

O ENSINO DO CORPO NEGRO NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Uma Revisão de Literatura na Revista Brasileira no Ensino e Física (2001-2024)

THE TEACHING OF BLACKBODY RADIATION IN BASIC EDUCATION: A Literature Review in The Brazilian Journal of Physics Education (2001–2024)

Uélber de Carvalho Farias [uelbercfarias@gmail.com]

Marcel Bruno Pereira Braga [marcelbraga@ufam.edu.br]

IFAM - Instituto Federal do Amazonas

Rua Ferreira Pena, 1109, Centro, Manaus/AM, CEP: 69025-010

Recebido em: 18/01/2026

Aceito em: 04/09/2026

Resumo

Este trabalho é um estudo documental orientado pela questão investigativa: quais evidências a literatura apresenta sobre as dificuldades conceituais dos estudantes e sobre as abordagens didáticas propostas para o ensino do corpo negro na Educação Básica? A investigação adota uma revisão sistemática de publicações da Revista Brasileira de Ensino de Física no período de 2001 a 2024, com estratégia de busca baseada, de forma isolada e combinada, nos descritores “corpo negro”, alunos, estudantes, dificuldade e compreensão. Após a aplicação de critérios de seleção e a leitura analítica do material, os estudos são organizados em cinco eixos: (1) dificuldades conceituais dos alunos, (2) abordagens didáticas, (3) integração curricular, (4) uso de recursos experimentais e (5) formação docente. A síntese buscada visa apoiar decisões de planejamento e de design educacional para o ensino de Física Moderna e Contemporânea, articulando História e Filosofia da Ciência e práticas investigativas/experimentais como meios de contextualizar a quantização da energia a partir do tema corpo negro, com atenção às demandas reais do currículo e da atuação docente na escola.

Palavras-chave: Mecânica Quântica, História e Filosofia da Ciência, Radiação de Corpo Negro; Revisão de literatura.

Abstract

This documentary study is guided by the following research question: what evidence does the literature provide regarding students' conceptual difficulties and the didactic approaches proposed for teaching blackbody radiation in basic education? The investigation conducts a systematic review of papers published in the *Revista Brasileira de Ensino de Física* from 2001 to 2024, using search strategies based—individually and in combination—on the descriptors “blackbody radiation”, students/pupils, difficulty, and understanding. After applying selection criteria and performing an analytical reading of the material, the studies are organized into five analytical axes: (1) students' conceptual difficulties, (2) didactic approaches, (3) curricular integration, (4) use of experimental resources, and (5) teacher education. The intended synthesis aims to support planning and evidence-informed educational design decisions for teaching Modern and Contemporary Physics, articulating History and Philosophy of Science and investigative/experimental practices as means to contextualize the quantization of energy through the blackbody radiation topic, while considering curricular demands and classroom teaching conditions.

Keywords: Quantum Mechanics; History and Philosophy of Science; Blackbody Radiation; Literature Review.

1. INTRODUÇÃO

A inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Educação Básica permanece um desafio no Brasil, sobretudo quando envolve a transição conceitual entre explicações clássicas e modernas associadas à Mecânica Quântica. Nesse cenário, um dos problemas estruturantes do ensino de Ciências é o do conteúdo — “O que ensinar?” — e ele se articula diretamente ao problema metodológico — “Como ensinar?” — no planejamento de propostas que façam sentido no currículo escolar (Carvalho, 2006). Considera-se que a radiação de corpo negro constitui um recorte oportuno e estratégico para integrar Física Clássica e FMC no Ensino Médio, tanto por seu papel histórico na crise da Física Clássica quanto pela necessidade, ainda recorrente, de ampliar a presença de FMC na escola.

Do ponto de vista histórico-epistemológico, o problema da radiação de corpo negro evidenciou, ao final do século XIX, limites das teorias clássicas e culminou na proposta de quantização da energia por Max Planck em 1900, frequentemente tomada como marco inaugural da teoria quântica (MARTINS, 2006). Nessa direção, o tema permite introduzir princípios quânticos de modo contextualizado e conceitualmente progressivo, explorando o corpo negro como elo epistemológico entre experimentação e teoria e como episódio de ruptura na construção do conhecimento físico.

Conforme explicita Martins: Alguns problemas da física moderna só se resolveram com ruptura de conceitos clássicos, como ocorreu com o estudo da radiação do corpo negro. (MARTINS, 2006, p. 173). Nas últimas décadas, amplia-se também a atenção à História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de Física, especialmente para tratar conteúdos marcados por rupturas conceituais, favorecendo uma visão mais crítica da ciência e de seus processos de construção (MARTINS, 2000). Como destaca o autor: o ensino que incorpora elementos da história e filosofia da ciência favorece uma compreensão crítica e contextualizada dos conceitos, mostrando que a ciência é um processo humano, cheio de conflitos, dúvidas e reconstruções. (MARTINS, 2000, p. 40).

Em convergência com essa perspectiva, a BNCC enfatiza que “a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais” (BRASIL, 2018, p. 549), o que reforça a pertinência de propostas que articulem FMC, HFC e práticas investigativas no âmbito escolar. Além disso, ao discutir o eixo Terra e Universo, o documento destaca que “a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade”, favorecendo a valorização de diferentes modos de conceber o mundo (BRASIL, 2018, p. 328). “a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais” (BRASIL, 2018, p. 549).

“Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários” (BRASIL, 2018, p. 328).

Apesar desse alinhamento teórico e curricular, ainda é necessário compreender com maior clareza quais dificuldades conceituais os estudantes apresentam ao aprender radiação de corpo negro e quais abordagens didáticas têm sido propostas e discutidas na literatura, de modo a fundamentar decisões de design educacional baseado em evidências. A opção pela Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) como fonte de dados justifica-se por seu reconhecimento na área, pelo rigor de avaliação por pares e por sua ampla circulação na comunidade acadêmica,

enquanto o recorte temporal (2001–2024) permite acompanhar mais de duas décadas de produção sobre FMC no Ensino Médio, incluindo propostas histórico-filosóficas e investigativas.

Diante disso, define-se como problema de pesquisa: **Quais as evidências na literatura sobre as dificuldades conceituais dos estudantes e as abordagens didáticas propostas para o ensino do corpo negro na educação básica?**, analisando publicações da RBEF entre 2001 e 2024. O objetivo geral é realizar uma revisão sistemática (RS) dessas publicações, identificando evidências sobre dificuldades e boas práticas de ensino relacionadas à radiação de corpo negro na Educação Básica, de modo a subsidiar o desenho de uma proposta de ensino experimental investigativo fundamentada em HFC. Como objetivos específicos, busca-se: mapear os estudos primários selecionados; catalogar dificuldades e obstáculos de aprendizagem reportados; analisar criticamente intervenções e estratégias didáticas descritas (com destaque para HFC, experimentação e abordagens investigativas); sintetizar padrões, lacunas e elementos promissores para o design de sequências didáticas; e organizar os achados para fundamentar a proposição de uma nova intervenção pedagógica cientificamente embasada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de conceitos com rupturas epistemológicas

A inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de conceitos marcados por rupturas epistemológicas favorece, nos estudantes, uma compreensão mais reflexiva e contextualizada da ciência e da construção do conhecimento físico, especialmente em temas de Física Moderna como a radiação de corpo negro e a quantização da energia.

Martins (2006) destaca que livros didáticos frequentemente apresentam apenas teorias consolidadas, omitindo conflitos e condicionantes históricos, o que pode reforçar uma visão ingênua da ciência; em contrapartida, episódios históricos selecionados evidenciam a ciência como atividade humana, coletiva e sujeita a revisões, contribuindo para a formação do espírito crítico.

Nesse sentido, a HFC permite articular dimensões conceituais, históricas e epistemológicas, explorando o percurso do problema do corpo negro — da formulação clássica e a catástrofe do ultravioleta até a proposta de quantização de Planck — para explicitar o caráter de ruptura envolvido.

Martins (2006) também argumenta que estudantes e professores não são “tábuas rasas” e trazem concepções prévias que, se não forem reconhecidas e trabalhadas, podem coexistir com as explicações escolares e dificultar a aprendizagem significativa; ao aproximar essas dificuldades do desenvolvimento histórico das teorias, a HFC cria condições para a mudança conceitual, mostrando que revisar ideias faz parte da prática científica

Martins destaca que

“o estudo adequado de alguns episódios históricos também permite perceber o processo social, coletivo e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações, o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmitificação do conhecimento científico”. (Martins, 2006, p. 23)

Esse tipo de abordagem é particularmente pertinente quando se trabalha com conceitos que exigem abandono de intuições muito arraigadas, como continuidade da energia ou determinismo clássico.

2.1.1 Física Moderna, HFC e epistemologia no ensino

Peduzzi e Basso (2005), ao analisarem o ensino do átomo de Bohr no nível médio, mostram que a mera inclusão de tópicos de Física Moderna nos livros não garante uma abordagem epistemologicamente consistente. Os autores identificam, na maior parte dos materiais didáticos, uma orientação empirista-indutivista, em que o modelo de Bohr é apresentado como resposta direta a dados experimentais, sem explicitar o papel de programas de pesquisa, de hipóteses teóricas e de decisões metodológicas na construção do conhecimento.

Com base na filosofia da ciência de Lakatos, Peduzzi e Basso (2005) defendem que o átomo de Bohr deve ser compreendido como parte de um programa de pesquisa em desenvolvimento, com um “núcleo duro” e um “cinturão protetor” de hipóteses que vão sendo modificadas diante de anomalias e novos resultados. Essa leitura permite discutir com professores e estudantes que o avanço científico não se reduz a uma sequência linear de observações e “descobertas”, mas envolve elaboração de modelos, reformulações e convivência temporária com inconsistências, o que se afasta claramente da imagem simplificadora frequentemente transmitida em sala de aula.

Embora tratem de Bohr, os resultados de Peduzzi e Basso são generalizáveis para outros tópicos de Física Moderna, inclusive a radiação de corpo negro. No caso do corpo negro, a insistência em apresentar diretamente a fórmula de Planck, sem discutir o fracasso das abordagens clássicas e o significado epistemológico da quantização, tende a reforçar a visão de que teorias surgem como respostas “automáticas” a dados, apagando o caráter problemático e criativo da atividade científica.

2.1.2 Radiação de corpo negro e crise da Física Clássica

A radiação de corpo negro é um caso **paradigmático** de impasse que expôs limites da Física Clássica e desencadeou uma crise conceitual nos fundamentos da teoria. Peduzzi e Basso (2005, p. 545) ressaltam que o contexto teórico-experimental das ideias de Bohr “envolviam os estudos de Planck sobre a radiação do corpo negro”, e que os dados do final do século XIX sobre a distribuição espectral em equilíbrio térmico não eram explicados satisfatoriamente pelas teorias clássicas disponíveis.

Segundo os autores, a busca por uma solução inovadora foi impulsionada pela “aguda contradição” entre a instabilidade radiativa do átomo de Rutherford (pela eletrodinâmica clássica) e a evidência empírica da estabilidade atômico-molecular (Peduzzi & Basso, 2005, p. 548). Nesse cenário, Bohr propõe novas hipóteses sobre emissão e absorção, assumindo descontinuidade energética em transições entre estados “estacionários”.

A quantização de Planck, incorporada por Bohr, representa ruptura epistemológica, explicitada quando Bohr (1913) afirma ter desenvolvido uma teoria baseada nas ideias de Planck para o corpo negro e no modelo de Rutherford (Bohr, apud Peduzzi & Basso, 2005, p. 548). Em sala de aula, tratar o episódio sob perspectiva histórico-epistemológica evidencia que a quantização não foi “truque matemático”, mas resposta a anomalias que exigiram romper com princípios clássicos como a continuidade da energia.

2.1.3 HFC como mediação pedagógica para rupturas conceituais

Quando a radiação de corpo negro é usada só como ponto de partida “técnico”, tende a gerar memorização de fórmulas; ao integrar HFC, o estudante acompanha a transição do clássico ao quântico, entendendo tensões, anomalias e escolhas teóricas.

Isso converge com Martins (2006), ao defender que aprender envolve confronto de concepções, análise de evidências e reconstrução conceitual, em paralelo ao desenvolvimento histórico da ciência. Também dialoga com Peduzzi e Basso (2005), que criticam a visão empirista

no ensino do átomo de Bohr e defendem explicitar questões epistemológicas para evitar uma Física Moderna fragmentada e “desconectada”.

3. METODOLOGIA

3.1 Desenho da pesquisa e revisão sistemática

A metodologia de pesquisa constitui elemento fundamental na estruturação de qualquer investigação científica que busque sintetizar e analisar criticamente o conhecimento acumulado sobre um tema específico. Nesse contexto, a escolha pela realização de uma revisão sistemática de literatura representa uma decisão estratégica fundamental para orientar todo o desenvolvimento investigativo. A revisão de literatura apresenta-se como procedimento essencial nas pesquisas em educação, permitindo aos pesquisadores levantarem o panorama da produção acadêmica sobre o tema antes de propor novas contribuições

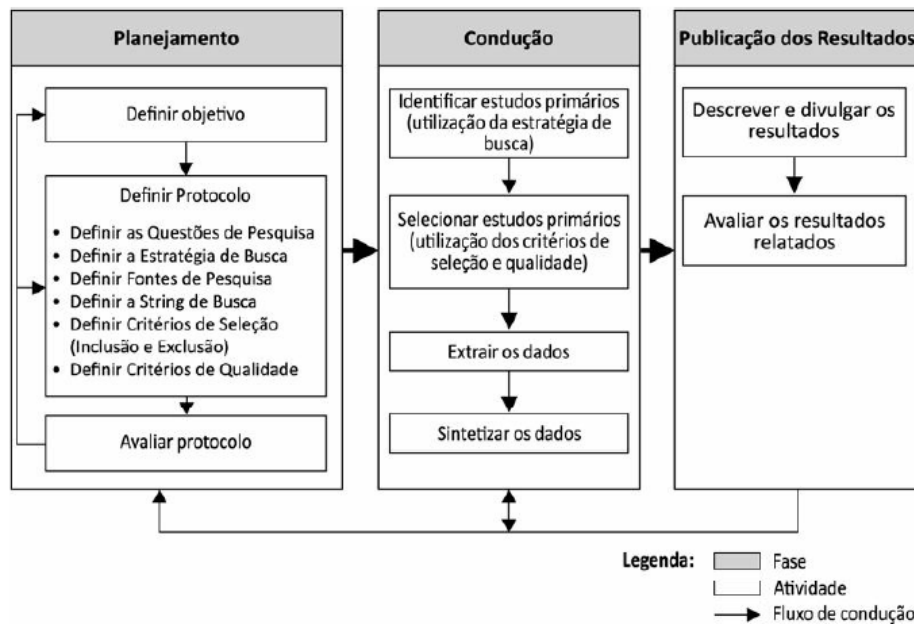
Conforme apresentado na literatura metodológica da pesquisa em educação:

Assim, após a definição do tema e a elaboração inicial do problema, o próximo passo proposto no nosso ciclo da pesquisa é o levantamento do estado da arte, ou seja, aquilo que outros já pesquisaram e publicaram sobre o seu tema. (Mattar, 2021, p. 40)

Este levantamento permite identificar estudos prévios e estabelecer uma base consolidada para a investigação, orientando a construção do conhecimento. Mais importante ainda, este procedimento auxilia o pesquisador a detectar tanto se o problema escolhido já foi resolvido quanto as lacunas existentes na literatura sobre o tema. A revisão de literatura não deve ser realizada de forma superficial ou desorganizada; pelo contrário, demanda uma abordagem metodológica clara e explícita que permita aos leitores compreender como a pesquisa foi conduzida.

Nesta pesquisa, optou-se por uma revisão sistemática de literatura caracterizada como um método sistemático, explícito, abrangente e reproduzível para identificar, avaliar e sintetizar o corpo de trabalhos completos e registrados produzidos por pesquisadores e estudiosos. Esta escolha fundamenta-se na necessidade de demonstrar transparência sobre o método utilizado para a pesquisa bibliográfica, as estratégias de busca empregadas, os critérios de seleção de fontes e as bases de dados consultadas, entre outros aspectos críticos que conforme descrito pela literatura, conferem sistematicidade à revisão.

As diretrizes preestabelecidas a serem adotadas na RS seguem as recomendações de Scannavino et al. (2017) com três fases: Planejamento, Condução e Publicação dos resultados.



Fonte: Scannavino et al. (2017)

Figura 1 - Fases e atividades do processo de RS.

Dentre dessas fases, o processo de RS seguiu as seguintes etapas: (1) definição do problema de pesquisa; (2) definição de um marco conceitual; (3) levantamento de artigos na base de dados da RBEF através de palavras-chave e *string* de busca de forma estratégica; (4) elaboração de critérios de inclusão e exclusão; (5) leitura crítica e codificação dos trabalhos segundo as cinco categorias analíticas previamente estabelecidas; (6) análise qualitativa de conteúdo, buscando identificar padrões, lacunas e elementos promissores; e (7) análise descritiva de frequência, quantificando a incidência de cada categoria nos artigos revisados.

3.2 Abordagem e procedimentos metodológicos adotados

A análise qualitativa de conteúdo fundamentou-se nos princípios metodológicos propostos por Mattar (2021), que enfatizam a necessidade de examinar os dados em profundidade, identificando categorias ou temas emergentes que permitam interpretações significativas para além de simples contagens ou frequências. Essa abordagem possibilita compreender não apenas quantos estudos abordam determinado aspecto, mas como e por que esses aspectos são tratados na literatura, revelando pressupostos epistemológicos, escolhas metodológicas e implicações pedagógicas.

A abordagem metodológica combinou análise qualitativa de conteúdo com análise descritiva de frequências das categorias identificadas. Conforme destacado na literatura especializada:

A análise qualitativa envolve examinar os dados em profundidade, buscando padrões, categorias ou temas que emergem do material, permitindo interpretações mais significativas do que simples contagens ou frequências. (Mattar, 2021, p. 127)

A delimitação temporal de 23 anos (2001-2024) representa um período significativo para compreender a evolução do pensamento pedagógico sobre o ensino de radiação do corpo negro na Educação Básica brasileira. Esta delimitação possibilitou o acesso a publicações que moldaram a área de conhecimento na qual a pesquisa se insere, permitindo identificar como educadores em Física têm historicamente abordado este conceito fundamental, sem descartar artigos clássicos que forneceram a base epistemológica para compreensão da radiação de corpo negro.

3.3 Critérios de seleção dos artigos

A estratégia de busca utilizou os seguintes descritores em português: “corpo negro”, “alunos”, “estudantes”, “dificuldade” e “compreensão”. Estes descritores foram selecionados com base na questão investigativa central da pesquisa: quais as evidências na literatura sobre as dificuldades e boas práticas de ensino que caracterizam os principais fatores de impacto da aprendizagem no ensino do corpo negro na educação básica?

Os critérios de inclusão estabelecidos foram: (i) artigos publicados na RBEF entre 2001 e 2024; (ii) trabalhos que abordassem especificamente o ensino de radiação de corpo negro ou tópicos correlatos na Educação Básica; (iii) estudos que tratassem de dificuldades conceituais, abordagens didáticas, integração curricular, uso de recursos experimentais ou formação docente relacionados ao tema. Os critérios de exclusão compreenderam: (i) artigos que tratassem apenas de Física Moderna ou Contemporânea de forma genérica sem foco específico em corpo negro; (ii) estudos realizados exclusivamente no ensino superior; (iii) publicações que não estivessem disponíveis em texto completo.

O processo de seleção ocorreu em duas etapas. Na primeira etapa, realizou-se a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão preliminares. Na segunda etapa, procedeu-se à leitura completa dos textos selecionados para confirmar sua adequação aos objetivos da pesquisa e extrair as informações relevantes para análise. Todo esse processo foi conduzido de forma manual, com o apoio do Zotero para o gerenciamento e organização das referências e do Microsoft Excel para o registro dos artigos selecionados, aplicação dos critérios e sistematização das informações extraídas.

3.4 Categorias analíticas utilizadas na codificação do material

A codificação e organização dos dados serão estruturadas em cinco categorias analíticas temáticas: dificuldades conceituais dos alunos, abordagens didáticas, integração curricular, uso de recursos experimentais e formação docente. Essas categorias foram elaboradas de forma indutiva, a partir da recorrência de temas identificados na leitura exploratória dos artigos selecionados, sem ancoragem prévia em categorias fechadas.

Categoria 1 – Dificuldades Conceituais dos Alunos:

Esta categoria abrange estudos que identificam dificuldades epistemológicas e concepções alternativas dos alunos sobre a radiação de corpo negro e sua ligação com a Física Quântica. A análise indutiva revelou subcategorias principais de obstáculos.

Subcategorias Principais

- **1.1 Representações gráficas:** Alunos enfrentam problemas na interpretação de gráficos de intensidade versus frequência ou comprimento de onda, distinguindo curvas por temperatura e entendendo o espectro característico, tratando-os de forma algébrica sem conexão física (MACHADO; NARDI, 2006; LIMA; SILVEIRA, 2011).
- **1.2 Relação com Quântica:** Dificuldades em reconhecer o papel do corpo negro na ruptura clássica e na quantização de energia, vendo modelos quânticos como meras correções matemáticas (PEDUZZI; BASSO, 2005; MORAIS; GUERRA, 2013; MOURA, 2024).

Outras Dimensões

- **1.3 Concepções alternativas:** Ideias errôneas como corpo negro ser "escuro" ou só corpos quentes emitirem radiação, e falhas na articulação de emissão, absorção e equilíbrio térmico (LÜS; PENA, 2006; OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007; RICARDO; CUSTÓDIO; REZENDE, 2008).

- **1.4 Linguagem matemática:** Barreiras na interpretação de expressões matemáticas e transições entre qualitativo, gráfico e algébrico, impedindo entendimento integrado (LIMA; SILVEIRA, 2011; KLEINKE, 2016).

Essas dimensões alinham-se a estudos sobre Física Moderna, destacando persistentes problemas conceituais e de representações (MACHADO; NARDI, 2006; LÜS; PENA, 2006).

Categoria 2 – Abordagens Didáticas

Esta categoria abrange estudos que propõem metodologias didáticas, sequências e recursos pedagógicos como modelagens, simulações e experimentos para o ensino de corpo negro na Educação Básica. A análise indutiva identificou subcategorias distintas de estratégias inovadoras.

Subcategorias Principais

- **2.1 História e Filosofia da Ciência:** Utiliza episódios históricos da radiação de corpo negro e Física Quântica para articular conceitos, epistemologia e contexto, destacando limites da física clássica versus moderna:

“Adotou-se a estratégia de evidenciar os limites da física clássica e explicitar suas diferenças em relação à física moderna, com o intuito de favorecer a ligação entre conceitos clássicos familiares aos estudantes e aqueles trazidos pelas teorias atuais.” (MACHADO; NARDI, 2006, p. 2) (MORAIS; GUERRA, 2013; PEDUZZI; BASSO, 2005).

- **2.2 Simulações computacionais:** Explora softwares e ambientes virtuais para representar espectros, variações de temperatura e grandezas, apoiando visualização interativa (MACHADO; NARDI, 2006; SALES et al., 2008).

Estratégias Complementares

- **2.3 Modelagem e resolução de problemas:** Organiza construção de modelos simplificados e problemas qualitativos/quantitativos sobre emissão, quantização e aplicações tecnológicas (SALES et al., 2008; PARANHOS; LOPEZ-RICHARD; PIZANI, 2008).
- **2.4 Abordagens investigativas:** Baseia-se em situações-desafio, hipóteses estudantis e análise de dados reais/simulados para emergir conceitualização (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007; MACHADO; NARDI, 2006).

Categoria 3 – Integração Curricular

Esta categoria agrupa artigos sobre a integração do ensino de radiação de corpo negro ao currículo de Física na Educação Básica, incluindo articulação com outros tópicos e desenvolvimento de competências científicas. A análise indutiva identificou subcategorias específicas de inserção curricular.

Subcategorias Principais

- **3.1 Inserção em Física Moderna:** Discute inclusão de corpo negro com efeito fotoelétrico e modelos atômicos no Ensino Médio, organizando sequências para compatibilizar currículo com ciência contemporânea (LÜS; PENA, 2006; ARAÚJO; RODRIGUES, 2001).
- **3.2 Articulação com tradicionais:** Relaciona corpo negro a termodinâmica, ondas e óptica, promovendo transição gradual entre clássico e quântico para coerência curricular (RICARDO; CUSTÓDIO; REZENDE, 2008; FERREIRA et al., 2021).

Análises Complementares

3.3 Documentos curriculares: Examina orientações oficiais que recomendam Física Moderna na Básica, mas com pouca detalhamento de estratégias e implementação (EDITORIAL, 2003; RICARDO; CUSTÓDIO; REZENDE, 2008).

“As orientações curriculares indicam a importância de incluir tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mas caberá ao professor decidir em que medida e de que forma esses conteúdos serão efetivamente trabalhados em sua prática.” (RICARDO; CUSTÓDIO; REZENDE, 2008, p. 2).

Categoria 4 – Recursos Experimentais

Esta categoria inclui estudos sobre práticas experimentais, laboratórios de baixo custo e tecnologias para ensinar radiação de corpo negro, desde experimentos clássicos até inovações. A análise indutiva identificou subcategorias de abordagens práticas.

Subcategorias Principais

- **4.1 Experimentos de baixo custo:** Propõe materiais simples e adaptações para escolas básicas com infraestrutura limitada, viabilizando fenômenos da radiação de corpo negro (PARANHOS; LOPEZ-RICHARD; PIZANI, 2008; SILVA; LEAL, 2016).
- **4.2 Sensores e tecnologias digitais:** Explora Arduino, sensores e kits para coleta, visualização e análise de dados radiativos, aproximando práticas científicas contemporâneas (SILVEIRA; GIRARDI, 2017; SOARES et al., 2021; MARTÍNEZ; SCIUTTO, 2022).

Categoria 5 – Formação Docente

Esta categoria agrupa pesquisas sobre formação docente para ensino de corpo negro, incluindo concepções, saberes e competências de professores na Educação Básica. A análise indutiva identificou subcategorias de preparação profissional.

Subcategorias Principais

- **5.1 Concepções docentes:** Investiga compreensão de Física Moderna, sentidos da inserção de corpo negro e dificuldades em sala (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007; MOURA, 2024).
- **5.2 Formação inicial:** Analisa licenciaturas em Física, disciplinas, estágios e articulação conceitual-histórica-didática para atuação docente (LIMA; ALMEIDA, 2013; DOMINGUINI, 2012).

Desenvolvimento Adicional

- **5.3 Formação continuada:** Discute cursos, oficinas e programas para preparar professores em tópicos modernos como corpo negro de forma contextualizada (LÜS; PENA, 2006; MOURA, 2024).

Essas subcategorias enfatizam revisão de concepções docentes e fortalecimento de formação inicial/continuada para Física Moderna.

Quadro 1 – Síntese das categorias de análise da revisão sistemática

Categoria	Descrição	Subcategorias
1. Dificuldades conceituais dos alunos	Obstáculos epistemológicos e incompreensões dos alunos sobre conceitos de radiação de corpo negro e Física Quântica.	1.1 Dificuldades com representações gráficas e funcionais; 1.2 Incompreensões sobre a relação entre corpo negro e origem da Física Quântica; 1.3 Concepções alternativas sobre emissão, absorção e equilíbrio radiativo; 1.4 Obstáculos relacionados à linguagem matemática e simbólica.
2. Abordagens didáticas	Estratégias, metodologias e sequências didáticas para o ensino de corpo negro na Educação Básica.	2.1 Sequências didáticas fundamentadas em HFC; 2.2 Uso de simulações computacionais e recursos digitais; 2.3 Propostas baseadas em modelagem e resolução de problemas; 2.4 Abordagens didáticas investigativas.
3. Integração curricular	Articulação do ensino de corpo negro ao currículo de Física da Educação Básica.	3.1 Inserção da radiação de corpo negro em unidades de Física Moderna no Ensino Médio; 3.2 Articulação com conteúdos tradicionais do currículo; 3.3 Discussão em documentos e orientações curriculares.
4. Uso de recursos experimentais	Práticas experimentais, atividades de laboratório, equipamentos de baixo custo e tecnologias para o ensino de corpo negro.	4.1 Experimentos de baixo custo e adaptações de laboratório escolar; 4.2 Uso de sensores, dispositivos eletrônicos e tecnologias digitais (Arduino, kits)
5. Formação docente	Preparação inicial, desenvolvimento profissional e formação continuada de professores para ensinar corpo negro e Física Moderna.	5.1 Concepções e atitudes de professores sobre Física Moderna; 5.2 Formação inicial de professores e inclusão de Física Moderna; 5.3 Formação continuada e desenvolvimento profissional.

A RS do artigo baseia-se em obras metodológicas. Scannavino et al. (2017) orientam as fases de Planejamento, Condução e Publicação, justificando o caráter sistemático, **explícito** e reproduzível. Mattar (2021) sustenta a revisão e a análise qualitativa, com critérios de busca, seleção e categorização, além de padrões e lacunas.

Além dessas obras de metodologia geral, a própria amostra de 27 artigos da RBEF funciona como um “corpus” empírico da RS, no qual se destacam trabalhos que dialogam diretamente com os eixos da revisão, como Dominguini (2012) sobre livros didáticos e Física Moderna, Morais e Guerra (2013) sobre HFC e inserção de temas modernos, e Paranhos et al. (2008) sobre experimentos de baixo custo em Física Moderna. Esses estudos ilustram, dentro da RS, como diferentes pesquisas contribuem para as categorias de dificuldades conceituais, abordagens didáticas, integração curricular, recursos experimentais e formação docente, ao mesmo tempo em que evidenciam a diversidade de enfoques presentes na literatura analisada

4. RESULTADOS

4.1 Apresentação dos principais achados organizados por categoria analítica:

A revisão sistemática na RBEF (2001–2024) identificou 27 artigos sobre ensino de Física Moderna na Educação Básica, organizados em cinco categorias: dificuldades conceituais, abordagens didáticas, integração curricular, recursos experimentais e formação docente. O Quadro 1 sintetiza inserções, destacando recorrências e lacunas.

Embora abordagens didáticas e integração curricular dominem, estudos integrados com HFC, experimentação investigativa e formação docente para radiação de corpo negro são raros.

¹Quadro 2 -Alguns do 27 artigos distribuídos nas cinco categorias de análise.

Título do Artigo	Autor(es)	Ano	AD	DCA	FD	IC	URE
Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio	Silva, J. C.; Leal, C. S.	2016	1	1	1	1	1
Possibilidades e Desafios da Inserção da Computação Quântica no Ensino Médio	Galvão, L. Q. et al.	2024	1	1	0	1	1
Concepções de Dualidade Onda-Partícula: Uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica	Santos, R. P. B.; Greca, I. M.	2020	1	1	0	0	0
Influência do status socioeconômico no desempenho dos estudantes nos itens de física do Enem 2012	Kleinke, M. U.	2017	0	1	0	0	0
Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS	Ferreira, G. K.	2014	1	1	1	1	0
O que se pode aprender com o evento Masterclasses - CERN na perspectiva do ensino de física de partículas	Watanabe, G.	2014	1	0	1	1	1
Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física	Lima, M. C. A.; Almeida, M. J. P. M.	2013	1	1	1	1	0

Os resultados revelam distribuição desigual, com predominância em integração curricular (85,2%) e abordagens didáticas (81,5%) sobre formação docente (44,4%). Dificuldades conceituais (55,6%) incluem dualidade luz, confusão clássica-quântica e quantização energia; recursos experimentais ficam em 48,1%.

Abordagens didáticas (81,5%) usam simulações e HFC, mas faltam integrações sistemáticas; Moura (2024) aborda quântica geral. Integração curricular (85,2%) critica fragmentação de FMC; formação docente é lacuna limitante.

4.2 Análise descritiva de frequência

A análise descritiva de frequência revela padrões significativos na produção acadêmica sobre ensino de radiação de corpo negro e Física Moderna na Educação Básica. Inicialmente, considerou-se a evolução temporal dos 27 artigos publicados na RBEF entre 2001 e 2024, de modo a caracterizar como esse campo de pesquisa se consolidou ao longo de mais de duas décadas.

A Figura 2 mostra que há um número reduzido de publicações entre 2001 e 2012 e um adensamento mais expressivo a partir de 2013, com concentração de artigos nos anos recentes, especialmente entre 2013 e 2024. Esse comportamento indica um interesse crescente da comunidade de pesquisa pelo ensino de Física Moderna na Educação Básica, sugerindo que a problemática da radiação de corpo negro ganha visibilidade progressiva na literatura nacional.

¹ **Legenda:** AD = Abordagens Didáticas; DCA = Dificuldades Conceituais dos Alunos; FD = Formação Docente; IC = Integração Curricular; URE = Uso de Recursos Experimentais. (1 = presente; 0 = ausente).

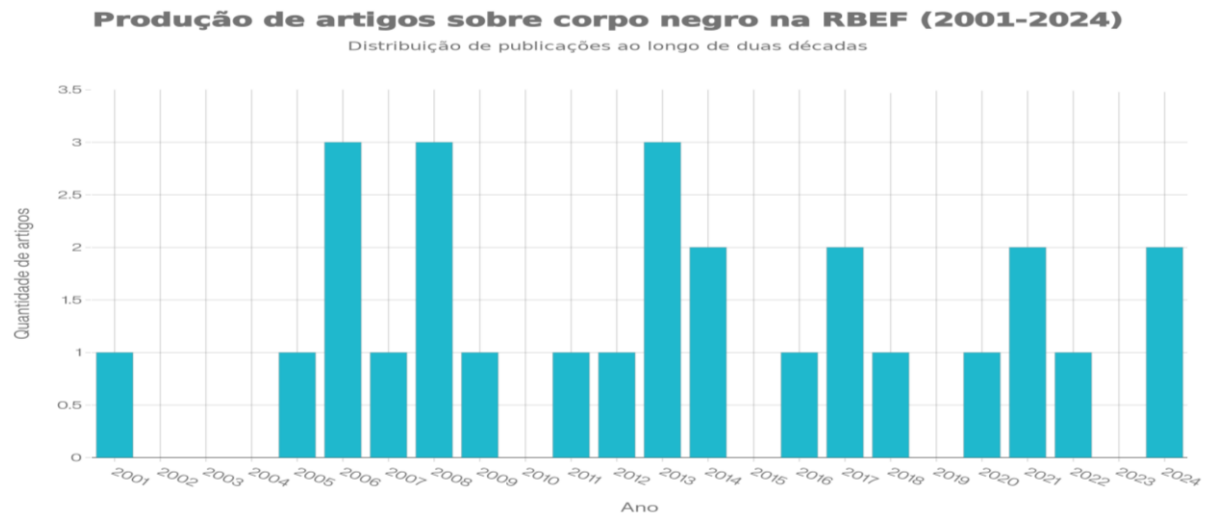


Figura 2 - Análise da Frequência Temporal

A Tabela 1 sintetiza, em seguida, a distribuição dos 27 artigos segundo as cinco categorias analíticas definidas neste estudo, evidenciando a incidência relativa de cada temática na produção mapeada.

Tabela 1. Frequência das categorias temáticas nos artigos revisados

Categoria Temática	Quantidade de Artigos	Percentual de Incidência (%)
Integração curricular	23	85,20%
Abordagens didáticas	22	81,50%
Dificuldades conceituais dos alunos	15	55,60%
Uso de recursos experimentais	13	48,10%
Formação docente	12	44,40%

A distribuição revela hierarquia clara: Integração curricular e Abordagens didáticas são prioridades centrais da pesquisa acadêmica, enquanto Formação docente e Uso de recursos experimentais mostram lacuna significativa.

Observação chave: de 27 artigos, só 2 focam categoria única (integração curricular); maioria (25) abrange múltiplas, confirmando interdependência das questões em Física Moderna.

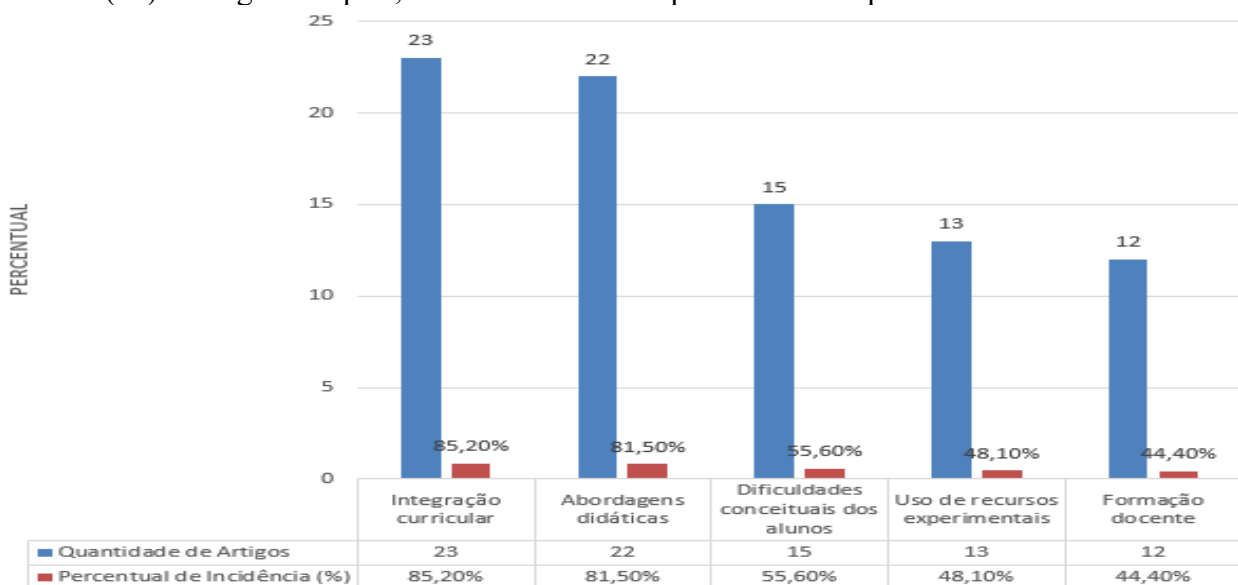


Figura 3 - Distribuição de frequência das categorias temáticas.

A Figura 3 mostra predominância de Integração curricular e Abordagens didáticas na literatura sobre radiação de corpo negro, priorizando intervenções curriculares e metodológicas em Física Moderna. Formação docente e recursos experimentais têm menor incidência, subexplorando preparação docente e experimentação na Educação Básica. Dificuldades conceituais ocupam posição intermediária, reconhecidas mas não centrais nas investigações.

Com base na revisão sistemática (2001–2024), sintetizou-se um conjunto mínimo de evidências consideradas mais recorrentes e relevantes para orientar o desenho de uma intervenção didática sobre radiação do corpo negro. O quadro a seguir reúne, de forma condensada, as boas práticas, os principais desafios/dificuldades reportados e a implicação direta de cada evidência para o planejamento da sequência de ensino, servindo como referência para as decisões apresentadas na subseção seguinte.

Quadro 3 – Síntese de evidências para subsidiar a intervenção sobre radiação do corpo negro.

Evidências essenciais	Desafios/dificuldades centrais	Implicação mínima para a intervenção
Forte ênfase na integração curricular (85,2%) e em abordagens didáticas (81,5%).	Hiato entre recomendação curricular e implementação real nas escolas.	Planejar sequência curta e progressiva: clássico → crise (ultravioleta) → quantização, sem “tópico solto”.
HFC é defendida para dar sentido à ruptura clássica-quântica (corpo negro como episódio-chave).	Alunos tendem a memorizar resultados sem entender a necessidade da quantização.	Organizar o ensino por “problema histórico”: por que o clássico falha e o que muda com Planck.
Dificuldades conceituais aparecem em 55,6% (especialmente leitura de gráficos, relação corpo negro-quântica, concepções alternativas e linguagem matemática).	Interpretação frágil de gráficos (intensidade $\times$ frequência/ λ), confusões sobre emissão/absorção/equilíbrio e sobre “corpo negro”.	Incluir 2–3 itens de diagnóstico e atividades explícitas de letramento gráfico + confronto de concepções.
Recursos experimentais em 48,1% (baixo custo e/ou sensores/Arduino).	Metade das propostas ainda sem vivência empírica; infraestrutura limita aplicação.	Garantir 1 atividade prática viável (baixo custo ou sensor) + apoio de simulação para visualizar o espectro.
Formação docente é a menor incidência (44,4%).	Lacunas de formação em FMC dificultam a adoção de propostas inovadoras.	Produzir material de apoio ao professor (roteiro, objetivos, respostas esperadas e mediações).

5. DISCUSSÃO

5.1 Análise crítica dos resultados à luz do referencial teórico

A discussão integrada indica que a produção brasileira sobre o ensino de radiação de corpo negro na Educação Básica (27 artigos na RBEF, 2001–2024) se organiza de modo desigual: predominam estudos voltados à integração curricular (85,2%) e às abordagens didáticas (81,5%), enquanto as dificuldades conceituais dos alunos aparecem em nível intermediário (55,6%) e os eixos “uso de recursos experimentais” (48,1%) e “formação docente” (44,4%) permanecem menos explorados. Esse padrão sugere um movimento da literatura em direção a soluções e propostas de implementação (sequências, metodologias, inserção no currículo), mas com risco de fragilizar a efetividade pedagógica quando o diagnóstico das concepções dos estudantes não é aprofundado e quando faltam avaliações mais robustas de aprendizagem.

À luz do referencial do próprio artigo, essa assimetria reforça a necessidade de uma abordagem histórico-filosófica (HFC) como mediação para rupturas epistemológicas: o corpo negro não deveria entrar apenas como “fórmula de Planck”, mas como episódio de crise e reconstrução conceitual que torna visível a passagem do clássico ao quântico, favorecendo a compreensão crítica e a mudança conceitual. Ao mesmo tempo, a menor incidência de trabalhos sobre formação docente aponta um gargalo para a implementação em escala, pois propostas metodológicas exigem professores com repertório conceitual e didático para lidar com obstáculos recorrentes (representações gráficas, linguagem matemática, articulação entre modelos e sentido da quantização), além de condições reais de trabalho nas escolas.

Por fim, a diversidade de estratégias identificadas (HFC, simulações, modelagem, atividades investigativas e experimentos de baixo custo/tecnologias) revela criatividade e acúmulo, mas ainda com baixa cumulatividade entre estudos, o que dificulta comparar abordagens e consolidar evidências mais fortes sobre efetividade. Nesse sentido, a revisão sustenta a demanda por prototeorias de ensino mais integradas, que articulem princípios, estratégias e evidências específicas para o ensino do corpo negro, incluindo experimentação investigativa viável e formas de avaliação mais consistentes.

5.2 Evidenciação de lacunas científicas

A análise sistemática da literatura revela lacunas estruturais que limitam o avanço no ensino de Física Moderna, especialmente radiação de corpo negro na Educação Básica, comprometendo práticas educacionais coerentes.

Lacuna 1: Diagnóstico insuficiente de dificuldades conceituais. Apesar de 55,6% dos artigos tratarem obstáculos, descrições são genéricas, sem raízes epistemológicas profundas da resistência à quantização ou ligação com dualidade onda-partícula. Peduzzi e Basso (2005) enfatizam reestruturação conceitual necessária, mas faltam estudos etnográficos, longitudinais ou fenomenológicos para guiar didáticas eficazes.

Lacuna 2: Falta de estudos comparativos sobre abordagens. Com 81,5% propondo estratégias, inexistem meta-análises ou experimentos rigorosos comparando simulações, experimentos ou fontes primárias, com grupos controle ou retenção longa. Métricas limitam-se a satisfação qualitativa, impedindo evidências causais.

Lacuna 3: Pouca articulação com formação docente. Apenas 44,4% abordam isso; faltam investigações sobre capacitação contínua para HFC em Física Moderna. Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) notam lacunas na graduação, mas ignoram condições reais como carga horária e recursos em escolas públicas.

Lacuna 4: Sem prototeorias integradas. Apesar de 81,5% com didáticas e 85,2% curriculares, não há síntese coesa de princípios, estratégias e evidências específicas para corpo negro. Moura (2024) avança em módulos quânticos gerais, mas falta foco temático.

Lacuna 5: Desatenção socioculturais. Kleinke (2016) liga status socioeconômico a desempenho, mas poucos analisam equidade, contextos vulneráveis ou impacto em experimentos de baixo custo (Silva & Leal, 2016), negligenciando justiça educacional.

Lacuna 6: Integração HFC-experimental fraca. Com HFC crescente e 48,1% experimentais, faltam estudos unindo vivência prática ao conflito histórico Rayleigh-Jeans-Planck para investigação investigativa.

5.4 Identificação de elementos promissores encontrados na literatura

Um dos problemas centrais no ensino de Ciências é definir o conteúdo a ensinar (Carvalho, 2006). A radiação de corpo negro surge como recorte estratégico para integrar física clássica e FMC

no ensino médio, dada a escassez de sua inserção, enquanto o critério metodológico prioriza a História e Filosofia da Ciência (HFC) com experimentação investigativa, apoiada em evidências empíricas da literatura para design pedagógico.

A inserção de FMC na educação básica brasileira enfrenta desafios na Mecânica Quântica e transição paradigmática, com o corpo negro destacando-se historicamente por expor limites da Física Clássica no século XIX, culminando na quantização de energia por Max Planck em 1900 – marco quântico. Alguns problemas modernos exigiram ruptura conceitual clássica, como ocorreu com o estudo da radiação do corpo negro (Martins, 2006, p. 173).

O corpo negro, modelo idealizado que absorve toda radiação incidente e emite térmica característica, exemplifica interação histórica entre experimentação e teoria, produzindo crise conceitual que reformulou princípios fundamentais, atuando como elo epistemológico entre clássico e moderno.

Nas últimas décadas, a HFC ganha relevância para rupturas conceituais, retratando ciência como processo humano de conflitos e reconstruções. A BNCC reforça isso: *“a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais”* (BRASIL, 2018, p. 549), exemplificada em Terra e Universo: *“a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade”* (BRASIL, 2018, p. 328), EF07CI01 (história de máquinas térmicas) e competência 2 (p. 556, História do Universo).

Indiscutível a necessidade de HFC, o foco recorta ensino do corpo negro na FMC e evidências literárias para sequências baseadas em design educacional. Questão central: como projetar sequência eficiente? Complementares investigam caminhos promissores, intervenções efetivas, dificuldades e impactos. Problema: evidências sobre dificuldades conceituais e abordagens didáticas no corpo negro básico, via RBEF (2001-2024), com questionamentos sobre caracterização, metodologias, fundamentos e desafios de HFC/experimentação.

Literatura brasileira diagnostica mas falta prototeorias – articulação de princípios, estratégias e evidências para prática específica –, limitando replicabilidade. Objetivo geral: RS em RBEF (2001-2024) para analisar dificuldades e práticas no corpo negro, fundamentando design HFC investigativo. Específicos mapeiam produções, catalogam obstáculos, analisam intervenções, sintetizam padrões/lacunas e subsidiam nova proposta; RBEF é fonte ideal por rigor e abrangência temporal.

6. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), no período de 2001 a 2024, para identificar e analisar criticamente evidências sobre dificuldades e boas práticas de ensino relacionadas ao corpo negro na Educação Básica, subsidiando o desenho de uma proposta de ensino experimental investigativo fundamentada em História e Filosofia da Ciência (HFC). A pergunta central — “Quais as evidências na literatura sobre as dificuldades conceituais dos estudantes e as abordagens didáticas propostas para o ensino do corpo negro na Educação Básica?” — orientou o percurso analítico e delimitou o problema a partir dos padrões observados nos 27 artigos selecionados.

A análise de frequência revelou distribuição assimétrica entre as categorias: integração curricular (23 artigos; 85,2%) e abordagens didáticas (22 artigos; 81,5%) concentram a maior parte da produção, enquanto dificuldades conceituais dos alunos (15 artigos; 55,6%), uso de recursos experimentais (13 artigos; 48,1%) e formação docente (12 artigos; 44,4%) aparecem com menor incidência. Esse padrão sugere prioridade em propostas curriculares e metodológicas, mas menor ancoragem em diagnósticos sistemáticos das concepções dos estudantes, em experimentação estruturada e em iniciativas robustas de formação de professores.

Quanto às dificuldades, o mapeamento indica obstáculos recorrentes em quatro frentes: interpretação de representações gráficas e funcionais da radiação de corpo negro; compreensão do papel histórico do problema do corpo negro na gênese da Física Quântica; concepções alternativas sobre emissão, absorção e equilíbrio radiativo; e barreiras associadas à linguagem matemática e simbólica. Essas dificuldades comprometem a articulação entre modelos clássicos e quânticos e limitam a compreensão da quantização da energia como ruptura epistemológica.

Apesar das lacunas, emergem elementos de design didático promissores, como sequências apoiadas em HFC (catástrofe do ultravioleta e proposta de Planck), simulações computacionais/objetos digitais para explorar espectros, experimentos investigativos de baixo custo e kits com tecnologias contemporâneas (sensores e Arduino), além de propostas que articulam o corpo negro a fenômenos observáveis e a outras temáticas de Física Moderna. Os achados também apontam fragilidade na articulação entre diagnósticos das concepções estudantis, estudos de efetividade com evidências empíricas robustas e formação inicial/continuada, o que dificulta a transposição para a sala de aula. Nesse sentido, a revisão sinaliza a necessidade de prototeorias de ensino que integrem fundamentação histórico-epistemológica, experimentação investigativa viável, sequências alinhadas às dificuldades mapeadas e avaliação coerente, reconhecendo as limitações do recorte adotado.

REFERÊNCIAS

Araújo, W. S. de, & Rodrigues, C. G. (2001). Comparação entre as ementas de um curso de mecânica quântica e Física Moderna. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23(3), 360–365. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172001000300014>

BRASIL. (2018). Base Nacional Comum - BNCC (EI e EF). Mec, 600. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Carvalho, A. de. (2006). Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências. In A. de (org.) Carvalho (Ed.), *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática* (pp. 1–17). Pioneira Thomson Learning <https://www.google.com/books?hl=pt-PT&lr=&id=VI4DGUzL0j0C&oi=fnd&pg=PA2&dq=ensino+de+ciências+unindo+a+pesquisa+e+a+prática&ots=ib6o65t4So&sig=WCV8UaOeWNNRdmLGWbpbjsj21lv0>

Costa, S. S. C., & Moreira, M. A. (2006). Atualização da pesquisa em resolução de problemas: Informações relevantes para o ensino de Física. In M. A. Moreira et al. (Orgs.), *I Encontro Estadual de Ensino de Física – RS, Porto Alegre: 2005. Atas...* (pp. 153–167). Porto Alegre: Instituto de Física.

Dominguini, L. (2012). Física moderna no Ensino Médio: Com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(2), 2502. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172012000200013>

EDITORIAL. (2003, fevereiro). *Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Chamada de artigos*. SciELO Brasil. Acesso em 15 dez. 2025, de <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Ctb5GxYXPXgQJj4Q9j8qhkc/?lang=pt>

Galvão, L. Q., Rosa, S. E. da, & Cruz, C. (2024). Possibilidades e desafios da inserção da computação quântica no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, e20240213. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0213>

- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106–121.
- Instituto de Física Teórica – Universidade Estadual Paulista. (2024). A quantização da energia. *Especial Quântica*. Acesso em 15 dez. 2025, de <https://outreach.ictp-saifr.org/quantica-a-quantizacao-da-energia/>
- Kleinke, M. U. (2016). Influência do status socioeconômico no desempenho dos estudantes nos itens de física do Enem 2012. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(2), 2402. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0081>
- Lima, M. C. A., & Almeida, M. J. P. M. de. (2013). Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(4), 4401. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172012000400019>
- Lima, N., Cavalcanti, C., & Ostermann, F. (2020). Concepções de dualidade onda-partícula: Uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20200270. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0270>
- Lima, N. W., Moraes, A. G. de, & Monteiro, A. V. G. (2021). "Cântico dos cânticos, quântico dos quânticos": As relações dialógicas entre artes, ciências contemporâneas e saúde no álbum *Quanta*, de Gilberto Gil. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 28, 187–209. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702021000100010>
- Martínez, Y. A. G., & Sciutto, S. J. (2022). El papel de la actividad experimental en el desarrollo de tópicos de física contemporánea: Estrategia de aula para la comprensión del fenómeno de la superconductividad. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20210247. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0247>
- Martins, R. A. (2006). A importância da história da ciência para o ensino de ciências: A crise da Física Clássica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 169–193.
- Martins, R. A. (2006). Introdução à história das ciências e seus usos na educação. In R. A. Martins et al. (Orgs.), *Estudos de história e filosofia das ciências* (pp. xxii–xxxii). São Paulo: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul.
- Mattar, J., & Ramos, D. K. (2021). *Metodologia da pesquisa em educação: Abordagens qualitativas, quantitativas e mistas*. São Paulo: Edições 70.
- McDermott, L. C. (2000). Bridging the gap between teaching and learning: The role of physics education research in the preparation of teachers and majors. *Investigações em Ensino de Ciências*. Acesso em 10 jun. 2006, de http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n3/v5_n3_a1.htm
- Moura, V. P. S. (2024). *Física quântica no Ensino Médio: Reflexão sobre artigos publicados e o potencial para formação de professores* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia]. <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.447>
- Oliveira, F. F. de, Vianna, D. M., & Gerbassi, R. S. (2007). Física moderna no Ensino Médio: O que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(3), 447–454. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000300016>
- Peduzzi, L. O. Q., & Basso, A. C. (2005). Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(4), 545–557. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172005000400006>

- Revell, A. (2021). O corpo negro. *Revista de Ciência Elementar*. Acesso em 15 dez. 2025, de <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2021/027/>
- Ricardo, E. C., Custódio, J. F., & Rezende, M. F. (2008). Comentários sobre as Orientações Curriculares de 2006 para o ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(2), 2401.1–2401.6. <https://doi.org/10.1590/S0102-47442008000200010>
- Rodrigues, C. M., Sauerwein, I. P. S., & Sauerwein, R. A. (2014). Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(1), 1401. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100016>
- Scannavino, K. R. F., Nakagawa, E. Y., Fabbri, S. C. P. F., & Ferrari, F. C. (2017). Revisão sistemática da literatura em engenharia de software: teoria e prática (Vol. 1). Elsevier,.
- Silva, J. C. X., & Leal, C. E. S. (2016). Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(1), 1401. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>
- Universidade Federal de Minas Gerais. (2023). O nascimento da Física Quântica. *Espaço do Conhecimento*. Acesso em 15 dez. 2025, de <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/blog-espaco/o-nascimento-da-fisica-quantica/>
- Watanabe, G., Gurgel, I., & Munhoz, M. G. (2014). O que se pode aprender com o evento Masterclasses – CERN na perspectiva do ensino de física de partículas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36, 1–10. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100021>