

Ciências da natureza e suas tecnologias

O ensino de termodinâmica: um estado do conhecimento da produção acadêmica (2005-2025)

The teaching of thermodynamics: a state of knowledge of academic production (2005-2025)

La enseñanza de la termodinámica: un estado del conocimiento de la producción académica (2005-2025)

Heydrian Freitas Ferreira¹   e Marcelo Franco Leão²  

Resumo

Este estudo apresenta um estado do conhecimento sobre o ensino de Termodinâmica na produção acadêmica em língua portuguesa (2005-2025). O objetivo é analisar a produção acadêmica sobre o ensino de Termodinâmica, publicada entre 2005 e 2025, buscando identificar suas principais abordagens, contribuições e lacunas de pesquisa. A busca foi realizada em bases de dados e repositórios SCIELO e CAPES, com leitura dos estudos na íntegra e categorização temática, resultando em um corpus de 19 artigos. O referencial teórico articula a Transposição Didática, a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), a História e Filosofia da Ciência (HFC) e a Teoria da Aprendizagem Significativa (AS). Adotou-se abordagem qualitativa, de natureza interpretativa. Os resultados sistematizam a produção em quatro eixos temáticos: estratégias didáticas, análise de livros didáticos, contextualização histórico-filosófica e articulação com temas socioambientais, entre os quais se destacam as mudanças climáticas. Observa-se, de forma recorrente entre os estudos analisados, uma crítica ao ensino tradicional e formalista da Termodinâmica. Conclui-se que, embora se identifiquem propostas de contextualização, o corpus analisado reúne poucos estudos voltados à formação docente, a instrumentos de avaliação coerentes com essas propostas e à diversidade de contextos educacionais. Reafirma-se a relevância de investigações que aprofundem a renovação pedagógica do ensino de Termodinâmica.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Estado do Conhecimento. Termodinâmica. Mudanças Climáticas.

Abstract

This study presents a state of knowledge on the teaching of Thermodynamics in Portuguese-language academic production (2005-2025). The objective is to analyze the methodological approaches, contributions, and challenges pointed out by this production. The search was conducted in databases and repositories, with full reading of the studies and thematic categorization, resulting in a corpus of 19 articles. The theoretical framework articulates Didactic Transposition, the Science, Technology, Society and Environment approach, the History and Philosophy of Science, and the Theory of Meaningful Learning. A qualitative approach of an interpretative nature was adopted. The results systematize the production into four thematic axes: didactic strategies, textbook analysis, historical-philosophical contextualization, and articulation with socio-environmental themes, among which climate change stands out. A recurring critique of the traditional and formalist teaching of Thermodynamics is observed among the studies analyzed. It is concluded that, although proposals for contextualization are identified, the corpus analyzed gathers few studies focused on teacher training, on assessment instruments consistent with these proposals, and on the diversity of educational contexts. The relevance of investigations that deepen the pedagogical renewal of Thermodynamics teaching is reaffirmed.

¹Graduado em Física pelo IFMT (2022), pós-graduado em Física e Matemática pela FARESE e mestrando em Ensino no PPGE. Professor da rede estadual de Mato Grosso. E-mail: heydrianfreitas10@hotmail.com.

²Doutor em Educação e Ensino de Ciências pela UFRGS e mestre em Ensino pela UNIVATES. Licenciado em Química (UNISC) e Física (UNEMAT). Professor do IFMT Campus Rondonópolis e coordenador do PPGE (IFMT/UNIC). E-mail: marcelo.leao@ifmt.edu.br.

Keywords: Science Education. State of Knowledge. Thermodynamics. Climate Change.

Resumen

Este estudio presenta un estado del conocimiento sobre la enseñanza de la Termodinámica en la producción académica en lengua portuguesa (2005-2025). El objetivo es analizar los enfoques metodológicos, contribuciones y desafíos señalados por esa producción. La búsqueda se realizó en bases de datos y repositorios, con lectura íntegra de los estudios y categorización temática, resultando en un corpus de 19 artículos. El referencial teórico articula la Transposición Didáctica, el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, la Historia y Filosofía de la Ciencia y la Teoría del Aprendizaje Significativo. Se adoptó un enfoque cualitativo, de naturaleza interpretativa. Los resultados sistematizan la producción en cuatro ejes temáticos: estrategias didácticas, análisis de libros de texto, contextualización histórico-filosófica y articulación con temas socioambientales, entre los cuales se destacan los cambios climáticos. Se observa, de forma recurrente entre los estudios analizados, una crítica a la enseñanza tradicional y formalista de la Termodinámica. Se concluye que, aunque se identifican propuestas de contextualización, el corpus analizado reúne pocos estudios orientados a la formación docente, a instrumentos de evaluación coherentes con esas propuestas y a la diversidad de contextos educativos. Se reafirma la relevancia de investigaciones que profundicen la renovación pedagógica de la enseñanza de la Termodinámica.

Palabras clave: Enseñanza de las Ciencias. Estado del Conocimiento. Termodinámica. Cambios Climáticos.

1. Considerações iniciais

A Termodinâmica representa uma importante conquista da ciência moderna. Suas leis, que governam as transformações de energia, aplicam-se desde motores e refrigeradores até os processos metabólicos dos seres vivos. Dada sua centralidade na Física, na Química e na Biologia, e sua conexão com fenômenos globais como as mudanças climáticas, o domínio de seus conceitos é componente importante da formação científica dos cidadãos (Cachapuz *et al.*, 2005).

Apesar de sua importância, o ensino de Termodinâmica nos níveis médio e superior é historicamente marcado por dificuldades pedagógicas. A abordagem tradicional, focada em um formalismo matemático descontextualizado, reduz a disciplina a uma aplicação de fórmulas, resultando em uma aprendizagem mecânica e fragmentada, na qual os estudantes falham em construir compreensão significativa dos princípios e de suas implicações no mundo real. Cruz, Dantas e Ribeiro (2023) evidenciam que a contextualização dos conceitos científicos é fundamental para tornar o ensino mais dinâmico e conectado à realidade dos estudantes.

Diante deste cenário, pesquisadores como Auler (2003) e Matthews (1995) têm se dedicado a investigar as raízes dessas dificuldades e a propor alternativas pedagógicas que possam superá-las. Essas investigações exploram estratégias que vão desde a incorporação da História e Filosofia da Ciência (HFC), passando pelo uso de experimentos e analogias, até a contextualização de seus conceitos em temas sociais, como a crise energética e as questões ambientais.

Como apontam pesquisas do tipo estado da arte (Ferreira, 2002), as produções acadêmicas recentes sobre o ensino de Termodinâmica distribuem-se em diferentes meios de publicação, o que dificulta uma visão de conjunto dos estudos já realizados. Para contornar essa fragmentação, este estudo adota a abordagem de estado do conhecimento, buscando sistematizar tendências, analisar convergências e identificar lacunas que direcionam investigações na área.

O recorte temporal de 2005 a 2025 foi adotado como delimitação operacional da busca, de modo a abranger duas décadas de produção acadêmica sobre o tema e permitir a identificação de tendências de médio prazo, na medida em que pesquisas do tipo estado do conhecimento têm por finalidade mapear e sistematizar produções dispersas ao longo de períodos mais extensos (Ferreira, 2002).

Assim, este artigo é guiado pelo seguinte problema de pesquisa: quais são as principais abordagens, contribuições e lacunas presentes na produção acadêmica sobre o ensino de Termodinâmica, publicada entre 2005 e 2025?

Para responder a essa questão, o objetivo geral deste trabalho é analisar a produção acadêmica sobre o ensino de Termodinâmica, publicada entre 2005 e 2025, buscando identificar suas principais abordagens, contribuições e lacunas de pesquisa. Para tanto, são objetivos específicos: 1) Identificar e sistematizar as principais abordagens presentes nos estudos que compõem o corpus, organizando-os em eixos temáticos construídos a partir da análise do material; 2) Analisar as principais contribuições e propostas pedagógicas presentes nas produções que compõem o corpus; 3) Sintetizar as convergências e as lacunas de pesquisa que emergem do conjunto da produção acadêmica analisada.

2. Referencial teórico

O ensino de Termodinâmica envolve diferentes dimensões relacionadas à seleção, contextualização e construção dos conhecimentos científicos no espaço escolar. Nesse sentido, a compreensão das produções acadêmicas voltadas a esse campo pode ser ampliada a partir de diferentes perspectivas teóricas que permitem discutir tanto os processos de transformação do conhecimento científico em conhecimento escolar quanto as formas de contextualização, problematização e construção conceitual.

Entre essas perspectivas, destacam-se a Transposição Didática, a abordagem CTSA, a HFC e a Teoria da Aprendizagem Significativa (AS), que oferecem diferentes possibilidades para compreender os desafios e as propostas relacionadas ao ensino de Termodinâmica.

2.1 A transposição didática de Yves Chevallard

A Transposição Didática, formulada por Chevallard (1985), descreve as transformações do conhecimento na passagem da produção científica para o ensino, distinguindo-se em três níveis, sendo eles o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado. O saber sábio não é transposto diretamente, mas submetido a processos de adaptação, descontextualização e recontextualização, constituindo o saber a ensinar definido em currículos e programas. Este, por sua vez, é interpretado e reelaborado pelo professor em sua prática, convertendo-se em saber ensinado, que é o conhecimento efetivamente veiculado em sala de aula.

O livro didático constitui um dos principais instrumentos de mediação entre o saber a ensinar e o saber ensinado, ocupando papel central na sala de aula. Justamente por essa centralidade, Cruz, Dantas e Ribeiro (2023) destacam que o livro didático não deve ser a única ferramenta utilizada no processo de ensino e aprendizagem, sendo necessário que os professores utilizem materiais complementares que possibilitem um melhor embasamento dos conceitos abordados, aproximando-os da realidade dos estudantes.

2.2 Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) emergiu a partir da década de 1970 como uma crítica ao ensino de ciências tradicional (Santos; Mortimer, 2009), incorporando posteriormente a dimensão Ambiental, dando origem à sigla CTSA. Essa perspectiva defende que o ensino de ciências deve superar a memorização de conceitos e leis, promovendo a sua compreensão como uma atividade humana, cujos desenvolvimentos se articulam com a tecnologia, a sociedade e o ambiente (Auler, 2003).

No contexto do ensino de Termodinâmica, a abordagem CTSA oferece um referencial para contextualizar conceitos tradicionalmente apresentados de forma abstrata. Em vez de tratar a Segunda Lei da Termodinâmica apenas como uma formulação matemática, é possível articulá-la a questões como a crise energética global, a eficiência de motores e a poluição térmica. Da mesma forma, o estudo do balanço energético da Terra e do efeito estufa, temas centrais para a compreensão das mudanças climáticas, constitui aplicação direta dos princípios termodinâmicos, favorecendo a apropriação conceitual pelos estudantes (Vânia *et al.*, 2019).

Nessa direção, as Questões Sociocientíficas (QSC) configuram-se como uma estratégia pedagógica que operacionaliza os pressupostos do CTSA: conforme destacam Borges e Alves (2022), as QSC emergem do movimento CTS, mas ampliam seu escopo ao incorporar dimensões éticas, morais, políticas e regionais no tratamento de temas controversos, favorecendo a participação ativa dos estudantes em processos de argumentação e tomada de decisão. Assim, os trabalhos que propõem temas como aquecimento global, matriz energética ou impactos ambientais para o ensino de Termodinâmica alinham-se tanto ao CTSA quanto às QSC, contribuindo para um ensino que integra rigor conceitual e formação cidadã.

2.3 O papel da História e Filosofia da Ciência no ensino

Assim como o movimento CTSA, a inserção da HFC no ensino surge como reação à visão empírico-indutivista da Ciência, frequentemente transmitida nos manuais e na prática docente, que a retrata como acúmulo de fatos descobertos por gênios isolados por meio de um “método científico” único e infalível (Gil-Pérez *et al.*, 2001), imagem historicamente incorreta e prejudicial, por afastar os alunos ao apresentar a Ciência como atividade para poucos (Matthews, 1995).

A incorporação da HFC busca superar essas distorções e humanizar a Ciência ao apresentar a evolução histórica dos conceitos (como energia ou entropia) e discutir a sua Natureza (Martins, 2006). Isso contextualiza o conhecimento, como o desenvolvimento da Termodinâmica ligado à Revolução Industrial. Os artigos do corpus que analisam omissões históricas ou propõem abordagens contextuais utilizam a HFC como uma ferramenta pedagógica estratégica para um ensino mais crítico e eficaz.

2.4 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Em contraponto à aprendizagem mecânica ou por memorização, Ausubel em sua obra “Psicologia Educacional: Uma Perspectiva Cognitiva” (1968), desenvolveu a Teoria da Aprendizagem Significativa. Para Ausubel (1968), a aprendizagem só é significativa quando a nova informação se conecta de forma substantiva e não arbitrária a um conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Esses conhecimentos prévios relevantes são denominados por ele de subsunçores.

A condição fundamental para a Aprendizagem Significativa (AS) é dupla, sendo elas: o material deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve ter disposição para relacionar a nova informação aos seus conhecimentos prévios (subsunçores). O professor atua como mediador, e utiliza os organizadores prévios para construir pontes cognitivas (Moreira, 2011). Este referencial é útil para analisar as propostas didáticas do corpus, como o uso de analogias, mapas conceituais e experimentos que, a depender de como são utilizados, buscam promover a AS ao conectar conceitos abstratos a exemplos familiares ou fenômenos concretos, contribuindo para ativar e reestruturar os subsunçores dos alunos (Novak, 1998).

As quatro perspectivas mobilizadas neste referencial cumprem funções complementares: a Transposição Didática explica como o conhecimento científico é reelaborado até a sala de aula; a abordagem CTSA situa social, tecnológica e ambientalmente os conceitos termodinâmicos; a HFC humaniza o conhecimento científico; e a Teoria da AS fundamenta a avaliação das estratégias quanto ao seu potencial de promover compreensão conceitual duradoura. Essas quatro lentes são retomadas de forma articulada na seção de resultados.

3. Procedimentos do método

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica do tipo estado do conhecimento, conduzida por meio de busca sistematizada em bases de dados e repositórios, com o objetivo de ir além de um simples compilado de resumos e construir uma narrativa analítica que conecte os diferentes trabalhos, identifique abordagens e lacunas, e oriente futuras investigações em ensino de Termodinâmica (Ferreira, 2002).

A abordagem adotada é qualitativa, justificando-se a escolha pela sua natureza interpretativa da análise realizada sobre os significados, tendências e características da produção investigada. O foco da investigação não reside na quantificação de ocorrências, mas na interpretação do conteúdo desses trabalhos: as abordagens didáticas propostas, os referenciais teóricos mobilizados e as lacunas identificadas na literatura. Segundo Minayo (2001, p. 14), a pesquisa qualitativa “trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes”, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos, dimensão que apenas a contagem de artigos não seria capaz de captar isoladamente.

Para a seleção dos artigos, foram definidos critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos estudos publicados entre 2005 e 2025, escritos em língua portuguesa, voltados a contextos educacionais nacionais ou de outros países lusófonos, que abordassem o ensino de Termodinâmica na educação básica ou superior com foco em aspectos metodológicos, didáticos ou pedagógicos, e disponíveis em texto completo.

Foram excluídos artigos técnicos ou teóricos sobre Termodinâmica sem relação com processos educativos, resumos de congressos, dissertações, teses e publicações fora do recorte temporal, priorizando-se artigos científicos.

O processo de busca foi realizado por etapas, iniciando-se com a identificação dos descritores “ensino de termodinâmica”, “educação em física”, “metodologias de ensino”, “experimentação”, e

“mudanças climáticas”, combinados por meio do operador booleano AND entre descritores distintos. A busca foi realizada nas seguintes bases de dados e repositórios: SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e Portal de Periódicos da CAPES.

Foram testadas oito combinações: Termodinâmica AND Mudanças climáticas (4 resultados); Experimentação AND Termodinâmica (55); Educação em física AND Metodologias de ensino (147); Metodologias de ensino AND Experimentação (138); Termodinâmica AND Experimentação AND Mudanças climáticas (1); Educação em física AND Termodinâmica AND Conceitos térmicos (1); Metodologias de ensino AND Termodinâmica AND Mudanças climáticas (1); e Experimentação AND Conceitos térmicos AND Educação em física (0).

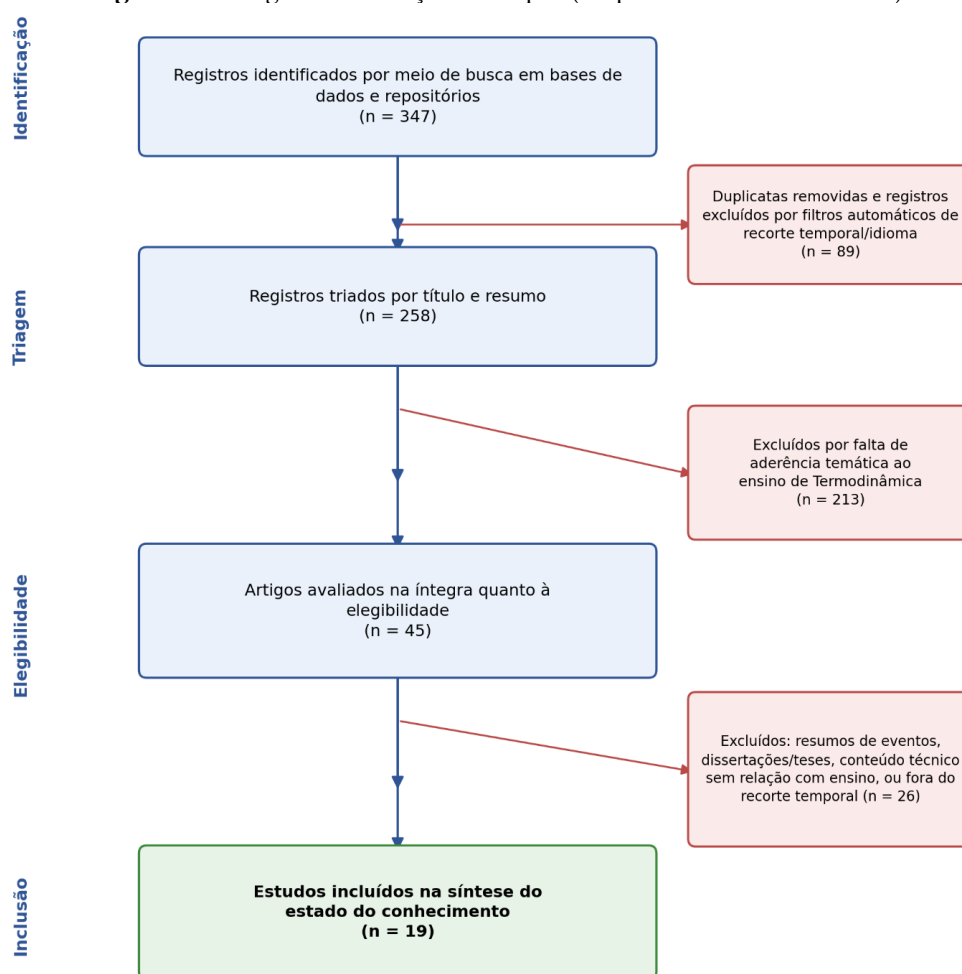
Esse levantamento resultou em 347 registros brutos (40 no SciELO e 307 no Portal CAPES). Após a remoção de duplicatas e a aplicação de filtros automáticos de recorte temporal e idioma (exclusão de 89 registros), 258 registros foram triados por título e resumo; nessa etapa, 213 foram excluídos por falta de aderência temática ao ensino de Termodinâmica, restando 45 artigos avaliados na íntegra quanto à elegibilidade. Da leitura completa, foram excluídos 26 artigos, por serem resumos de eventos, dissertações/teses, conteúdo técnico sem relação com ensino, ou fora do recorte temporal, compondo um corpus final de 19 estudos incluídos na síntese do estado do conhecimento.

Nesta etapa, identificaram-se e removeram-se as duplicatas encontradas entre as duas bases consultadas, além da aplicação de filtros automáticos de recorte temporal e idioma, o que eliminou 89 registros e resultou em 258 registros triados por título e resumo. A leitura de título e resumo excluiu, ainda, os artigos sem aderência temática ao objeto de estudo (213 registros), reduzindo o corpus para 45 artigos avaliados na íntegra quanto à elegibilidade. A Figura 1 detalha o fluxo completo de seleção do corpus.

A análise completa dos 45 artigos pré-selecionados, incluindo leitura do resumo, metodologia e resultados, resultou na seleção final de 19 artigos, que estão presentes no corpus de análise deste estado do conhecimento. A análise dos artigos selecionados foi conduzida com base nos pressupostos da análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), seguindo as etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

Na pré-análise, realizou-se uma leitura inicial dos textos para familiarização com o corpus e identificação de padrões emergentes. A exploração do material envolveu, então, a codificação sistemática conforme categorias temáticas construídas a posteriori, contemplando categorização, agrupamento, análise aprofundada com fichamento e construção da narrativa analítica.

O Quadro 1 sintetiza as quatro etapas que compuseram esse processo analítico, detalhando os procedimentos adotados em cada uma delas, desde a categorização inicial até a síntese final e a identificação de lacunas na literatura.

Figura 1: Fluxograma de seleção do corpus (adaptado do modelo PRISMA)

Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base nos procedimentos metodológicos descritos no artigo.

Quadro 1: Procedimentos de análise do corpus

Etapas	Procedimentos utilizados para a análise
Categorização e Agrupamento	Com base na leitura inicial, os artigos foram agrupados em categorias temáticas emergentes, sem rigidez classificatória, identificando o eixo principal de cada um. Este processo resultou na definição dos quatro eixos temáticos que estruturam a seção de “Resultados e Discussões”.
Análise Aprofundada e Fichamento	Cada artigo foi objeto de análise aprofundada, extraindo-se objetivo, metodologia, críticas ao ensino tradicional, propostas pedagógicas e resultados, organizados em fichamentos individuais.
Construção da Narrativa Analítica	A etapa final consistiu na redação da análise, articulando os artigos dentro de cada eixo, colocando-os em diálogo e apontando convergências, divergências e complementaridades, à luz dos referenciais da Fundamentação Teórica.
Síntese e Identificação de Lacunas	Por fim, elaborou-se uma síntese geral, transversal aos eixos, identificando convergências na crítica ao ensino tradicional, benefícios das novas abordagens e lacunas de pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), a partir dos artigos selecionados da literatura.

4. Resultados e discussões

A análise dos 19 artigos revelou um campo de pesquisa diversificado, unido pela crítica ao ensino tradicional da Termodinâmica e pela busca por alternativas pedagógicas que promovam Aprendizagens Significativas, organizado em quatro eixos temáticos: Estratégias Didáticas e Abordagens Pedagógicas Inovadoras; Análise Crítica do Livro Didático e do Material Curricular; Contextualização pelo Viés Histórico-Filosófico; e Contextualização a partir de Temas Socioambientais.

Nas subseções a seguir, cada eixo é discutido e articulado ao referencial teórico, seguido de uma síntese geral que evidencia convergências e lacunas identificadas.

4.1 Estratégias didáticas e abordagens pedagógicas inovadoras

Um conjunto relevante de artigos no corpus se dedica a propor estratégias didáticas que rompam com o modelo tradicional de ensino, partindo do pressuposto de que a abstração dos conceitos termodinâmicos exige ferramentas pedagógicas que engajem o aluno na construção do conhecimento. Trabalhos como os que abordam mapas conceituais, experimentos de baixo custo e analogias inserem-se na Teoria da AS (Ausubel, 1968), buscando criar “pontes cognitivas” entre o conhecimento prévio do aluno e os novos conceitos científicos.

Batistella e Leão (2021) destacam que os Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA) têm contribuído para práticas pedagógicas mais dinâmicas em sala de aula. Esses recursos podem ser úteis no ensino de Termodinâmica, permitindo simulações de processos térmicos, visualizações de conceitos abstratos como entropia e experimentações virtuais que complementam as práticas de baixo custo.

O artigo “Avaliação de conceitos de termodinâmica clássica através de mapas conceituais” (Oliveira; Santos; Almeida, 2015), insere-se em uma linha de pesquisa que entende o mapa conceitual, ferramenta desenvolvida por Novak (1998) com base na teoria de Ausubel, não apenas como uma técnica de estudo, mas como um instrumento robusto de avaliação da aprendizagem.

Uma avaliação tradicional, baseada na resolução de problemas padronizados, muitas vezes mede apenas a capacidade de memorização e aplicação de fórmulas, sem revelar a real compreensão conceitual pelo aluno. O mapa conceitual, ao exigir que o estudante organize os conceitos, como Energia Interna, Calor, Trabalho, Temperatura e Entropia, e estabeleça relações hierárquicas e cruzadas entre eles por meio de proposições, exterioriza a estrutura cognitiva do aprendiz e evidencia com maior fidelidade o nível de compreensão conceitual efetivamente alcançado (Novak; Cañas, 2010).

A análise dos mapas permite ao professor diagnosticar concepções alternativas e lacunas conceituais, transformando a estratégia em uma ferramenta de avaliação formativa. Essa proposta se alinha à AS (Ausubel, 1968; Moreira, 2011), focando na qualidade das relações que o aluno constrói entre os conceitos.

O trabalho “Ensinando termodinâmica por meio de experimentos de baixo custo” (Rocha; Dickman, 2016) aborda a carência de laboratórios equipados, comum em muitas realidades educacionais. A proposta de utilizar materiais acessíveis não é apenas uma solução prática, mas uma escolha pedagógica que desmistifica a ideia de que a Ciência exige equipamentos sofisticados, incentivando o interesse de

estudantes e professores pelo estudo científico.

No contexto da aprendizagem da Termodinâmica, a experimentação, ainda que simples, oferece suporte na construção de conceitos mais abstratos. Construir um calorímetro simples com latas de alumínio e isopor para medir o calor específico de um material, ou observar a conversão de energia em um pequeno motor a vapor caseiro, permite que os alunos visualizem os fenômenos que as equações descrevem (Rocha; Dickman, 2016).

A Aprendizagem Mecânica, segundo Ausubel (1968), ocorre quando o novo conteúdo é incorporado à estrutura cognitiva do aprendiz de forma arbitrária e literal, sem se conectar aos conhecimentos prévios, levando os alunos a manipularem símbolos e fórmulas sem compreender seus referentes físicos (Moreira, 2011). A simples realização de atividades experimentais não garante, por si só, a superação desse tipo de aprendizagem: é necessário que o experimento seja conduzido como ponto de partida para a investigação, e não apenas como confirmação de um resultado esperado, desafiando os alunos a formular hipóteses e construir explicações.

O artigo “Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo PNLEM” (Francisco-Júnior, 2009) aborda o uso de analogias como recurso didático, como ferramentas cognitivas para explicar o desconhecido em termos conhecidos. No ensino de Termodinâmica, é comum o uso de analogias para o conceito de entropia, como a desordem de um quarto ou a mistura de cartas de um baralho (Marques; Santana, 2020); o artigo investiga os benefícios e os riscos dessa estratégia em diferentes áreas da Química e Física.

A discussão gira em torno da dupla natureza das analogias: podem ser pontes eficazes para a AS, mas são imperfeitas e, se não trabalhadas com cuidado, podem levar a concepções erradas (Francisco-Júnior, 2009). A analogia da desordem para a entropia, por exemplo, é apontada por Marques e Santana (2020) como insuficiente para capturar sua natureza estatística, e a insistência em uma única abordagem, em vez de uma exposição mais ampla, pode dificultar a aprendizagem significativa do conceito.

As propostas de Silva e Errobidart (2020a) “Ilha de Racionalidade Interdisciplinar aplicada à construção de uma representação histórica contextual sobre as máquinas térmicas” e Silva *et al.* (2019) “A transposição didática do conteúdo Termodinâmica Química” representam abordagens mais complexas. A Ilha de Racionalidade, conceito de Gérard Fourez (1995), organiza o ensino em torno de uma situação-problema que exige a mobilização de saberes de diferentes disciplinas para ser resolvida.

Aplicada às máquinas térmicas, essa abordagem integra princípios físicos da Termodinâmica a aspectos históricos (Revolução Industrial), tecnológicos (evolução dos motores), sociais (impacto no trabalho e na urbanização) e ambientais (poluição, emissão de gases), conectando o conhecimento científico a um contexto prático e significativo (Santos; Mortimer, 2009; Aikenhead, 2009).

De forma complementar, o estudo de Silva *et al.* (2019) sobre a “transposição didática do conteúdo Termodinâmica Química” analisa como os conceitos termodinâmicos (entalpia, entropia), que são fundamentais para prever a espontaneidade de reações químicas, são adaptados e ensinados no contexto dos componentes curriculares de Física e Química.

Para sistematizar essas contribuições e facilitar a comparação entre os artigos que compõem este primeiro eixo temático, o Quadro 2 apresenta uma síntese de seus objetivos e principais contribuições.

Quadro 2: Síntese dos artigos analisados

Eixo Temático	Título do Artigo	Objetivo Principal	Principal Contribuição / Proposta
Eixo 1: Estratégias Didáticas	Avaliação de conceitos de termodinâmica clássica através de mapas conceituais (Oliveira; Santos; Almeida, 2015)	Investigar o uso de mapas conceituais como ferramenta de avaliação formativa da aprendizagem em Termodinâmica.	Demonstra o potencial dos mapas para diagnosticar concepções alternativas e avaliar a estrutura conceitual dos alunos.
	Ensinando termodinâmica por meio de experimentos de baixo custo (Rocha; Dickman, 2016)	Propor e discutir a viabilidade e o potencial pedagógico de experimentos com materiais acessíveis.	Oferece uma alternativa prática para laboratórios com poucos recursos, promovendo a experimentação investigativa.
	Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo PNLEM (Francisco-Júnior, 2009)	Analisar criticamente o uso de analogias no ensino de conceitos de Físico-Química (Termodinâmica) em livros didáticos.	Alerta para os riscos de concepções alternativas geradas por analogias mal empregadas e sem discussão de seus limites.
	Ilha de Racionalidade Interdisciplinar aplicada à construção de uma representação histórica contextual sobre as máquinas térmicas (Silva; Errobidart, 2020a)	Propor uma abordagem de ensino baseada em projeto interdisciplinar (Ilha de Racionalidade) focada nas máquinas térmicas.	Exemplifica uma reestruturação curricular que integra HFC, CTSA e conhecimentos de múltiplas áreas.
	A transposição didática do conteúdo Termodinâmica Química (Silva et al., 2019)	Analisar como os conceitos da Termodinâmica são transpostos para o ensino de Química.	Discute os desafios de articular as visões macro e microscópica e propõe estratégias para essa integração.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), a partir dos artigos selecionados da literatura.

Em síntese, os estudos deste eixo convergem quanto à necessidade de diversificar as práticas pedagógicas, unindo mapas conceituais, experimentos de baixo custo e abordagens interdisciplinares no objetivo comum de superar a Aprendizagem Mecânica e promover a AS.

O sucesso dessas propostas reside não apenas na aplicação, mas na reflexão crítica sobre seu uso, colocando o aluno como protagonista na construção de seu conhecimento.

4.2 A análise crítica do livro didático e do material curricular

Os livros didáticos continuam sendo, em muitas salas de aula, o principal organizador do currículo e a fonte primária de informação para estudantes e professores (Lopes, 2007). Por essa razão, diversos artigos do corpus analisam esses materiais à luz da Transposição Didática de Chevallard, investigando como o “saber sábio” da Termodinâmica é transformado, simplificado e, às vezes, distorcido em sua versão escolar, com críticas que abrangem desde omissões e erros conceituais até visões epistemológicas.

Os estudos “Os livros didáticos de Física e suas omissões e distorções na história do desenvolvimento da Termodinâmica” (Baldow; Monteiro Júnior, 2010) e “Conteúdo de entropia na Física do ensino médio: análise do material didático e abordagem histórica” (Santos, 2008) indicam que a história da ciência muitas vezes não compõe o material didático ou aparece de modo incompleto, reforçando a apresentação da ciência como produto pronto e demandando práticas de ensino que aproximem o estudante da natureza do conhecimento científico.

Os livros didáticos frequentemente descrevem o desenvolvimento da Termodinâmica como uma sucessão linear de descobertas atribuídas a cientistas como Carnot, Joule, Clausius e Kelvin. Essa abordagem omite as controvérsias e as contribuições interdisciplinares que marcaram o processo. Alinhada à visão empírico-indutivista criticada pela HFC, tal narrativa obscurece a natureza social da construção do conhecimento científico (Matthews, 1995; Gil-Pérez *et al.*, 2001).

A análise dos materiais didáticos aponta ainda para uma transposição problemática da entropia, reduzida à analogia da desordem sem explorar sua origem na eficiência das máquinas térmicas ou sua interpretação estatística, tornando o conceito místico e de difícil compreensão.

O estudo “Concepções de Termodinâmica e experimentação em livros didáticos do ensino médio” (Reis; Oliveira; Araújo, 2017) foca em como a atividade experimental é retratada: muitos livros a apresentam não como processo de investigação, mas como uma simples receita de bolo para comprovar a teoria já dada, treinando os estudantes a seguir instruções em vez de promover curiosidade e questionamento.

A análise se expande para um contexto internacional com o artigo de Afonso e Freitas (2021) “As narrativas de termodinâmica nos livros didáticos angolanos e a conceptualização dos seus leitores”. Embora os critérios de seleção tenham priorizado produções voltadas ao contexto brasileiro, este artigo foi incluído nesta revisão por oferecer um contraponto internacional relevante para a discussão, conforme justificado na seção de procedimentos metodológicos. Este trabalho é interessante por permitir uma análise comparativa.

A discussão mostra como as políticas educacionais e a realidade socioeconômica de Angola moldam a transposição didática da Termodinâmica, evidenciando que o “saber a ensinar” é também definido por fatores culturais e políticos de cada nação (Lopes, 2007; Chevallard, 1985).

O Quadro 3 sintetiza os artigos deste eixo, agrupando-os por eixo temático e destacando seus objetivos e contribuições para a área de Ensino de Ciências.

Quadro 3: Síntese dos artigos analisados

Eixo Temático	Título do Artigo	Objetivo Principal	Principal Contribuição / Proposta
Eixo 2: Análise de Livros Didáticos	Os livros didáticos de Física e suas omissões e distorções na história do desenvolvimento da Termodinâmica (Baldow; Monteiro Júnior, 2010)	Identificar e analisar as omissões e distorções da história da ciência nos livros didáticos de Física.	Crítica a visão linear e a-histórica da ciência perpetuada pelos manuais, em desalinho com a HFC.
	Conteúdo de entropia na Física do ensino médio: análise do material didático e abordagem histórica (Santos, 2008)	Analisar como o conceito de entropia é apresentado nos livros didáticos do Ensino Médio.	Aponta a redução do conceito à analogia da “desordem” como uma falha grave da transposição didática.
	As narrativas de termodinâmica nos livros didáticos angolanos e a conceptualização dos seus leitores (Afonso; Freitas, 2021)	Analisar as abordagens e narrativas sobre Termodinâmica em livros didáticos de Angola.	Oferece uma perspectiva contextualizada e comparativa, mostrando a influência de fatores locais na transposição didática.
	Concepções de Termodinâmica e experimentação em livros didáticos do ensino médio (Reis; Oliveira; Araújo, 2017)	Investigar as concepções de ciência e de experimentação veiculadas pelos livros didáticos.	Crítica a predominância da visão verificacionista (“receita de bolo”) da experimentação.

Eixo Temático	Título do Artigo	Objetivo Principal	Principal Contribuição / Proposta
	A Construção Histórica Contextual da Termodinâmica para o Ensino Médio (Silva; Errobidart, 2020b)	Propor uma abordagem curricular para o ensino de Termodinâmica baseada em sua construção histórica.	Oferece um contraponto direto às narrativas problemáticas identificadas nos livros didáticos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), a partir dos artigos selecionados da literatura.

Os estudos reunidos neste eixo confirmam que o livro didático ainda molda fortemente a sala de aula, e que problemas como a narrativa linear da ciência e a redução da entropia à ideia de desordem não são isolados.

4.3 A contextualização pelo viés histórico-filosófico

Em resposta direta às críticas de omissão e distorção histórica apontadas na análise dos livros didáticos, surge um terceiro eixo de trabalhos que defende a incorporação da HFC como uma estratégia para o ensino de Termodinâmica. Esses artigos abordam a história como uma ferramenta epistemológica e pedagógica para uma AS. Nessa perspectiva, a reconstrução histórica dos conceitos termodinâmicos, com todas as dificuldades e controvérsias que a caracterizam, pode facilitar o próprio processo de aprendizagem do aluno e promover uma visão mais autêntica da Ciência.

Os artigos de Hülsendeger (2007) “A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física”, Passos (2009) “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica” e Silva e Errobidart (2020b) “A Construção Histórica Contextual da Termodinâmica para o Ensino Médio” formam o núcleo deste eixo, defendendo uma abordagem que vá além de datas e nomes e reconstrua o contexto por trás do desenvolvimento das ideias termodinâmicas.

O trabalho sobre “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica” (Passos, 2009), por exemplo, não se limita a apresentar o famoso experimento do agitador de pás, ele deve discutir o contexto da época, o intenso debate científico entre os defensores da teoria do calórico (que via o calor como uma substância) e os proponentes da teoria mecânica do calor (que o via como movimento).

Ao detalhar os múltiplos experimentos de Joule para estabelecer o equivalente mecânico do calor, a proposta pedagógica mostra a ciência em ação: a persistência do pesquisador e a dificuldade em convencer a comunidade científica. Isso permite aos alunos compreender a Primeira Lei da Termodinâmica não como um postulado dado, mas como conclusão de um longo processo de investigação, capaz de espelhar suas próprias dificuldades conceituais (Latour, 2000; Matthews, 1995).

A Construção Histórica Contextual (Silva; Errobidart, 2020b) sugere uma sequência didática que acompanha a evolução histórica da Termodinâmica, dos conceitos básicos de calor até as máquinas térmicas, contextualizando a disciplina com o meio social e tecnológico da Revolução Industrial e evidenciando que o conhecimento científico é social e historicamente situado, não fruto de descobertas isoladas (Allchin, 2013).

O Quadro 4 sintetiza os artigos deste eixo, agrupando-os por temas e destacando seus objetivos e contribuições para a área de Ensino de Ciências.

Quadro 4: Síntese dos artigos analisados

Eixo Temático	Título do Artigo	Objetivo Principal	Principal Contribuição / Proposta
Eixo 3: Abordagem Histórico-Filosófica	A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física (Hülsendeger, 2007)	Defender e exemplificar o uso da HFC como estratégia central para o ensino de Termodinâmica.	Sistematiza os argumentos a favor da HFC para melhorar a compreensão conceitual e da Natureza da Ciência.
	Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica (Passos, 2009)	Analisar pedagogicamente a reconstrução histórica dos experimentos de Joule para ensinar a Primeira Lei.	Mostra como a história de um experimento pode ilustrar o processo de construção e validação do conhecimento científico.
	Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia (Monteiro et al., 2009)	Desenvolver uma atividade didática para o conceito de entropia, possivelmente com viés histórico ou estatístico.	Busca superar a abordagem simplista da "desordem", oferecendo uma alternativa mais robusta conceitualmente.
	As complexidades inerentes ao tema "mudanças climáticas": desafios e perspectivas para o ensino de física (Reis; Silva; Figueiredo, 2015)	Discutir os desafios epistemológicos e pedagógicos de ensinar sobre mudanças climáticas.	Conecta a abordagem CTSA com a necessidade de discutir a Natureza da Ciência (incerteza, consenso) no ensino.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), a partir dos artigos selecionados da literatura.

Os estudos deste eixo tratam a HFC como resposta às limitações dos materiais didáticos, propondo reconstruir a trajetória das ideias e apresentar a ciência como produção humana, situada social e tecnologicamente.

4.4 A contextualização a partir de temas socioambientais

Os cinco artigos reunidos neste eixo tratam da relação entre o ensino de Termodinâmica, as mudanças climáticas e a formação crítica dos estudantes. Cada trabalho parte de um recorte específico, mas todos convergem para a necessidade de contextualizar os conteúdos científicos com questões socioambientais atuais.

Magalhães (2014) apresenta uma abordagem didática sobre aquecimento global para o ensino de Física, organizando conceitos como radiação de corpo negro, efeito estufa, forçamento radiativo e anomalias de temperatura em diferentes níveis de complexidade matemática, com rigor conceitual e apoio em fontes científicas confiáveis, como o IPCC.

Cardoso e Raupp (2024) realizam uma revisão sistemática sobre o ensino de Termodinâmica em periódicos nacionais e identificam que a maioria dos trabalhos se concentra em análises de livros didáticos ou propostas metodológicas desvinculadas de problemas contemporâneos, ensinando a Termodinâmica por meio de exemplos restritos às máquinas térmicas, sem explorar eficiência energética, matriz energética ou impactos climáticos.

Viveiros *et al.* (2025) discutem o debate científico sobre mudanças climáticas e defendem a Educação Ambiental como eixo transformador, trabalhada de forma transversal desde a alfabetização, com foco no senso crítico e na consciência ecológica, fundamentada em referências legais como a Lei 9.795/1999 e a BNCC.

Duarte (2016) analisa os mecanismos que viabilizam a produção de conhecimento na ciência das mudanças climáticas, identificando processos de homogeneização, como translação e padronização, e destacando como os modelos computacionais de Circulação Geral se tornaram centrais nessa rede.

Essa análise acrescenta uma camada epistemológica relevante: compreender que o consenso científico é construído por processos sociais e técnicos específicos permite aos estudantes uma visão sofisticada sobre o funcionamento da ciência, sem simplificações que ocultem sua complexidade.

Teixeira *et al.* (2024) descrevem a aplicação de uma sequência didática baseada na abordagem CTSA para o ensino de Termodinâmica no Ensino Médio. A experiência foi desenvolvida em uma escola pública do Ceará, com uso de textos científicos, reportagens e aplicativos como Google Earth e Calculadora de Carbono. Os fenômenos discutidos, efeito estufa, El Niño, La Niña e ondas de calor, foram articulados à realidade local dos estudantes, com o uso da ferramenta Timelapse do Google Earth para que observassem a devastação da cobertura vegetal no próprio município de Quixadá-CE ao longo de 37 anos (1985-2022), e da Calculadora de Carbono para que refletissem sobre hábitos pessoais como consumo de alimentos de origem animal, destinação do lixo doméstico e compensação de emissões por meio do plantio de árvores. Os resultados indicam que a contextualização favoreceu o engajamento e a compreensão conceitual, alinhando-se aos princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968).

O Quadro 5 sintetiza os artigos deste eixo, agrupando-os por eixo temático e destacando seus objetivos e contribuições para a área de Ensino de Ciências.

Quadro 5: Síntese dos artigos analisados

Eixo Temático	Título do Artigo	Objetivo Principal	Principal Contribuição / Proposta
Eixo 4: Contextualização Socioambiental	Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente para o ensino de Termodinâmica nas Mudanças Climáticas para alunos do Ensino Médio (Teixeira et al., 2024)	Propor uma sequência didática sobre mudanças climáticas explicitamente fundamentada na abordagem CTSA.	Estrutura o ensino de Termodinâmica em torno de uma questão sociocientífica, visando à formação para a cidadania.
	Mudanças climáticas: O debate científico e a importância de uma Educação Ambiental Transformadora (Viveiros et al., 2025)	Discutir o papel do ensino de ciências, via tema das mudanças climáticas, na promoção de uma educação ambiental crítica.	Argumenta que o ensino do tema deve ir além dos conceitos, promovendo a reflexão e a ação.
	Aquecimento global: Uma abordagem para o ensino de física (Magalhães, 2014)	Apresentar uma proposta didática para ensinar conceitos de física (Termodinâmica) a partir do tema do aquecimento global.	Exemplifica como um tema relevante pode servir de fio condutor para a aprendizagem de conceitos físicos.
	Mecanismos de homogeneização da atividade científica: o caso da ciência das mudanças climáticas (Duarte, 2016)	Analisar sociologicamente como o consenso científico sobre o clima é construído.	Introduz uma camada de reflexão epistemológica sobre o funcionamento da ciência contemporânea.
	O Ensino de Termodinâmica e as suas relações com questões ambientais: uma revisão sistemática de literatura (Cardoso; Raupp, 2024)	Mapear a produção acadêmica que relaciona o ensino de Termodinâmica com diversas questões ambientais.	Evidencia a amplitude de contextos ambientais (energia, poluição etc.) que podem ser usados para ensinar Termodinâmica.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), a partir dos artigos selecionados da literatura.

Em conjunto, os trabalhos apontam que o ensino de Termodinâmica ganha relevância quando conectado a problemas reais, superando a tradição de leis abstratas por meio de modelos acessíveis (Magalhães, 2014), revisão crítica da produção acadêmica (Cardoso; Raupp, 2024), fundamentação em políticas educacionais (Viveiros *et al.*, 2025), análise epistemológica da produção do conhecimento (Duarte, 2016) e aplicação de sequências didáticas contextualizadas (Teixeira *et al.*, 2024).

4.5 Convergências, benefícios e lacunas na produção acadêmica

A análise dos 19 artigos, organizados nos quatro eixos temáticos, permite traçar um panorama do estado do conhecimento sobre o ensino de Termodinâmica, destacando convergências, benefícios pedagógicos e lacunas do conjunto do corpus.

A convergência mais notável em todo o corpus é a crítica recorrente ao ensino tradicional da Termodinâmica: independentemente do foco de cada artigo, predomina o entendimento de que o modelo baseado na transmissão de definições e na resolução de exercícios de aplicação de fórmulas falha em promover compreensão conceitual.

Diante das críticas apontadas, os estudos convergem para um ponto: a contextualização como princípio pedagógico (Moreira, 2011; Cachapuz *et al.*, 2005; Matthews, 1995). O contexto aparece de formas distintas, no Eixo 3, mostrando a ciência como construção histórica; no Eixo 4, ligando a Física a questões socioambientais do presente, mas em ambos os casos o conhecimento científico ganha sentido ao ultrapassar os limites do conteúdo isolado, dialogando com a AS, a HFC e a CTSA.

A análise do corpus, apesar de sua riqueza, revela algumas ausências relevantes. A primeira refere-se à formação de professores: os artigos focam em propostas inovadoras, como HFC, CTSA e experimentos investigativos, mas nenhum trata da preparação docente, inicial ou continuada, para implementar essas abordagens.

Uma segunda ausência relaciona-se à avaliação da aprendizagem: à exceção dos mapas conceituais, os estudos concentram-se mais na proposição de novas metodologias do que na validação de instrumentos de avaliação coerentes com elas, sugerindo a relevância de pesquisas que proponham modelos capazes de capturar a compreensão conceitual (Allchin, 2013; Gil-Pérez *et al.*, 2001).

Uma terceira ausência refere-se à diversidade de público e de contextos educacionais: à exceção do artigo sobre Angola (Afonso; Freitas, 2021), a maioria dos estudos parece pressupor um aluno de Ensino Médio urbano, ausência que pode decorrer também do desenho metodológico da revisão, e não necessariamente configurar uma lacuna da produção acadêmica como um todo.

Ainda assim, é relevante o desenvolvimento de estudos sobre as especificidades do ensino de Termodinâmica para diferentes públicos, como a Educação de Jovens e Adultos (EJA), o ensino técnico-profissionalizante, onde motores e refrigeração são centrais, ou escolas do campo, nas quais a contextualização partiria de outras realidades e saberes.

5. Considerações finais

Retomando o problema de pesquisa que orientou este estudo, a análise dos 19 artigos que compõem este Estado do Conhecimento indica que a produção acadêmica sobre o ensino de Termodinâmica tem buscado ampliar as possibilidades de abordagem dos conceitos para além de práticas centradas exclusivamente na transmissão de definições e na aplicação mecânica de fórmulas. Essa tendência aparece, em diferentes perspectivas, nos eixos temáticos identificados no corpus, evidenciando uma preocupação recorrente com a construção de uma compreensão conceitual mais significativa e contextualizada.

Os trabalhos analisados apontam que estratégias como mapas conceituais, experimentos de baixo custo e o uso crítico de analogias podem contribuir para mediar a abstração presente em determinados conceitos termodinâmicos. Embora as propostas apresentem características e fundamentos distintos, observa-se entre elas a busca por alternativas que aproximem os conteúdos científicos dos conhecimentos prévios, das experiências e dos contextos vivenciados pelos estudantes.

A análise dos livros didáticos evidencia limitações em determinados processos de transposição do conhecimento científico para o contexto escolar, mas também aponta possibilidades de intervenção docente por meio da complementação e problematização dos materiais disponíveis.

De modo semelhante, a incorporação da HFC contribui para apresentar a Termodinâmica como um conhecimento historicamente construído, enquanto a articulação com temas socioambientais, como as mudanças climáticas, aproxima os conceitos termodinâmicos de questões presentes na sociedade e amplia suas possibilidades de contextualização.

Apesar dessas contribuições, o corpus analisado evidencia lacunas que merecem atenção em pesquisas futuras. Entre elas, destacam-se a presença ainda reduzida de estudos voltados à formação inicial e continuada de professores e a menor recorrência de investigações dedicadas à construção e avaliação de instrumentos avaliativos coerentes com propostas que valorizam a compreensão conceitual em lugar da memorização. Também se observa uma participação limitada de estudos desenvolvidos em contextos educacionais específicos, como a Educação de Jovens e Adultos (EJA), o ensino técnico e as escolas do campo.

Essas lacunas devem ser compreendidas considerando os limites do próprio corpus analisado e não como uma representação exaustiva de toda a produção acadêmica sobre o ensino de Termodinâmica. Ainda assim, os resultados permitem apontar possibilidades para novas investigações, especialmente aquelas que articulem formação docente, desenvolvimento de materiais didáticos e elaboração de estratégias de avaliação coerentes com propostas de ensino voltadas à compreensão conceitual.

Nesse sentido, a produção analisada sugere que a renovação do ensino de Termodinâmica passa pela ampliação das formas de abordar os conceitos científicos, estabelecendo relações com aspectos históricos, sociais, tecnológicos e ambientais. Mais do que acrescentar novas estratégias às práticas existentes, os estudos analisados apontam para a necessidade de refletir sobre como os conhecimentos termodinâmicos são selecionados, contextualizados, ensinados e avaliados no espaço escolar.

Afiliações

Marcelo Franco Leão: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Rondonópolis, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil

Referências

AFONSO, Ana Sofia; FREITAS, Daniel A. As narrativas de termodinâmica nos livros didáticos angolanos e a conceptualização dos seus leitores. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 47, e231078, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202147231078>

AIKENHEAD, Glen S. **Educação científica para todos**. Mangualde: Edições Pedagogo, 2009.

- ALLCHIN, Douglas. **Teaching the nature of science: perspectives and resources**. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.
- AULER, Décio. **Alfabetização científico-tecnológica: um novo "paradigma"? Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 1–16, 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/10033>. Acesso em: 20 out. 2025.
- AUSUBEL, David Paul. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BALDOW, Rodrigo; MONTEIRO JÚNIOR, Francisco Nairon. Os livros didáticos de Física e suas omissões e distorções na história do desenvolvimento da Termodinâmica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 3-19, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38013>. Acesso em: 15 dez. 2025.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BATISTELLA, Jefferson; LEÃO, Marcelo Franco. Produção científica sobre objetos digitais de aprendizagem voltados para o ensino de Ciências (2016-2020). **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 3, e21098, 2021. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i3.12902>
- BORGES, Jéssica de Oliveira Andrade; ALVES, Ana Claudia Tasinaffo. Questões Sociocientíficas na prática docente de professores de Química de Confresa-MT. **Revista Cocar**, Belém, v. 17, n. 35, p. 1-19, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/5299>. Acesso em: 10 fev. 2026.
- CACHAPUZ, António et al. (org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- CARDOSO, João Michels; RAUPP, Daniele Trajano. O Ensino de Termodinâmica e as suas relações com questões ambientais: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Prática Docente**, [s. l.], v. 9, p. e24017, 2024. <https://doi.org/10.23926/RPD.2024.v9.e24017.id829>
- CHEVALLARD, Yves. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.
- CRUZ, Núbia Duarte da; DANTAS, Larissa Kely; RIBEIRO, Marcel Thiago Damasceno. O tema sociocientífico sobre agrotóxicos presente nos livros didáticos de Química e Biologia no Ensino Médio: possíveis proposições para o ensino de ciências. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 19, n. 33, e23008, jan./dez. 2023. <https://doi.org/10.59666/Arete.1984-7505.v19.n33.3759>
- DUARTE, Tiago Ribeiro. Mecanismos de homogeneização da atividade científica: o caso da ciência das mudanças climáticas. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 821-843, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sociedade/article/view/6173>. Acesso em: 16 dez. 2025.
- FRANCISCO-JÚNIOR, Wilmo Ernesto. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 121-143, 2009. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212009000100008. Acesso em: 16 mar. 2026.
- FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 79, p. 257-272, ago. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302002000300013>
- FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: Editora UNESP, 1995.
- GIL-PÉREZ, Daniel et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200002>
- HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C. História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 222–237, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/9961>. Acesso em: 15 dez. 2025.
- LATOUR, Bruno. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- LOPES, Alice Casimiro. **Currículo e epistemologia**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.
- MAGALHÃES, Diogo A. Aquecimento global: Uma abordagem para o ensino de física. **Revista Brasileira de**

Ensino de Física, São Paulo, v. 36, n. 4, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400019>

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle C. (org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. xvii-xxx.

MARQUES, Murilo Sodré; SANTANA, Wanisson Silva. O que é entropia? reflexões para o ensino de ciências. **Research**, Society and Development, v. 9, n. 7, e502974344, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4344>

MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995. Tradução de Claudia Mesquita de Andrade. Artigo originalmente publicado em: Science & Education, v. 1, n. 1, p. 11-47, 1992. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>. Acesso em: 15 dez. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2001.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro; GASPAS, Alberto; GERMANO, José Silvério Edmundo. Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 367-378, ago. 2009. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2009v26n2p367>

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NOVAK, Joseph D. Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, Alberto J. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008. Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2010.

OLIVEIRA, Guilherme Cordeiro da Graça de; SANTOS, Paula Macedo Lessa dos; ALMEIDA, Rodrigo dos Santos. Avaliação de conceitos de termodinâmica clássica através de mapas conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 8, n. 4, p. 169-187, 2015. <https://doi.org/10.3895/rbect.v8n4.2009>

PASSOS, Júlio César. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 3603-1-3603-8, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000300013>

REIS, Danielle Aparecida dos; SILVA, Luciano Fernandes; FIGUEIREDO, Newton. As complexidades inerentes ao tema "mudanças climáticas": desafios e perspectivas para o ensino de física. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 535-554, set./dez. 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21172015170301>

REIS, Wellington D.; OLIVEIRA, Alexandre Lopes de; ARAÚJO, Flávia M. B. Concepções de Termodinâmica e experimentação em livros didáticos do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2017. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1418-1.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.

ROCHA, Ricardo Florencio Alves; DICKMAN, Adriana Gomes. Ensinando termodinâmica por meio de experimentos de baixo custo. **Abakós**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 71-93, 2016. <https://doi.org/10.5752/P.2316-9451.2016v4n2p71>

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/301>. Acesso em: 15 dez. 2025.

SANTOS, Zanon Tadeu Saraiva dos. Conteúdo de entropia na Física do ensino médio: análise do material didático e abordagem histórica. **HOLOS**, Natal, v. 3, p. 75-84, 2008. <https://doi.org/10.15628/holos.2008.180>

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Ilha de Racionalidade Interdisciplinar aplicada à construção de uma representação histórica contextual sobre as máquinas térmicas. **Revista Insignare Scientia – RIS**, Brasil, v. 3, n. 2, p. 49-63, 2020a. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11288>

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A construção histórica conceitual da

Termodinâmica para o Ensino Médio. **Revista Insignare Scientia – RIS**, Brasil, v. 3, n. 5, p. 540-559, 2020b. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i5.11526>

SILVA, Priscila do Nascimento; SOUZA, Larissa Oliveira de; SILVA, Flávia Cristiane Vieira da; SIMÕES NETO, José Euzebio. A Transposição Didática do conteúdo Termodinâmica Química. **Revista Insignare Scientia – RIS**, Chapecó, v. 2, n. 4, p. 198-218, 2019. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2019v2i4.10971>

TEIXEIRA, Raffael Frota Souto; SARAIVA, Gilberto Dantas; CASTRO, Antônio Joel Ramiro de. Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente para o ensino de Termodinâmica nas Mudanças Climáticas para alunos do Ensino Médio. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 29, n. 2, e16459, 2024. <https://doi.org/10.63595/ambeduc.v29i2.16459>

VÂNIA, Francisca; RIBEIRO, Giovanni; KAROLINE, Kitéria; SAMPAIO, Wellington; FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da. A Termodinâmica nos Veículos Automotores: o ensino de física voltado para a busca de soluções sustentáveis. **Revista do Professor de Física, Brasília**, Brasil, v. 3, n. 1, p. 85–120, 2019. <https://doi.org/10.26512/rpf.v3i1.23212>

VIVEIROS, Élica; DE OLIVEIRA PINTO, Daniele; CAL, Eyder Caio. Mudanças climáticas: O debate científico e a importância de uma Educação Ambiental Transformadora. **Revista de Direito e Sustentabilidade, Florianópolis**, Brasil, v. 10, n. 2, 2025. <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2024.v10i2.10942>

Informações do artigo

Recebido: 15 de março de 2026.

Aceito: 24 de setembro de 2026.

Publicado: 7 de outubro de 2026.

Como citar esse artigo (ABNT)

FERREIRA, Heydrian Freitas; LEÃO, Marcelo Franco. O ensino de termodinâmica: um estado do conhecimento da produção acadêmica (2005-2025). **Revista Prática Docente**, Confresa/MT, v. 11, e26015, 2026. <https://doi.org/10.23926/RPD.2026.v11.e26015.id1326>

Como citar esse artigo (APA)

Ferreira, H. F. & Leão, M. F. (2026). O ensino de termodinâmica: um estado do conhecimento da produção acadêmica (2005-2025). **Revista Prática Docente**, 11, e26015. <https://doi.org/10.23926/RPD.2026.v11.e26015.id1326>

Editor da Seção

Dr^a. Ana Cláudia Tasinaffo Alves

Editor Chefe

Dr. Thiago Beirigo Lopes