao foco, os estudos se dividem em trabalhar as MC a partir de conceitos da geografia (2/4), enquanto (2/4) estudos priorizam a abordagem de conceitos geográficos a partir das MC. Sobre como as práticas são organizadas, destaca-se o ensino baseado em problemas através de sequências didáticas (4/4), com uso recorrente de TDICS como Google Classroom e *Padlet* (Silva, 2022), documentários, Google Formulários (Neves, 2023). Como lacunas, observamos que apesar do componente da Geografia evocar discussões socioambientais e sociopolíticas em relação ao tema o foco dos trabalhos ainda estão na compreensão dos eventos/fenômenos ambientais e na discussão do uso da terra, mas não na proposição de soluções por parte dos estudantes a partir das atividades desenvolvidas, não encontramos nos trabalhos temas como: i) mitigação e adaptação; ii) articulações com problemas socioambientais locais; e iii) propostas interdisciplinares e articulação com outros componentes curriculares.

### Interdisciplinar

Foram identificadas onze pesquisas classificadas como interdisciplinares (Quadro 5). Esses estudos podem ser agrupados em dois tipos principais:

**Quadro 5.** Relação de pesquisas na área Interdisciplinar.

| Tomada de decisão e desenvolvimento de competências sobre Mudanças Climáticas                                                            |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| The Fidelity and Usability of 5-DIE: A Design Study of Enacted Cyberlearning                                                             | Kern et al. (2014)       |
| Informed-Decision Regarding Global Warming and Climate Change Among High School Students in the United Kingdom                           | Kurup et al. (2021)      |
| Interdisciplinary STEM Program on Authentic Aerosol Science Research and Students' Systems Thinking Approach in Problem-Solving          | Melton et al. (2022)     |
| Percepções sociais e práticas interdisciplinares                                                                                         |                          |
| Contribuições de Projetos Integrados na Área das Ciências da Natureza à Alfabetização Científica de Estudantes do Ensino Médio           | Duso (2023)              |
| Aquecimento global: uma investigação sobre as representações sociais e concepções de alunos da escola básica                             | Muniz (2010)             |
| Representaciones sociales sobre cambio climático en dos grupos de estudiantes de educación secundaria de España y bachillerato de México | Benavides et al. (2017)  |
| Uma análise da meteorologia e das mudanças climáticas no contexto do ensino médio: perspectivas de uma abordagem interdisciplinar        | Paiva (2017)             |
| Jogo de tabuleiro sobre o efeito estufa como tema transversal no ensino dos gases                                                        | Silva (2020a)            |
| Mudanças climáticas e educação ambiental: Uma pesquisa ação participativa com crianças e jovens de educação do campo                     | Souza (2020)             |
| Estrategia educativa ambiental liderada por Enfermería sobre cambio climático y sus efectos en la salud                                  | Abrahantes et al. (2021) |
| Mirada compartida del cambio climático en los estudiantes de bachillerato                                                                | Flores (2020)            |

**Fonte:** autores.

1. propostas voltadas ao desenvolvimento de competências e tomada de decisão sobre Mudanças Climáticas;
2. pesquisas focadas nas percepções sociais e representações dos estudantes sobre o tema.

As abordagens pedagógicas incluem sequências didáticas, projetos interdisciplinares, metodologias STEM, jogos educativos e atividades de investigação.

A primeira categoria classifica os artigos que apresentam práticas pedagógicas inovadoras que auxiliam os estudantes na tomada de decisões informadas sobre Mudanças Climáticas (4/11). Kern et al. (2014) utilizam em sua pesquisa uma abordagem de ciberaprendizagem para trabalhar com estudantes com necessidades especiais com uma metodologia de 5-DIE (5-featured Dynamic Inquiry Enterprise); Kurup et al. (2021) seguem uma abordagem parecida, ao explorarem, através da metodologia 5E (Envolver, Explorar, Explicar, Elaborar e Avaliar) entender o que os estudantes conhecem sobre a temática Mudanças Climáticas e fortalecer suas tomadas de decisão após o entendimento das causas e consequências do efeito estufa.

Melton et al. (2022) usam uma metodologia baseada em problemas para trabalhar com os estudantes situações relacionadas as Mudanças Climáticas e poluição do ar, os autores integraram em sua prática pedagógica questões sociocientíficas e educação STEM de forma interdisciplinar.

A segunda categoria classifica as pesquisas que abordam as representações sociais dos estudantes sobre Mudanças Climáticas, a percepção dos estudantes e atividades interdisciplinares sobre o tema. Duso (2023) usou um estudo de caso para trabalhar questões relativas à alfabetização científica dos estudantes. Muniz (2010) em sua dissertação busca conhecer o que os estudantes do ensino médio sabem sobre o aquecimento global, suas causas, efeitos, os responsáveis, seus posicionamentos e as possíveis soluções; Benavides et al. (2017), Abrahantes et al. (2021) e Flores (2020) focam suas pesquisas nas representações sociais das Mudanças Climáticas entre os estudantes, analisando suas visões e identificando lacunas para proporem estratégias educativas.

Benavides et al. (2017) utilizaram diagramas, gráficos e entrevista semiestruturada para extrair informações dos estudantes; Abrahantes et al. (2021) descobriram que os estudantes possuem uma visão limitada sobre causas e consequências das Mudanças Climáticas; já Flores (2020) descobriu que os estudantes possuem uma abordagem simplista dos estudantes dada suas fontes de pesquisa (meios de comunicação midiáticos), o autor ainda cita que entre os estudantes os professores ainda são as fontes mais confiáveis de informação.

Paiva (2017), Silva (2020a) e Souza P. (2020) concentraram suas práticas em atividades interdisciplinares voltadas a conscientização e ações sobre as Mudanças Climáticas. Paiva (2017) propôs uma prática sobre meteorologia com estudantes do ensino médio, onde, através de atividades práticas de coleta e interpretação de dados pelos estudantes; Silva (2020a) propôs um jogo de tabuleiro com perguntas e respostas sobre o efeito estufa; Souza (2020) teve como objetivo compreender as percepções dos estudantes do campo sobre a temática e suas contribuições para a produção de conhecimento e das suas capacidades adaptativas aos desafios impostos pelas Mudanças Climáticas, os estudantes foram convidados a mapear as vulnerabilidades socioambientais ao redor da escola e propor ações coletivas para a produção de recursos adaptativos aos impactos.

Sobre como as práticas são organizadas, destacam-se sequências didáticas (9/11), ensino por projetos (1/11) e abordagem STEM (1/11), com uso recorrente de questionários pré e pós atividades (6/11), memoriais descritivos (1/11), jogo de tabuleiros (1/11), rodas de conversa (1/11). Como lacunas, observamos que apenas Duso (2023), Kurup et al. (2021) e Melton et al. (2022) discutiram sobre a importância da tomada de decisão frente aos conhecimentos adquiridos sobre o tema.

Apesar do caráter interdisciplinar declarado, poucos estudos exploram de forma aprofundada a integração entre diferentes áreas do conhecimento. Em muitos casos, as práticas concentram-se na investigação das percepções dos estudantes ou na avaliação de intervenções educativas.

## Matemática

Três estudos foram identificados nesse componente curricular (Quadro 6). Todos utilizaram modelagem matemática para investigar fenômenos relacionados às Mudanças Climáticas.

**Quadro 6.** Relação de pesquisas do componente Matemática.

| Propostas pedagógicas para trabalhar mudanças climáticas a partir de conceitos matemáticos                                                                            |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Modelagem matemática utilizando interpolação de Lagrange: a relação entre o crescimento populacional e a oscilação da Temperatura no município de <b>Resende (RJ)</b> | Pires (2014)            |
| Modelagem matemática como processo para o desenvolvimento do pensamento analítico e reflexivo                                                                         | Souza (2019)            |
| Integrating Mathematical Modelling into Problem Based Research: An Evaporation Activity                                                                               | Alpaslan; Yalvac (2023) |

**Fonte:** autores.

Quanto ao foco, predominam propostas que trabalham as MC a partir da mobilização de conceitos matemáticos (3/3). Pires (2014) através de modelagem matemática, utilizaram da interpolação de Lagrange para aproximar os estudantes de tópicos matemáticos com a realidade, o objetivo da pesquisa foi verificar se houve alteração na temperatura na cidade de Resende, Rio de Janeiro, Brasil entre os anos de 1961-2012, assim os estudantes utilizaram os dados e gráficos gerados para testar suas hipóteses. Souza (2019) também utilizou modelagem matemática para trabalhar tópicos atuais (aquecimento global), através de dados coletados pelos estudantes foi orientado a busca por soluções através dos modelos matemáticos. Alpaslan e Yalvac (2023) aplicaram modelagem matemática em uma atividade de aprendizagem baseada em problemas onde os estudantes investigaram fatores relacionados a evaporação (em terras, mares, lagos e oceanos). Sobre como as práticas são organizadas, destacam-se a abordagem de ensino baseado em problemas através de sequências didáticas (3/3), com uso recorrente de ferramentas como textos, slides, vídeos e softwares para análise de dados como Excel e Geogebra (Pires, 2014). Como lacunas, observamos que apesar da temática ser interdisciplinar e as estratégias dos pesquisadores permitissem um trabalho amplo com outros componentes curriculares nenhum dos trabalhos analisados adotou essa abordagem. Apenas, Pires (2014) utilizou-se de contextos locais para o desenvolvimento de seu trabalho e discutiu ações de mitigação e adaptação às MC com os estudantes.

## Química

Identificamos cinco pesquisas cujos objetivos eram trabalhar Mudanças Climáticas no componente de Química, essas pesquisas estão listadas no Quadro 7.

Barbosa (2015) em sua tese de doutorado apresenta uma proposta de sequência didática para trabalhar questões sociocientíficas em Mudanças Climáticas a partir de um olhar Bakhtiniano. Silva (2023) em sua dissertação também abordou questões sociocientíficas a partir de uma sequência didática para abordar a temática com o objetivo de analisar aspectos do pensamento crítico dos estudantes através do discurso.

**Quadro 7.** Relação de pesquisas do componente Química.

| Propostas pedagógicas para trabalhar mudanças climáticas a partir de conceitos químicos                                                                                                          |                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Circulação de sentidos e posicionamentos dos sujeitos na abordagem do aquecimento global como tema controverso: um olhar bakhtiniano                                                             | Barbosa (2015)                           |
| Using demonstrations involving combustion and acid-base chemistry to show hydration of carbon dioxide, sulfur dioxide, and magnesium oxide and their relevance for environmental climate science | Shaw III, Webb e Rothenberger (2016)     |
| Educación ambiental y cambio climático en el bachillerato tecnológico de México                                                                                                                  | Benavides (2019)                         |
| How does climate change affect oyster populations?                                                                                                                                               | Wolfson, Stapleton e Sezen-Barrie (2020) |
| Abordagem da questão sociocientífica mudanças climáticas no Ensino Médio: análise da mobilização de elementos do pensamento crítico                                                              | Silva (2023)                             |

**Fonte:** autores.

Shaw III, Webb and Rothenberger (2016) apresentam uma proposta de experimentação para ser realizada em sala de aula com a temática de óxidos e bases (alcalinos), na pesquisa, os autores oferecem três experimentos envolvendo compostos químicos (dióxido de carbono, dióxido de enxofre e óxido de magnésio) que estão diretamente ligados às Mudanças Climáticas. Wolfson et al. (2020) seguem a mesma proposta ao abordarem a acidificação dos oceanos, na lição apresentada no artigo, os estudantes realizam experimentos usando modelos para explicar como o CO<sub>2</sub> afeta o pH dos oceanos em uma população de ostras.

Benavides (2019) trabalhou a temática Mudanças Climáticas a partir de conceitos químicos, onde ao final de cada período de atividades os estudantes apresentavam um projeto para solucionar um problema ambiental referente ao tema.

Os estudos analisados priorizam práticas organizadas em sequências didáticas, com uso recorrente de ferramentas como: textos, vídeos (documentários), experimentação e atividades de investigação. E apesar dos estudos nesse componente também se preocuparem com questões socioambientais como a tomada de decisões para mitigação e adaptação às MC, como lacunas, observamos que os mesmos estudos ainda não se preocuparam em incorporar em suas atividades práticas interdisciplinares com outros componentes curriculares e ultrapassar o campo da compreensão e propor com os estudantes possíveis soluções para os problemas decorrentes das MC.

## DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática buscou compreender como a educação para Mudanças Climáticas é abordada por professores do ensino médio nas produções acadêmicas. Para isso, analisamos as práticas pedagógicas relatadas na literatura a partir de duas dimensões: o foco das práticas pedagógicas (SQP1) e as abordagens pedagógicas adotadas (SQP2).

### Foco das práticas pedagógicas (SPQ1)

Os resultados indicam que a educação para Mudanças Climáticas nas produções analisadas é abordada predominantemente por meio da mobilização de conceitos disciplinares das Ciências da Natureza, especialmente nas áreas de Física, Biologia e Química. Em grande parte dos estudos, o foco das práticas pedagógicas consiste na compreensão de fenômenos relacionados às Mudanças Climáticas, como efeito estufa, ciclos biogeoquímicos, processos atmosféricos e impactos ambientais. Essa predominância da dimensão científica também foi identificada por Kataoka et al. (2024), que apontam a tendência de priorizar explicações científicas do fenômeno climático em detrimento de suas dimensões sociais, políticas e econômicas.

Embora a compreensão científica seja fundamental para a educação climática, sua predominância pode limitar a abordagem da complexidade do problema. Como discutido na introdução, as Mudanças Climáticas constituem um fenômeno multifacetado que envolve processos naturais, mas também relações sociais, econômicas e políticas (Blank, 2015). Assim, práticas pedagógicas centradas exclusivamente na explicação dos fenômenos físicos e biogeoquímicos podem contribuir para uma compreensão parcial da problemática climática.

Parte dos estudos analisados utiliza as Mudanças Climáticas como contexto para o ensino de conceitos específicos dos componentes curriculares, especialmente em Física e Matemática, funcionando como cenário de aplicação para conteúdos como termodinâmica, produção de energia ou modelagem matemática. Embora essa estratégia contribua para contextualizar os conteúdos escolares, muitas propostas mantêm como objetivo central a aprendizagem dos conceitos disciplinares, e não necessariamente o desenvolvimento de uma compreensão crítica da problemática climática. Em menor número, foram identificadas práticas voltadas ao desenvolvimento de competências transversais, como argumentação científica, pensamento crítico e tomada de decisão informada, geralmente associadas a propostas interdisciplinares ou baseadas em questões sociocientíficas, abordagem que favorece a reflexão crítica sobre problemas socioambientais complexos e a articulação entre conhecimento científico e processos de tomada de decisão (Sadler, 2011).

### **Abordagens pedagógicas adotadas (SQP2)**

Quanto às abordagens pedagógicas adotadas, os estudos analisados revelam diversidade de estratégias didáticas. As práticas mais frequentes envolvem sequências didáticas estruturadas, atividades experimentais, modelagem científica, análise de dados ambientais e uso de tecnologias digitais. Outra abordagem recorrente é o uso de modelagem científica, especialmente em atividades que envolvem simulações computacionais ou análise de dados climáticos. Também foram identificadas práticas baseadas em experimentação, principalmente nas áreas de Física e Química.

Apesar dessa diversidade metodológica, as abordagens pedagógicas frequentemente permanecem centradas na compreensão conceitual dos fenômenos climáticos, com menor exploração de estratégias que envolvam participação ativa dos estudantes na análise de problemas socioambientais ou na proposição de soluções.

Essa limitação torna-se ainda mais evidente quando se considera o papel da Educação Ambiental no enfrentamento de problemas socioambientais complexos. Para Sauvé (2005), a Educação Ambiental não deve ser compreendida apenas como uma ferramenta de gestão ambiental, mas como uma dimensão essencial da educa  o que envolve a constru  o de rela  es críticas e colaborativas com o meio em que vivemos. Nesse sentido, práticas pedagógicas que tratam as Mudanças Climáticas apenas como conteúdo científico podem limitar o potencial formativo da educa  o climática.

### **Educa  o ambiental e a abordagem das Mudanças Climáticas**

Os resultados desta revisão têm tambm ser analisados   luz das discussões sobre o papel da Educa  o Ambiental na abordagem das Mudanças Climáticas. Como destacam Costa e Pedroso (2020), a Educa  o Ambiental não deve ser tratada como um conteúdo disciplinar isolado, mas como uma prática transversal que envolve diferentes atores da comunidade escolar. Da mesma forma, Taverna e Pedroso (2024) argumentam que a inser  o das Mudanças Climáticas no contexto da Educa  o Ambiental pode contribuir para aproximar a sociedade dos desafios socioambientais contemporâneos.

Entretanto, os resultados desta revisão indicam que essa perspectiva ainda aparece de forma limitada nas práticas pedagógicas descritas nas produ  es acadêmicas. A predominância de abordagens centradas em disciplinas específicas das Ciências da Natureza evidencia que a temática das Mudanças Climáticas ainda   frequentemente tratada como um conteúdo científico, e não como um problema socioambiental complexo que exige abordagens interdisciplinares.

Essa constata  o dialoga com os resultados de Rosa e Kauchakje (2024), que indicam que a Educa  o Ambiental permanece frequentemente circunscrita ao campo da educa  o, constituindo um nicho temático pouco articulado com outras áreas do conhecimento. Segundo as autoras, essa invisibilidade em outros campos disciplinares evidencia fragilidades na incorpora  o de perspectivas interdisciplinares nas práticas educativas, aspecto têm observado nos estudos analisados nesta revisão.

### **Lacunas e implica  es para a educa  o climática**

A análise das práticas pedagógicas revelou algumas lacunas recorrentes nas produ  es acadêmicas analisadas. Uma das principais refere-se   limitada discussão sobre estratégias de mitiga  o e adapta  o às Mudanças Climáticas. Embora muitos estudos abordem causas e consequências do fen  meno climático, poucos exploram possibilidades de a  o diante desse problema.

Outra lacuna diz respeito   baixa articula  o entre os conteúdos trabalhados e os contextos socioambientais locais. Apenas um número reduzido de pesquisas analisadas incorporou problemáticas ambientais vivenciadas pelos estudantes em seus territórios. A literatura em Educa  o Ambiental aponta que a contextualiza  o das questões ambientais em realidades locais pode favorecer o engajamento dos estudantes e ampliar o significado social das aprendizagens (Sauvé, 2005).

Essas lacunas tornam-se particularmente relevantes quando se considera o papel formativo da educa  o diante da crise climática. Como destacam Bos e Schwartz (2023), a educa  o   fundamental para preparar crianças e jovens para lidar com os desafios climáticos, promovendo conhecimentos, habilidades e valores voltados   sustentabilidade. Considerando

que as novas gerações estão entre as mais afetadas pelas consequências das Mudanças Climáticas (Pinheiro et al., 2024), a forma como essa temática é abordada nas práticas pedagógicas torna-se central para a formação de cidadãos capazes de enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos.

Em síntese, os resultados desta revisão indicam que a educação para Mudanças Climáticas nas produções analisadas tem sido abordada predominantemente a partir da mobilização de conceitos científicos das Ciências da Natureza e por meio de sequências didáticas e atividades investigativas. Entretanto, ainda são limitadas as práticas pedagógicas que integram dimensões sociais, políticas e territoriais do problema climático, evidenciando a necessidade de abordagens mais interdisciplinares e alinhadas aos princípios da Educação Ambiental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de revisão sistemática teve como objetivo analisar como a educação para Mudanças Climáticas é abordada por professores do Ensino Médio nas produções acadêmicas. Foram analisadas 54 pesquisas (entre teses, dissertações e artigos científicos) provenientes das bases BDTD, Capes, SciELO e ERIC, que apresentavam propostas de práticas pedagógicas voltadas à temática.

Os resultados indicam um crescimento das publicações a partir de 2015, possivelmente associado ao fortalecimento do debate global sobre o clima, especialmente após o Acordo de Paris. Apesar desse aumento, observa-se que as pesquisas ainda se concentram majoritariamente nas áreas de Ciências da Natureza, com baixa participação de outras áreas do conhecimento, evidenciando limitações na abordagem interdisciplinar do tema.

A análise das práticas pedagógicas descritas nas produções acadêmicas revela uma predominância de abordagens voltadas à compreensão conceitual dos fenômenos relacionados às Mudanças Climáticas. Embora esses conteúdos sejam fundamentais para a compreensão do fenômeno climático, observa-se menor atenção a aspectos igualmente relevantes, como estratégias de mitigação e adaptação, justiça climática, impactos sociais e econômicos e a contextualização das mudanças climáticas em realidades locais.

Dessa forma, a revisão sistemática permitiu mapear como a temática das Mudanças Climáticas tem sido abordada nas práticas pedagógicas do Ensino Médio, além de contribuir para sistematizar tendências e indicar caminhos para futuras investigações e práticas educativas mais integradas e socialmente comprometidas.

Destaca-se que, apesar do crescimento das publicações, persistem lacunas importantes na produção analisada, entre as quais: a predominância de enfoques conceituais, a baixa articulação interdisciplinar entre áreas do conhecimento, a limitada contextualização das mudanças climáticas em realidades locais e a pouca ênfase em dimensões como mitigação, adaptação e justiça climática.

Esse cenário dialoga com dados da UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, 2021), que indicam que menos da metade dos professores se sente preparada para abordar o tema em sala de aula ou relacioná-lo aos contextos vivenciados pelos estudantes.

Diante disso, conclui-se que é necessário fortalecer a formação inicial e continuada de professores, ampliar abordagens inter e transdisciplinares e promover práticas pedagógicas que integrem conhecimento científico, análise crítica e ação social. Assim, espera-se que os resultados desta revisão possam contribuir para o desenvolvimento de investigações e práticas educativas mais integradas, contextualizadas e comprometidas com os desafios climáticos contemporâneos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária, Paraná, Brasil, pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsas de fomento à pesquisa acadêmica. Agradecem, em especial, a concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa à professora Dra. Daniele Saheb Pedroso, bem como a bolsa de doutorado concedida a Matheus Alves de Paula.

## REFERÊNCIAS

- Abrahantes, T. N. R. *et al.* Estratégia de educação ambiental liderada pela Enfermagem sobre mudanças climáticas e seus efeitos na saúde. **Centro de Atos Médicos**, São Paulo, v. 15, p. e09301, 2021.
- Alpaslan, M. M.; Yalvac, B. Integrating mathematical modelling into problem based research: an evaporation activity. **Journal of Problem Based Learning in Higher Education**, Aalborg, v. 11, n. 3, p. 61-73, 2023. <https://doi.org/10.54337/ojs.jpblhe.v11i3.7501>.
- Amaral, A. P. C. **A atividade prática abordada por meio de situações-problema, visando a promoção da aprendizagem significativa dos conceitos relacionados aos processos de transmissão da energia térmica, no ensino médio**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- Barbosa, L. G. D. C. **Circulação de sentidos e posicionamentos dos sujeitos na abordagem do aquecimento global como tema controverso: um olhar bakhtiniano**. 2015. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- Benavides, L. O. B. Educação ambiental e mudança climática no bachillerato tecnológico do México. **Educación en la Química**, Ciudad de México, v. 30, n. 3, p. 3-14, 2019.
- Benavides, L. O. B.; Cartea, P. Á. M.; Gaudiano, É. J. G. Representações sociais sobre as mudanças climáticas em dois grupos de estudantes do ensino secundário na Espanha e estudantes do ensino médio no México. **Revista Mexicana de Pesquisa Educacional**, Ciudad de México, v. 22, n. 73, p. 505-532, 2017.
- Blank, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, 2015. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0010>.
- Bos, M. S.; Schwartz, L. **Educação e mudanças climáticas: como desenvolver habilidades para a ação climática em idade escolar**. Washington: BID, 2023 (Boletim de políticas do BID; 376).
- Botelho, L. L. R.; Cunha, C. C. A.; Macedo, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>.
- BRASIL. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm). Acesso em: 22 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- Campos, F. A. **Utilização de um objeto de aprendizagem sobre aquecimento global como recurso didático em uma escola de ensino médio na disciplina de física**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- Caneppele, A. C. G. **Uma sequência didática facilitadora da aprendizagem significativa no estudo do efeito estufa e do aquecimento global**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- Chao, Y. L. *et al.* The effects of earth science textbook contents on high school students' knowledge of, attitude toward, and behavior of energy saving and carbon reduction. **Science Education International**, Ankara, v. 28, n. 1, p. 30-52, 2017.
- Conceição, L. C. **Abordagem da termodinâmica a partir de temas sociocientíficos: contribuição para o aprimoramento da capacidade argumentativa de estudantes do ensino médio**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.
- Costa, D. N.; Pedrosa, D. S. Possibilidades para educação ambiental na perspectiva complexa presentes na BNC-Formação. **ambientalmenteSustentable**, Santiago de Compostela, v. 15, n. 27, p. 19-34, 2020.
- Costa, G. L. **Calor e efeito estufa: uma proposta didática fundamentada na teoria de aprendizagem significativa**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Ensino de Física – PROFIS, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2023.
- Darling, G. What happens when you flip a switch?: A series of hands-on activities to help students understand what energy is and how we generate it. **The Science Teacher**, Normal, Ill, v. 80, n. 8, p. 33-37, 2013. DOI: [https://doi.org/10.2505/4/tst13\\_080\\_08\\_33](https://doi.org/10.2505/4/tst13_080_08_33).
- Duso, L. **Contribuições de projetos integrados na área das ciências da natureza à alfabetização científica de estudantes do ensino médio**. 2023. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.
- FLORES, R. C. Mirada compartida del cambio climático en los estudiantes de bachillerato. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, Ciudad de México, v. 25, p. e08701, 2020.
- Gabriel, D. A. **Construção de mini-estufas como ferramentas de aprendizagem dos conceitos de calor e temperatura no ensino de física no ensino médio**. 2017. Dissertação (Mestrado Nacional Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.
- Haddaway, N. R. *et al.* PRISMA2020: an R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and open synthesis. **Campbell Systematic Reviews**, Hoboken, v. 18, p. e1230, 2022.
- Jeong, J. *et al.* The effect of a case-based reasoning instructional model on Korean high school students' awareness in climate change unit. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, London, v. 10, n. 5, p. 427-435, 2014.

Jesus, T. A. C.; Silva, E. G. C.; Ferracioli, L. Ensino de Física e Ciência Cidadã na compreensão das mudanças climáticas por meio do estudo da vazão de um córrego da Mata Atlântica. **Revista de Enseñanza de la Física**, Córdoba, v. 35, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n1.41389>.

Johnson, M.; Dodson, T. Scaling up. **The Science Teacher**, Normal, Ill, v. 83, n. 6, p. 53, 2016.

Kataoka, A. M.; Pedroso, D. S.; Moser, A. S. Formação em Educação Ambiental e Emergência Climática: contribuições teórico-metodológicas. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 19, p. e024053, 2024. <https://doi.org/10.21723/riaee.v19iesp.1.18425>.

Kern, C. L.; Crippen, K. J.; Skaza, H. The fidelity and usability of 5-DIE: a design study of enacted cyberlearning. **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, Waynesville, v. 33, n. 1, p. 49-72, 2014.

Kurup, P. M.; Levinson, R.; Li, X. Informed-decision regarding global warming and climate change among high school students in the United Kingdom. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education = Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et de la Technologie**, Toronto, v. 21, p. 166-185, 2021.

Levrini, O. *et al.* Developing future-scaffolding skills through science education. **International Journal of Science Education**, London, v. 41, n. 18, p. 2647-2674, 2019. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1693080>.

Lopes, J. K. P.; Torres, P. L. Pesquisa e inovação responsáveis na área da educação: uma revisão sistemática. **Cadernos de Pesquisas (Fundação Carlos Chagas)**, São Paulo, v. 54, p. e10125, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980531410125>.

Markauskaite, L.; Kelly, N.; Jacobson, M. J. Model-based knowing: how do students ground their understanding about climate systems in agent-based computer models? **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 50, n. 1, p. 53-77, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9680-9>.

Melton, J. W.; Ali Saiful, J.; Pat Shein, P. Interdisciplinary STEM program on authentic aerosol science research and students' systems thinking approach in problem-solving. **International Journal of Science Education**, London, v. 44, n. 9, p. 1419-1439, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2080886>.

Muniz, R. M. **Aquecimento global: uma investigação sobre as representações sociais e concepções de alunos da escola básica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.81.2010.tde-04082010-111309>.

Nafisah, D. *et al.* The integration of environmental pollution materials in social studies learning in school for anticipation of climate change. **Pegem Journal of Education and Instruction**, Ancara, v. 12, n. 4, p. 47-60, 2022.

Neves, D. C. **Práticas discursivas no ensino de geografia: a produção de conhecimentos escolares dialogicamente orientada**. 2023. (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023.

Oliveira, J. P. **Entrando no clima: alfabetização científica em climatologia e mudanças climáticas orientadas pelos pressupostos da pedagogia crítica e do desenho universal para a aprendizagem (DUA)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023.

Page, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic. **Epidemiologia e Serviços de Saúde: Revista do Sistema Unico de Saúde do Brasil**, Brasília, v. 31, n. 2, p. e2022107, 2022.

Paiva, L. F. P. **Uma análise da meteorologia e das mudanças climáticas no contexto do ensino médio: perspectivas de uma abordagem interdisciplinar**. 2017. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Pallant, A.; Lee, H. S. Constructing scientific arguments using evidence from dynamic computational climate models. **Journal of Science Education and Technology**, Dordrecht, v. 24, n. 2-3, p. 378-395, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9499-3>.

Pappo, E.; Wilson, C.; Flory, S. L. Enhancing climate change education through links to agriculture. **The American Biology Teacher**, Berkeley, v. 84, n. 4, p. 207-212, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.4.207>.

Pereira, N. V. **Produção e utilização de energia no contexto do agronegócio tocantinense em uma perspectiva CTS para ensino médio técnico**. 2020. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2020.

Pinheiro, S.; Torres, A. C.; Menezes, I. Jovens e ação climática: abordagens educativas promotoras da dimensão coletiva da participação juvenil na adaptação climática das suas comunidades. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 19, p. e024062, 2024. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v19iesp.1.18323>.

Pires, C. S. **Modelagem matemática utilizando interpolação de Lagrange: a relação entre o crescimento populacional e a oscilação da temperatura no município de Resende-RJ**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

Raper, D. J.; Zander, H. Paleoeology: an untapped resource for teaching environmental change. **International Journal of Environmental and Science Education**, Izmir, v. 4, n. 4, p. 441-447, 2009.

Rosa, M. A.; Kauchakje, S. Temas da literatura de mudança climática: desafios para a Educação Ambiental. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 19, p. e024056, 2024. <https://doi.org/10.21723/riaee.v19iesp.1.18245>.

Rule, A. C.; Meyer, M. A. Teaching urban high school students global climate change information and graph interpretation skills using evidence from the scientific literature. **Journal of Geoscience Education**, Boulder, v. 57, n. 5, p. 335-347, 2009. <https://doi.org/10.5408/1.3559674>.

Sadler, T. D. **Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research**. Dordrecht: Springer, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1159-4>.

Salas-Rueda, R. A. *et al.* Innovation in the teaching-learning process of global climate change through the collaborative wall. **LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education**, v. 9, n. 1, p. 256-282, 2021.

Santana, B. J. **CTSA e as mudanças climáticas: aspectos latournianos em uma sequência didática**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

Sarmiento, A. C. H. **Ensinando sobre aquecimento global por meio de uma abordagem contextualizada pelas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente no ensino médio de biologia**. 2021. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador; Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2021.

Sato, A. M. **Ensinando produção sustentável de energia elétrica por meio de jogos didáticos em sala de aula**. 2017. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.

Sauvé, L. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 317-322, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000200012>.

Schiavon, S. H. **Aplicação da revisão sistemática nas pesquisas sobre formação de professores: uma discussão metodológica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2015.

Sharitt, C. A.; Vanni, M. J. Teaching nutrient cycling and climate change concepts using excretion experiments with common fish. **The American Biology Teacher**, Berkeley, v. 85, n. 9, p. 500-506, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1525/abt.2023.85.9.500>.

Shaw lii, C. F.; Webb, J. W.; Rothenberger, O. Using demonstrations involving combustion and acid-base chemistry to show hydration of carbon dioxide, sulfur dioxide, and magnesium oxide and their relevance for environmental climate science. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 93, n. 12, p. 2063-2067, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00310>.

Silva, A. M. **Jogo de tabuleiro sobre o efeito estufa como tema transversal no ensino dos gases**. 2020a. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020a.

Silva, W. T. **As mudanças climáticas globais e os ciclones tropicais como uma proposta de ensino de termodinâmica e dinâmica dos fluidos**. 2020b. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020b.

Silva, T. A. V. Física do aquecimento global: uma proposta interdisciplinar para o ensino do espectro eletromagnético. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

Silva, J. F. As tecnologias digitais nas aprendizagens significativas e colaborativas para a tomada de consciência da biosfera. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

Silva, J. S. Abordagem da questão sociocientífica mudanças climáticas no ensino médio: análise da mobilização de elementos do pensamento crítico. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

Souza, J. O. B. Modelagem matemática como processo para o desenvolvimento do pensamento analítico e reflexivo. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.45.2019.tde-27042020-152444>.

Souza, P. J. L. Mudanças climáticas e educação ambiental: uma pesquisa-ação participativa com crianças e jovens de educação do campo. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

Steele, A.; Warny, S. Reconstructing earth's past climates: the hidden secrets of pollen. **Science Activities**, Philadelphia, v. 50, n. 2, p. 62-71, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/00368121.2013.792763>.

Steward, K. C. *et al.* Student outcomes of teaching about socio-scientific issues in secondary science classrooms: applications of EzGCM. **Journal of Science Education and Technology**, Dordrecht, v. 33, n. 2, p. 195-207, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10068-7>.

Taverna, M. R.; Pedroso, D. S. Educação ambiental no desenvolvimento das mudanças climáticas: um estado da arte. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 369-383, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2024.v19.15915>.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC, AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. **Getting every school climate-ready: how countries are integrating climate change issues in education**. Paris: UNESCO, 2021. (Education 2030).

Vosgerau, D. S. R.; ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-189, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.14.041.DS08>.

Wolfson, J.; Stapleton, M.; Sezen-Barrie, A. How does climate change affect oyster populations? **The Science Teacher**, Normal, Ill, v. 87, n. 5, p. 43-51, 2020. DOI: [https://doi.org/10.2505/4/tst20\\_087\\_05\\_43](https://doi.org/10.2505/4/tst20_087_05_43).

Xavier, M. E. R. **Abordagem das mudanças climáticas globais no curso de Física para o Ensino Médio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

Ylizarde, N. H.; Kiorpes, L. C. View from the top [and bottom] of the world. **The Science Teacher**, Normal, Ill, v. 85, n. 5, p. 22-30, 2018. DOI: [https://doi.org/10.2505/4/tst18\\_085\\_05\\_22](https://doi.org/10.2505/4/tst18_085_05_22).

Zangori, L. *et al.* Student development of model-based reasoning about carbon cycling and climate change in a socio-scientific issues unit. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 54, n. 10, p. 1249-1273, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21404>.

---

#### Contribuições dos autores

MAP: Conceitualização, Metodologia, Investigação, Análise formal, Redação – versão original, Redação – revisão e edição. DSP: Conceitualização, Metodologia, Supervisão, Redação – revisão e edição. JCG: Investigação, Análise formal, Redação – revisão e edição.

**Editor:** Prof. Dr. José Luís Bizelli