INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

CÁSSIA MONTIL VIEIRA DO NASCIMENTO GREGÓRIO

CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE TERMOLOGIA PARA O ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

JATAÍ
2026

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

[ ] Tese	[ ] Artigo Científico
[x] Dissertação	[ ] Capítulo de Livro
[ ] Monografia – Especialização	[ ] Livro
[ ] TCC - Graduação	[ ] Trabalho Apresentado em Evento

[ ] Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório
Matrícula: 20241020280059
Título do Trabalho: CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE TERMOLOGIA PARA O ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

Autorização - Marque uma das opções

) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);

1. ( ) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ___/___/_____ (Embargo);
2. ( ) Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

( ) O documento está sujeito a registro de patente.
( ) O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
( ) Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Rio Verde, 07/10/2026.
Local Data

_____
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

CÁSSIA MONTIL VIEIRA DO NASCIMENTO GREGÓRIO

CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE TERMOLOGIA PARA O ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Educação para Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática
Linha de pesquisa: Ensino, Aprendizagem e Formação Docente em Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza

JATAÍ
2026

Autorizo, para fins de estudo e de pesquisa, a reprodução e a divulgação total ou parcial desta dissertação, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Gregório, Cássia Montil Vieira do Nascimento.
Contribuições de atividades investigativas sobre termologia para o engajamento disciplinar produtivo de estudantes do ensino médio [manuscrito] / Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório. - 2026.
cxlii; 142 f.; il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza.
Dissertação (Mestrado) - IFG - Câmpus Jataí, Programa de Pós - Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2026.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Ensino de Física. 2. Ensino por Investigação. 3. Engajamento Disciplinar Produtivo. 4. Transferência de Calor. I. Souza, Paulo Henrique de. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Rosy Cristina Oliveira Barbosa Sabino – CRB 1/2380 – Câmpus Jataí. Cód. F067/2026-2.

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa da Dissertação intitulada **CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE TERMOLOGIA PARA O ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO**, sob orientação de Paulo Henrique de Souza , apresentada pela aluna **Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório (20241020280059)** do Curso **Mestrado Profissional em Educação para Ciências e Matemática (Câmpus Jataí)**. Os trabalhos foram iniciados às **14:00** do dia **02/07/2026** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Paulo Henrique de Souza** (Presidente)
- **Ruberley Rodrigues de Souza** (Examinador Interno)
- **Plauto Simão de Carvalho** (Examinador Externo)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da Dissertação, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pela aluna, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[X] Aprovado [ ] Reprovado Nota :

Observação / Apreciações:

Produto Educacional vinculado à dissertação - Ensino de Física pela Investigação: Termologia no Ensino Médio

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Paulo Henrique de Souza** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Paulo Henrique de Souza**, em **02/07/2026 17:21:24** com chave **990d2d06765311f1ab18005056a537a4**.
- **Ruberley Rodrigues de Souza**, em **02/07/2026 17:26:28** com chave **4dedd978765411f1982c005056a537a4**.
- **Plauto Simão de Carvalho**, em **02/07/2026 17:22:52** com chave **cd2b35e2765311f190c5005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 02/07/2026

Código de Autenticação: be4a4b

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me sustentado nos momentos mais difíceis, me dado força quando pensei em desistir e iluminado meus passos em cada etapa deste processo.

Aos meus pais, Leonilda Vieira do Nascimento e José Pereira do Nascimento (in memoriam), minha eterna gratidão. À minha mãe, exemplo de força e dedicação, obrigada por todo amor e incentivo incondicional. Ao meu pai, que mesmo ausente fisicamente, permaneceu presente em meus pensamentos como inspiração de coragem e dignidade.

Aos meus filhos, Victor Nascimento Gregório e Vinicius Nascimento Gregório, meu amor maior, que me motivaram todos os dias a seguir em frente. Obrigada por compreenderem minha ausência em alguns momentos e por serem fonte constante de alegria e orgulho.

Ao meu marido, Enildo de Abreu Gregório, agradeço por sua paciência, compreensão, incentivo e por caminhar ao meu lado em todos os momentos, sendo meu alicerce e meu porto seguro.

Aos meus amigos e amigas, tanto os do convívio pessoal quanto os que fiz durante o mestrado, agradeço pelas palavras de apoio, pelas trocas de experiências e pelas conversas que aliviaram a caminhada.

Aos membros da banca, professores Ruberley Rodrigues de Souza e Plauto Simão de Carvalho, por todas as contribuições realizadas para melhoria do trabalho e para minha formação acadêmica. Ao professor Paulo Henrique de Souza, meu orientador, sou profundamente grata pela orientação segura, pelas sugestões valiosas e pela confiança no meu trabalho. Sua dedicação e disponibilidade foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos e todas que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho se concretizasse, meu sincero agradecimento.

RESUMO

GREGÓRIO, Cássia Montil Vieira do Nascimento. **Contribuições de atividades investigativas sobre termologia para o engajamento disciplinar produtivo de estudantes do ensino médio**. 2026. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2026.

Esta dissertação analisa o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) e o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) no ensino de Física, com foco na propagação de calor. O estudo busca compreender como práticas investigativas favorecem o envolvimento dos estudantes e contribuem para a construção de conhecimentos científicos. O referencial teórico aborda os fundamentos do EnCI e do EDP, destacando sua importância para o desenvolvimento da autonomia. A transferência de calor é tratada como eixo conceitual, explorando os processos de radiação, convecção e condução térmica em atividades que articulam teoria e experimentação. A pesquisa, de abordagem qualitativa e caráter interventivo, foi desenvolvida em uma escola pública de Rio Verde, Goiás. A coleta de dados incluiu observações, registros e produções dos alunos, analisados segundo os indicadores da EDP. O produto educacional consiste em uma Sequência de Ensino Investigativa estruturada em etapas que promovem a problematização, o teste de hipóteses e a sistematização dos conceitos. Os resultados evidenciam que o EnCI potencializa o engajamento disciplinar produtivo, favorecendo a argumentação científica, o trabalho colaborativo e a compreensão dos fenômenos térmicos. O produto educacional, fundamentado na abordagem do EnCI, foi validado em situação real de ensino, sendo aplicado em uma turma de ensino médio com 32 estudantes, além de impactar indiretamente professores e a comunidade escolar. A implementação da proposta possibilitou a vivência de práticas investigativas na sala de aula. O impacto social do produto evidencia-se ao promover indícios de engajamento disciplinar produtivo, inclusivo e contextualizado, contribuindo para a formação de cidadãos mais críticos e capazes de compreender e intervir de forma responsável em questões relacionadas à ciência e ao cotidiano. A validação em contexto escolar demonstra a viabilidade da proposta e seu potencial para subsidiar práticas pedagógicas e contribuir para a melhoria da qualidade do ensino.

Palavras-chave: Ensino de Física; Ensino por Investigação; Engajamento Disciplinar Produtivo; Transferência de Calor.

ABSTRACT

GREGÓRIO, Cássia Montil Vieira do Nascimento. **Contribuições de atividades investigativas sobre termologia para o engajamento disciplinar produtivo de estudantes do ensino médio**. 2026. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2026.

This dissertation analyzes Inquiry-Based Teaching (IBT) and Productive Disciplinary Engagement (PDE) in Physics education, with a focus on heat propagation. The study aims to understand how investigative practices foster student involvement and contribute to the construction of scientific knowledge. The theoretical framework discusses the foundations of Inquiry-Based Teaching (IBT) and Productive Disciplinary Engagement (PDE), highlighting their importance for the development of autonomy. Heat propagation is approached as a conceptual axis, exploring the processes of radiation, convection, and thermal conduction through activities that articulate theory and experimentation. The research, based on a qualitative approach and characterized as an intervention study, was conducted in a public school in Rio Verde, Goiás. Data collection included observations, records, and students' productions, analyzed according to PDE indicators. The educational consists of an Investigative Sequence structured in stages that promote problematization, hypothesis testing, and systematization of concepts. The results show that Inquiry-Based Teaching enhances productive disciplinary engagement, fostering scientific argumentation, collaborative work, and autonomous understanding of thermal phenomena. The educational product, grounded in the Inquiry-Based Teaching approach, was validated in a real classroom setting through its implementation in a basic education class, directly 32 students while also indirectly impacting teachers and the school community. The implementation of the proposal enabled students to engage in inquiry-based learning practices.The product's social impact is evidenced by its promotion of inclusive and contextualized learning, contributing to the development of more critical citizens who are better able to understand and responsibly engage with scientific issues and everyday situations. Its validation in a school context demonstrates the feasibility of the proposal and its potential to support pedagogical practices and contribute to improving the quality of education.

Keywords: Physics Education; Inquiry-Based Teaching; Productive Disciplinary Engagement; Heat Propagation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Condução térmica em cilindro metálico submetido ao aquecimento por chama de vela 36
Figura 2 – Formação de correntes de convecção em recipiente aquecido por chama, evidenciando o movimento do fluido decorrente das diferenças de temperatura 38
Figura 3 – Esquema ilustrativo da transferência de calor por radiação, evidenciando a propagação da energia térmica emitida pelo Sol em direção à Terra 39
Figura 4 – Transferência de calor por radiação em materiais com diferentes cores e propriedades superficiais 59
Figura 5 – Conjunto de materiais empregados na realização da atividade experimental sobre convecção térmica 61
Figura 6 Problemas e ajustes na construção da espiral para testes e realização do experimento 62
Figura 7 – Compreensão conceitual da convecção pelos estudantes durante a discussão sobre a resolução da situação-problema 63
Figura 8 – Atividade experimental: estudantes testando as hipóteses e posicionando a espiral 64
Figura 9 – Desenvolvimento da atividade experimental pelos estudantes, com a execução bem-sucedida do experimento proposto 64
Figura 10 – Materiais utilizados na atividade experimental sobre condução térmica 65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Indicadores para análise dos tipos de engajamento (E, ED e EDP) 32
Quadro 2 - Elementos do EnCI contemplados nas atividades desenvolvidas 47
Quadro 3 – Instrumentos de construção dos dados e evidências utilizados na análise das atividades investigativas 49
Quadro 4 – Encontros realizados durante a aplicação das atividades investigativas 50
Quadro 5 – Episódio 1 – atividade investigativa: radiação de calor 75
Quadro 6 – Episódio 2 – atividade investigativa: convecção térmica 80
Quadro 7 – Episódio 3 – atividade investigativa: condução térmica 85

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E O ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO NO ENSINO DE FÍSICA 20

2.1. A BNCC e o Documento Curricular para Goiás: diretrizes para o ensino de Ciências e Física 25

2.2. Engajamento disciplinar produtivo: conceitos e fundamentação teórica 28

2.2.1. Indicadores de engajamento disciplinar produtivo em práticas investigativas no ensino de física 30

2.3. Ensino de Física: o conteúdo de transferência de calor no ensino médio 344

2.3.1. Processo de transferência de calor: condução térmica 36

2.3.2. Processo de transferência de calor: convecção térmica 37

2.3.3. Processo de transferência de calor: radiação térmica 389

3. PERCURSO METODOLÓGICO E VALIDAÇÃO DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS 41

3.1. Contexto do estudo e instrumentos de coleta de dados 43

3.2. Caracterizando a escola 45

3.3. Perfil dos sujeitos da pesquisa 456

3.4. Dinâmica de interação com os participantes 47

3.5. Produto educacional – Ensino de Física pela investigação: termologia no ensino médio 50

3.5.1. Demonstração investigativa: radiação térmica 57

3.5.2. Atividade experimental: convecção térmica 61

3.5.3. Atividade experimental: condução térmica 65

4. INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM EM TERMOLOGIA: TRANSFERÊNCIA DE CALOR 70

4.1. Análise do primeiro encontro: radiação térmica 73

4.2. Análise do segundo encontro: convecção térmica 78

4.3. Análise do terceiro encontro: condução térmica 84

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 90

REFERÊNCIAS 93

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL: ENSINO DE FÍSICA PELA INVESTIGAÇÃO: TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO 96

ANEXO A – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) 97

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) . 134
ANEXO C – DECLARAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E INFRAESTRUTURA 137

MINHA TRAJETÓRIA ACADÊMICA E PROFISSIONAL: CAMINHOS, DESAFIOS E CONQUISTAS

Minha trajetória acadêmica e profissional é marcada por desafios, superações e pela constante busca por conhecimento, sempre orientada pela convicção de que a educação é capaz de transformar vidas. Nasci em uma família simples, composta por meus pais e três irmãos, em um contexto de muitas dificuldades financeiras. Meus pais, semianalfabetos, não tiveram acesso à escolarização, mas sempre reconheceram o valor da educação como caminho para um futuro melhor. Em nossa casa, além das limitações materiais, havia também a responsabilidade de conviver e cuidar de um irmão com necessidades especiais, o que exigia de todos nós sensibilidade, união e maturidade desde muito cedo.

Iniciei minha vida escolar na idade adequada, porém enfrentei inúmeros obstáculos, especialmente pela falta de condições financeiras para aquisição de materiais escolares básicos. Recordo-me que, muitas vezes, dependia da solidariedade de outras pessoas para dar continuidade aos estudos. Um dos momentos mais marcantes dessa fase foi quando minha madrinha, que também era minha professora, presenteou-me com minha primeira cartilha de alfabetização, fato que desde a minha infância me marcou muito.

Ao concluir o ensino básico, cursei o curso técnico em Contabilidade, no entanto, as dificuldades financeiras impediram que eu ingressasse imediatamente no ensino superior. Diante desse cenário, optei por cursar o Curso técnico em Magistério em 1993, decisão que representou um verdadeiro divisor de águas em minha vida. Foi durante esse curso que me encantei pela educação. Nos estágios supervisionados, tive a oportunidade de vivenciar a realidade da sala de aula, e ali percebi que era esse o caminho que desejava seguir. A relação com os alunos, o processo de ensino e aprendizagem e a possibilidade de contribuir para a formação das crianças despertaram em mim um profundo sentimento de pertencimento à profissão docente.

Após a conclusão do Magistério em 1996, iniciei minha carreira como professora por meio de um contrato com o Estado, conhecido na época como Prolabore. Atuei inicialmente na fase de alfabetização, período que considero fundamental para minha formação profissional, pois me permitiu compreender a importância dos processos iniciais de aprendizagem. Em 1999, prestei concurso público no município de Maurilândia-Goiás e fui aprovada, consolidando minha carreira no magistério. Desde então, venho atuando de forma contínua na educação, acumulando mais de três décadas de experiência docente. Ao longo desses anos, tive a oportunidade de trabalhar em diferentes etapas da educação básica

(Fundamental I, Fundamental II, Ensino Médio, Educação de Jovens e Adultos) e ministrei aulas de diversas disciplinas, o que contribuiu para a ampliação da minha prática pedagógica e a gestão de sala de aula.

Buscando dar continuidade à minha formação acadêmica sempre me identifiquei com os números desde pequena e então prestei vestibular para matemática na Universidade Estadual de Goiás (UEG), no campus de Santa Helena de Goiás. Essa etapa foi especialmente desafiadora, pois eu residia e trabalhava como professora em Maurilândia, necessitando me deslocar diariamente para estudar. Conciliar trabalho, estudos e vida pessoal exigiu grande esforço, disciplina e perseverança.

Após a conclusão da graduação em 2008, busquei aprimorar meus conhecimentos por meio de uma especialização em Matemática, realizada no Centro Universitário do Cerrado em Patrocínio, Minas Gerais. Nesse período, vivenciei um dos maiores desafios da minha vida pessoal e acadêmica: meu primeiro filho, Vinícius, tinha apenas um ano de idade quando decidi continuar os estudos. A pós-graduação era ofertada em regime intensivo durante as férias, o que exigia minha ausência temporária do convívio familiar. Contando com o apoio do meu marido e de minha mãe, consegui concluir essa etapa, reforçando ainda mais minha determinação em seguir estudando.

Posteriormente, passei a ministrar aulas de Matemática e, diante da carência de professores na área, assumi também aulas de Física. No entanto, essa experiência despertou em mim uma inquietação profissional, pois percebi que precisava aprofundar meus conhecimentos para oferecer um ensino consistente e de qualidade. Foi então que participei de um programa de formação de professores de Licenciatura em Física, realizado em parceria entre instituições de ensino superior e a Secretaria de Educação do Estado de Goiás , no polo de Quirinópolis, pela Pontifícia Universidade Católica-Go (PUC).

Ao concluir essa formação em 2012, senti a necessidade de avançar mais em minha qualificação acadêmica, realizei uma especialização em Física pela Universidade de Brasília (UnB), buscando fortalecer minha base teórica e metodológica na área. Durante todo esse percurso, mantive minha atuação docente, conciliando trabalho e estudos, sempre com o objetivo de me tornar uma professora cada vez mais comprometida com a qualidade de ensino que iria proporcionar aos alunos.

Além da atuação em sala de aula, também desempenhei funções como coordenadora pedagógica e gestora escolar, experiências que ampliaram minha visão sobre o processo educativo e a organização do trabalho escolar. Nessas funções, pude compreender a

importância da gestão democrática, do trabalho coletivo e do planejamento pedagógico articulado, elementos essenciais para a melhoria da qualidade da educação.

Atualmente, atuo como professora nas redes estadual e municipal de ensino de Rio Verde Goiás, onde continuo exercendo minha profissão com dedicação e compromisso. Ao longo da minha carreira, procurei constantemente refletir sobre minha prática, buscando conhecer metodologias e meios para tornar o ensino mais acessível para os estudantes, especialmente na área de Matemática e Física.

Hoje, sigo em processo de formação, cursando mestrado no Programa de Pós - Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, com o propósito de aprofundar meus conhecimentos e contribuir de maneira mais efetiva para a melhoria da educação do ensino de ciências e matemática. Minha trajetória evidencia que, apesar das dificuldades enfrentadas desde a infância, a persistência, o apoio familiar e a valorização da educação foram fundamentais para minha formação pessoal e profissional.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de 30 anos de atuação no Ensino Médio, uma inquietação tem se tornado cada vez mais presente: por que tantos estudantes demonstram pouco envolvimento e interesse diante da disciplina de Física? Se a Física explica fenômenos tão presentes no cotidiano como o funcionamento do celular, o movimento dos veículos, a geração de energia e até os fenômenos climáticos, por que ela ainda é percebida como abstrata, distante e difícil?

Essa realidade nos provoca a refletir: o desafio está no nível de abstração dos conteúdos ou na forma como eles são apresentados? Quando os alunos não conseguem relacionar conceitos físicos com suas próprias experiências, o aprendizado tende a se tornar mecânico e pouco significativo. Nesse contexto, a sala de aula corre o risco de transformar-se em um espaço de transmissão de fórmulas, e não de investigação e descoberta. Diante disso, surge outra questão fundamental: como tornar a Física uma experiência instigante, investigativa e conectada à realidade dos estudantes? Problematizar essa situação implica reconhecer que o interesse não é apenas responsabilidade do aluno, mas também resultado das estratégias pedagógicas adotadas.

Assim, repensar práticas, aproximar o conteúdo do cotidiano e propor situações desafiadoras pode ser o primeiro passo para transformar a apatia dos alunos em curiosidade e participação ativa. É fundamental que o ensino de Física seja estruturado de forma a despertar a curiosidade dos alunos e a incentivá-los a questionar o mundo ao seu redor. Quando os estudantes são incentivados a investigar questões presentes em seu cotidiano, tornam-se mais envolvidos, interessados e participativos no processo de aprendizagem. (Carvalho; Sasseron, 2015).

A Física, quando apresentada como uma ferramenta para compreender fenômenos reais e solucionar problemas do cotidiano, pode deixar de ser vista apenas como uma disciplina e tornar-se uma área de interesse para os estudantes. Nesse contexto, a promoção da curiosidade contribui para ampliar o interesse dos alunos, incentivando-os a buscar respostas de maneira ativa e autônoma. Essa perspectiva está em consonância com Bueno e Kovaliczn (2009), ao afirmarem que teoria e prática devem caminhar juntas no campo da Ciência. Desse modo, a experimentação, quando inserida em uma perspectiva investigativa, ultrapassa a função de ilustrar conceitos previamente apresentados e passa a constituir um espaço de problematização, levantamento de hipóteses, análise de evidências e construção de explicações científicas.

As atividades investigativas, em uma perspectiva do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), representam uma abordagem didática que visa promover o desenvolvimento do raciocínio científico dos estudantes. Ao invés de simplesmente transmitir informações de forma passiva, essa abordagem envolve os alunos em processos ativos de investigação, onde são encorajados a explorar, questionar, propor soluções e argumentar. Segundo Carvalho (2013) e Ferraz e Sasseron (2017), a eficácia desse método está na integração dos conhecimentos prévios dos alunos com problemas propostos pelo professor que estimulam a curiosidade e a pesquisa. A construção do conhecimento se dá de maneira mais eficaz quando os alunos interagem diretamente com os problemas e são desafiados a encontrar soluções baseadas em dados e evidências.

Machado e Sasseron (2012) destacam que a interação entre os alunos e o problema investigado deve ser bem estruturada, promovendo discussões e debates que incentivem a análise crítica e a reflexão. A abordagem investigativa permite que os alunos explorem diferentes perspectivas e desenvolvam habilidades de argumentação, ao mesmo tempo em que aprofundam seu entendimento sobre o conteúdo estudado.

As atividades investigativas não apenas facilitam o desenvolvimento do raciocínio científico, mas também fortalecem competências essenciais para a prática científica. Os alunos aprendem a coletar e analisar dados, formular hipóteses e elaborar conclusões com base em evidências. Sasseron e Carvalho (2008) ressaltam que essas competências são fundamentais para a formação de cidadãos críticos e bem-informados, capazes de tomar decisões fundamentadas em dados e evidências. O ambiente investigativo também encoraja a observação cuidadosa e a argumentação lógica, capacidade que transcende o contexto acadêmico e são aplicáveis a diversas áreas da vida cotidiana.

Portanto, a implementação eficaz das atividades investigativas requer uma abordagem cuidadosa e planejada. Os professores devem estar atentos à forma como os problemas são apresentados, ao modo como os alunos interagem com o conteúdo e à análise das descobertas realizadas durante as investigações. Como enfatizado por Carvalho (2013), a dinâmica da sala de aula e as interações entre os alunos são cruciais para o sucesso desse método. Assim as atividades investigativas se revelam uma poderosa ferramenta para fomentar o engajamento dos alunos e aprimorar suas habilidades científicas, preparando-os para desafios futuros com uma base sólida em raciocínio investigativo.

As atividades investigativas são uma abordagem didática que promove a exploração ativa e a descoberta, desempenha um papel crucial na capacitação dos alunos para lidar com questões sociais e tecnológicas. Ao engajar os estudantes em processos investigativos, essa

abordagem estimula a curiosidade e a reflexão sobre temas relevantes, preparando-os para entender e abordar questões do cotidiano de forma informada e responsável. Quando os alunos se deparam com problemas que exigem investigação e análise, eles desenvolvem habilidades práticas e teóricas que são transferíveis para outros contextos vividos pelos estudantes (Sasseron; Carvalho, 2008).

Além de aprimorar a compreensão científica, as atividades investigativas permitem que os alunos se tornem participantes ativos na sociedade. Ao aplicar as competências científicas em contextos sociais, os estudantes são capazes de analisar e interpretar dados relacionados a problemas sociais e tecnológicos. Isso não apenas os capacita a tomar decisões, mas também a contribuir para soluções eficazes e inovadoras. A habilidade de questionar, investigar e propor soluções é fundamental para a formação cidadã, uma vez que permite aos indivíduos influenciar positivamente nas práticas que afetam seu bem-estar e o da comunidade.

A relevância social das competências científicas vai além da mera aquisição de conhecimentos técnicos e teóricos, estendendo-se para a formação de cidadãos conscientes e engajados com a sociedade. As competências científicas, como a argumentação, a análise crítica e a capacidade de resolver problemas, são essenciais não apenas para o estudo da Física, mas também para a compreensão e a participação ativa na sociedade contemporânea. Em um mundo cada vez mais complexo e interconectado, os cidadãos devem ser capazes de interpretar e avaliar informações de maneira coerente para enfrentar os desafios socioeconômicos e ambientais que impactam suas vidas. Assim, o ensino de Ciências não deve se limitar a preparar os alunos para provas, mas deve integrá-los ao contexto real de problemas e decisões sociais.

O desenvolvimento de competências científicas também está ligado à capacidade de leitura das informações e das situações do cotidiano. Em um ambiente saturado de dados e informações contraditórias, a habilidade de avaliar a veracidade e a relevância das informações é crucial. as atividades Investigativas preparam os alunos para interpretar dados com uma perspectiva autônoma, ajudando-os a discernir fatos de opiniões e a construir argumentos baseados em evidências sólidas. Essa capacidade é vital para formar cidadãos capazes de tomar decisões bem fundamentadas e engajadas em discussões sobre questões sociais e científicas.

As atividades Investigativas constituem uma abordagem didática, aplicável a diferentes níveis de ensino. Ela se fundamenta no ensino de ciências, mediante uma proposta de (re)elaboração de conhecimentos conceituais e da visão de mundo, partindo da construção coletiva de respostas a uma questão problematizadora, o que fomenta a investigação e a adaptação a diversas faixas etárias.

Desta forma, a pesquisa realizada propõe responder a seguinte questão: Como a aplicação de atividades investigativas sobre transferência de calor pode promover o engajamento disciplinar produtivo dos estudantes da segunda série do ensino médio da rede pública estadual de Rio Verde/GO?

Para isso, temos como objetivo geral: Analisar as contribuições de atividades investigativas sobre transferência de calor para o desenvolvimento do Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) de estudantes do Ensino Médio.

Sendo estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Compreender os fundamentos teóricos das atividades investigativas e do Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) no ensino de Física, considerando sua relação com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Documento Curricular para Goiás (DCGO).
- Apresentar, discutir e interpretar evidências de aprendizagem em Termologia, analisar a evolução do EDP ao longo das atividades e indicar implicações pedagógicas para a prática docente e para pesquisas futuras.
- Desenvolver atividades investigativas, baseadas no EnCI, direcionadas a alunos da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública no município de Rio Verde — GO.
- Analisar a percepção dos alunos quanto à abordagem do EnCI, avaliando sua influência no interesse, na motivação e na construção de conceitos físicos em Termologia.
- Elaborar, aplicar e validar um Produto Educacional fundamentado nos princípios do EnCI, destinado ao ensino de Termologia, verificando sua qualidade pedagógica, aplicabilidade e potencial para promover o EDP .

A dissertação está organizada de modo a apresentar os fundamentos teóricos, metodológicos e analíticos que sustentam a pesquisa. O capítulo 2 aborda os pressupostos teóricos do EnCI, do EDP e do ensino de Física, particularmente, de conceitos de transferência de calor. Neste capítulo são discutidos os fundamentos do EnCI , com base nas contribuições de Ana Maria Pessoa de Carvalho e colaboradores, além das discussões relacionadas à alfabetização científica, à problematização, à argumentação e ao protagonismo dos estudantes no processo de construção do conhecimento. Também são apresentadas as orientações da BNCC e do DCGO para o ensino de Ciências e Física, bem como os indicadores de EDP utilizados na análise da pesquisa. Apresenta, ainda, a descrição dos conteúdos de Física relacionados à transferência de calor, enfatizando os conceitos fundamentais de condução, convecção e radiação térmica, bem como suas aplicações no cotidiano e sua relevância para a compreensão dos fenômenos térmicos.

O capítulo 3 apresenta o percurso metodológico da pesquisa, descrevendo a abordagem investigativa adotada, o contexto escolar, os sujeitos participantes e os instrumentos utilizados na coleta e análise dos dados. Além disso, são detalhadas as atividades investigativas desenvolvidas sobre os processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação térmica, evidenciando a aplicação das atividades investigativas no ensino de Termologia. É descrito, ainda, os aspectos metodológicos do produto educacional intitulado Ensino de Física pela Investigação: Termologia no Ensino Médio, elaborado a partir dos pressupostos do Ensino Investigativo e direcionado ao desenvolvimento do Engajamento Disciplinar Produtivo dos estudantes. O material foi concebido com o objetivo de subsidiar a prática docente por meio de atividades investigativas voltadas aos conteúdos de transferência de calor.

O capítulo 4 é destinado à apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos durante a aplicação das atividades investigativas. Nesse momento, são analisadas as interações dos estudantes, os avanços na compreensão dos conceitos físicos e os indicadores de Engajamento Disciplinar Produtivo observados ao longo da pesquisa. O capítulo também discute as contribuições do ensino por investigação para o desenvolvimento da argumentação científica, da autonomia e da participação dos estudantes no processo de aprendizagem.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais da pesquisa, retomando os objetivos propostos, as contribuições das atividades investigativas para o ensino de Física e as implicações pedagógicas do estudo. Também são discutidos os desafios encontrados na implementação da proposta investigativa e apontadas possibilidades para futuras pesquisas no campo do ensino de Ciências.

No apêndice deste trabalho apresenta o produto educacional desenvolvido ao longo da pesquisa, reunindo seus materiais, estruturas e orientações para aplicação prática. Já nos anexos, encontram-se os documentos comprobatórios e institucionais, entre os quais se incluem o parecer e o termo de aprovação do Comitê de Ética, bem como as declarações de autorização e concordância das instituições de ensino envolvidas, formalizando as condições de realização da pesquisa e garantindo os aspectos éticos e legais pertinentes.

Em cumprimento ao disposto na Portaria CNPq nº 2.664/2026, declaro que recursos de Inteligência Artificial Generativa (IAG) foram empregados na elaboração deste trabalho. Os recursos de IAG utilizados nesta dissertação envolvem o Gemini Notebook como apoio, especialmente para fins de organização de ideias e revisão textual.

Esta pesquisa, “Contribuições de Atividades Investigativas Sobre Termologia para o Engajamento Disciplinar Produtivo de Estudantes do Ensino Médio”, propõe uma abordagem pedagógica que utiliza atividades investigativas sobre transferência de calor para a construção

de conceitos em Termologia. Em complemento, o produto educacional “Ensino de Física pela Investigação: Termologia no Ensino Médio” visa operacionalizar tais aportes, ele consta no apêndice A.

A pesquisa e o produto Educacional evidenciam uma configuração pedagógica integrada que visa ampliar o Engajamento Disciplinar Produtivo, favorecer a compreensão de fenômenos térmicos e subsidiar práticas docentes investigativas às demandas da aprendizagem.

2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E O ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO NO ENSINO DE FÍSICA

As atividades investigativas são uma proposta didática que organiza o desenvolvimento de ideias, temas e conceitos em blocos ordenados, orientando as interações entre estudantes e professor ao longo do processo de busca conceitual. Ana Maria Pessoa de Carvalho constitui um dos principais referenciais teóricos no campo do ensino de ciências por investigação no Brasil. Sua produção acadêmica oferece bases sólidas para compreender como a aprendizagem em Ciências pode ser promovida a partir da problematização, da formulação de hipóteses e da construção de modelos explicativos pelos alunos. Carvalho (2018) destaca que as sequências investigativas não apenas favorecem a compreensão de conceitos científicos, mas também contribuem para o desenvolvimento da autonomia intelectual e da capacidade de argumentação dos estudantes.

Sua obra representa um marco teórico e metodológico, sendo amplamente utilizada por pesquisadores e professores que buscam fundamentar práticas inovadoras no ensino de Ciências e, em especial, no de Física. Além de ser reconhecida pela proposição do ensino investigativo, a autora também contribui para articular essa perspectiva a um quadro mais amplo da didática das Ciências. Em parceria com Gil-Pérez, enfatiza-se que a prática investigativa exige repensar tanto a formação de professores quanto às estratégias de ensino, de modo a superar práticas estritamente transmissivas e promover aprendizagens mais significativas (Carvalho; Gil-Pérez, 2011).

Dessa forma, a autora Ana Maria Pessoa de Carvalho consolida-se como um referencial fundamental por oferecer não apenas proposições metodológicas, mas também reflexões sobre os desafios da implementação dessa abordagem na realidade escolar. Sua visão dialoga com outros autores da área, como Sasseron (2015), ao apontar a alfabetização científica e a argumentação como dimensões centrais do ensino investigativo, reafirmando a importância de sua obra como base teórica e prática para a sustentação de propostas contemporâneas sendo assim atividades Investigativas, portanto, não se reduz a experimentos ou atividades práticas isoladas, mas constitui um encadeamento de situações que instigam o aluno a refletir, discutir e argumentar, promovendo a aprendizagem.

Assim, as atividades investigativas consolidam-se como uma metodologia que articula teoria e prática no ensino de Física, uma vez que promovem a aproximação entre os conceitos científicos e a experimentação de situações problematizadoras. Essa articulação ocorre quando

os estudantes são mobilizados a confrontar suas ideias iniciais com evidências obtidas em atividades práticas, formulando hipóteses, testando explicações e reelaborando seus entendimentos a partir da mediação do professor. Dessa forma, o conhecimento teórico deixa de ser apresentado de forma abstrata e passa a ser construído a partir da investigação de fenômenos, contribuindo para a formação de estudantes mais reflexivos e participativos no processo de construção do conhecimento.

Segundo autores como Carvalho (2013) e Zômpero e Laburú (2011), o ensino investigativo no contexto da Física possibilita que os alunos explorem conceitos científicos a partir de situações-problema, promovendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como análise, síntese e avaliação.

> Admitimos que algumas características devem estar presentes nas atividades investigativas: o engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino. (Zômpero e Laburú, 2011, p.79).

Essa abordagem estimula a curiosidade e o raciocínio dos estudantes, fatores essenciais para a aprendizagem, deslocando o foco da transmissão passiva de conteúdo para a construção ativa do saber. De maneira convergente, Sasseron e Carvalho (2011) destacam que o ensino por investigação possibilita aos estudantes vivenciar práticas semelhantes às desenvolvidas pela comunidade científica, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio e da argumentação.

Nessa perspectiva, ao aproximar o estudante das práticas científicas e favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico, nesse contexto, o ensino por investigação promove a organização do processo de ensino de forma que estudantes e professor atuem de maneira integrada na construção do conhecimento científico. O professor assume a função de mediador das aprendizagens, orientando as etapas investigativas, estimulando a formulação de hipóteses, o diálogo e a análise de evidências. Os estudantes, por sua vez, participam ativamente do processo considerando seus entendimentos a partir das discussões e das atividades desenvolvidas, favorecendo uma aprendizagem mais significativa no ensino de Ciências. (Carvalho, 2018).

A prática investigativa contribui, portanto, para a formação de cidadãos críticos e autônomos, capazes de intervir em contextos diversos. Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 32) afirmam que "a adequação curricular e metodológica é condição indispensável para que a aprendizagem seja eficaz, já que o estudante só aprende quando consegue relacionar o que estuda com sua própria experiência e com problemas reais do cotidiano". Nesse cenário, a investigação não se restringe às atividades em laboratório ou à resolução de problemas teóricos, mas propõe um engajamento ativo do estudante em tarefas que combinam experimentação, análise, interpretação de dados e construção de explicações, promovendo aprendizagens profundas e socialmente relevantes.

O desenvolvimento de atividades investigativas em sala de aula potencializa a construção da autonomia intelectual dos estudantes ao envolvê-los ativamente no levantamento e na testagem de hipóteses, na identificação de variáveis relevantes, na coleta e análise de dados e na formulação de explicações e modelos explicativos, sempre com a mediação do professor e em interação com os colegas e com seus conhecimentos prévios (Sasseron; Souza, 2019). Esse movimento favorece não apenas o engajamento efetivo dos alunos, mas também o desenvolvimento de competências essenciais à compreensão dos fenômenos científicos.

As atividades Investigativas devem ser organizadas de forma planejada e articulada aos conteúdos curriculares, contemplando a seleção de materiais, a proposição de problemas e as interações estabelecidas em sala de aula, de modo a favorecer a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento científico. O objetivo é proporcionar aos estudantes a oportunidade de expressar seus conhecimentos prévios e, a partir deles, construir novos saberes, favorecendo o diálogo entre os sujeitos do processo de ensino-aprendizagem (aluno–aluno e aluno–professor), o levantamento de hipóteses e a transição do conhecimento espontâneo para o científico (Carvalho, 2013).

Diferentemente da abordagem tradicional, em que o professor é o detentor exclusivo do saber e os alunos atuam como receptores passivos, a vertente investigativa promove um ambiente em que a construção do conhecimento ocupa posição central. Essa metodologia visa desenvolver competências essenciais como observação, questionamento, resolução de problemas e comunicação científica. Essas habilidades são fundamentais não apenas para o aprendizado de Ciências, mas também para a formação de indivíduos capazes de enfrentar desafios da vida cotidiana e tomar decisões em diferentes contextos. Sasseron e Machado (2017, p.25) afirmam que "a problematização de um tema científico pode favorecer o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem em Ciências".

Uma das principais forças dessa abordagem é a contextualização dos conteúdos científicos, uma vez que a inserção dos conceitos em situações do cotidiano facilita, para os estudantes, a conexão entre o conhecimento acadêmico e suas experiências diárias. Carvalho et al. (2009) destacam que a interação entre os estudantes desempenha papel fundamental na construção do conhecimento, uma vez que a aprendizagem ocorre por meio das trocas de ideias, da argumentação e da colaboração entre os pares. Essa articulação com vivências, interesses e necessidades dos estudantes torna o aprendizado mais relevante, além de potencializar a motivação e o engajamento. Ao reconhecerem a aplicação prática e a importância dos conteúdos estudados, os alunos tornam-se mais ativos no processo de aprendizagem, buscando compreender e aplicar o conhecimento de maneira mais profunda.

As atividades investigativas organizam-se como um conjunto de atividades que orientam a prática pedagógica a partir da problematização e da ação reflexiva dos estudantes. O processo inicia-se com a proposição de uma problemática apresentada pelo professor, capaz de mobilizar os conhecimentos prévios da turma e instaurar um contexto investigativo. A partir desse desafio, os alunos são incentivados a agir sobre os objetos, inicialmente de forma exploratória, observando reações e levantando hipóteses e, posteriormente, de maneira mais intencional, buscando produzir determinados efeitos. Esse movimento favorece a tomada de consciência acerca dos procedimentos realizados e das relações estabelecidas entre ações e resultados, elemento central para a construção do conhecimento científico.

Nesse encadeamento de ações e reflexões, a etapa seguinte envolve a elaboração de explicações causais pelos estudantes, momento em que o professor assume um papel central na mediação do processo investigativo. Sua atuação se evidencia na sistematização das ideias construídas ao longo das discussões, organizando-as, problematizando-as e conduzindo os alunos à aproximação progressiva dos conceitos científicos formalizados. Dessa forma, o professor contribui para dar coerência às diferentes interpretações apresentadas, favorecendo a consolidação do conhecimento científico de maneira orientada.

O registro contribui para a organização do pensamento e para a consolidação das aprendizagens, enquanto a articulação entre a atividade desenvolvida e o cotidiano amplia o significado do conhecimento produzido. As atividades investigativas ultrapassam a simples realização de experimentos, configurando-se como uma proposta didática intencional que integra problematização, ação, reflexão e sistematização, promovendo a autonomia intelectual e o protagonismo dos estudantes.

Segundo Carvalho (2013) e Sasseron (2008), a investigação não é apenas uma técnica para ensinar conteúdos, mas uma forma de promover a construção ativa do conhecimento. Ao

envolver os alunos nessas atividades, as autoras argumentam que o aprendizado se torna mais significado e duradouro, uma vez que os alunos estão engajados em um processo de descoberta e análise científica.

De acordo com as autoras, o papel do professor no ensino por investigação é fundamental, atuando como mediador do conhecimento e facilitador do processo investigativo. Em vez de adotar uma postura autoritária, o docente deve criar um ambiente que estimule a curiosidade e a exploração. Isso envolve a formulação de questões desafiadoras, a organização de atividades práticas e a promoção de discussões que incentivem a reflexão crítica. Nesse contexto, o professor não se configura como o único detentor da verdade, mas como um orientador que apoia os alunos na construção e validação do próprio conhecimento por meio da investigação.

A prática das atividades investigativas possibilita aos alunos o desenvolvimento de habilidades de comunicação científica, um aspecto essencial para a ciência e a sociedade. A capacidade de comunicar descobertas, argumentos e análises de forma clara e eficaz é fundamental tanto para a disseminação do conhecimento quanto para a colaboração em projetos científicos. No decorrer do processo investigativo, os alunos são incentivados a apresentar seus resultados e a participar de discussões com colegas, o que fortalece suas competências de comunicação e argumentação. Tais habilidades revelam-se valiosas em múltiplos contextos, abrangendo desde a educação formal até o ambiente profissional.

As atividades investigativas promovem a autonomia dos estudantes no processo de aprendizagem ao envolvê-los ativamente na resolução de problemas, na formulação de hipóteses, na análise de evidências e na construção de explicações para os fenômenos investigados. Ao participarem dessas etapas, os alunos desenvolvem a capacidade de tomar decisões, justificar suas ideias, avaliar os resultados obtidos e refletir sobre o próprio processo de aprendizagem. Nesse contexto, o professor atua como mediador, orientando a investigação e criando condições para que os estudantes assumam um papel cada vez mais ativo na construção do conhecimento científico, favorecendo o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico (Carvalho, 2013; Munford; Lima, 2007).

A aplicação das atividades investigativas no Ensino Médio apresenta desafios que vão além da simples adoção de atividades experimentais. Um dos principais pontos é a necessidade de mudança cultural nas práticas pedagógicas, já que muitos ambientes escolares ainda estão fortemente pautados em modelos transmissivos e conteudistas (Carvalho, 2013). A organização de aulas investigativas demanda tempo de planejamento, clareza na definição de objetivos e

flexibilidade para lidar com hipóteses e caminhos propostos pelos alunos, o que pode gerar insegurança entre professores pouco habituados a essa dinâmica (Sasseron; Carvalho, 2011).

Outro desafio refere-se à avaliação da aprendizagem nas atividades investigativas, pois não está centrada em respostas corretas e o desenvolvimento de competências investigativas e argumentativas é mais complexo de mensurar do que a mera reprodução de respostas prontas.

As orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõem que o ensino de Ciências da Natureza promova o desenvolvimento de competências relacionadas à investigação científica e à compreensão dos fenômenos naturais. Segundo a BNCC, "é necessário que os estudantes sejam capazes de exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade " (Brasil, 2018, p. 9).

Assim, o documento enfatiza a importância de práticas pedagógicas que estimulem a problematização, a investigação e a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento.

2.1. A BNCC e o Documento Curricular para Goiás: diretrizes para o ensino de ciências e física

Embora a BNCC destaque a importância do pensamento científico e das práticas investigativas, sua implementação no contexto educacional brasileiro tem sido objeto de severas críticas por parte de diversos pesquisadores. Para Freitas (2018), as políticas curriculares contemporâneas estão fortemente articuladas com sistemas de avaliação em larga escala e mecanismos de responsabilização, o que pode levar à padronização das práticas pedagógicas e à redução da autonomia docente. Segundo o autor, essas políticas tendem a orientar o trabalho pedagógico para o cumprimento estrito de metas e indicadores, muitas vezes desconsiderando a complexidade dos processos de ensino e aprendizagem.

Outro aspecto apontado por Freitas (2014) refere-se ao risco de que currículos nacionais padronizados, quando associados a sistemas de avaliação externa, acabem induzindo práticas de ensino voltadas prioritariamente para o desempenho em testes. Nesse cenário, conteúdos e metodologias podem ser direcionados exclusivamente para aquilo que é cobrado nas avaliações, o que limita severamente as abordagens pedagógicas mais investigativas, críticas e contextualizadas. O autor ressalta, ainda, que a implementação de políticas curriculares nacionais precisa considerar as profundas desigualdades existentes entre as escolas brasileiras. Para Freitas (2018), a padronização curricular pode ignorar as diferentes condições

materiais e sociais das instituições de ensino, o que acaba ampliando as assimetrias educacionais ao exigir resultados semelhantes de contextos profundamente distintos.

Desta forma, apesar de a BNCC apresentar princípios que dialogam com perspectivas pedagógicas inovadoras, como o ensino por investigação e o desenvolvimento do pensamento crítico, sua efetivação depende rigidamente de condições estruturais que permitam aos professores desenvolver práticas pedagógicas mais reflexivas e investigativas. Sem investimentos adequados em formação docente, infraestrutura escolar e valorização do trabalho do professor, há o risco latente de que as propostas presentes no documento permaneçam mais no plano discursivo do que na prática cotidiana das escolas.

Assim, apesar de todos os apontamentos que devem ser observados na implementação da BNCC, esta se apresenta como referência nas políticas educacionais brasileiras ao propor a definição de aprendizagens essenciais para todos os estudantes da Educação Básica. O documento busca orientar os currículos das redes de ensino e estabelecer um conjunto de competências e habilidades que devem ser desenvolvidas ao longo da escolarização. Na área de Ciências da Natureza, a BNCC propõe uma formação que ultrapasse a memorização de conteúdos, priorizando o desenvolvimento da compreensão de fenômenos naturais, a análise crítica de informações científicas e a capacidade de relacionar ciência, tecnologia e sociedade (Brasil, 2018). Nesse sentido, o texto normativo orienta que os estudantes desenvolvam competências ligadas ao pensamento científico, à investigação, à análise de evidências e à construção de explicações fundamentadas, articulando conhecimentos conceituais, práticas investigativas e reflexão sobre problemas da realidade contemporânea.

A partir da homologação da base nacional, os estados brasileiros puderam adequar os currículos de acordo com sua cultura e histórias, seus próprios referenciais curriculares com o objetivo de adequar as orientações gerais às realidades regionais. No contexto goiano, essa função é desempenhada pelo Documento Curricular para Goiás (DC-GO), que organiza as diretrizes pedagógicas para as redes de ensino do estado. O documento apresenta matrizes de habilidades, orientações metodológicas e indicações de práticas voltadas ao desenvolvimento das competências previstas na BNCC, estabelecendo uma vinculação estreita entre as demandas federais e as especificidades locais. (Goiás, 2020).

Desse modo, o referencial estadual prevê que o ensino de Ciências da Natureza deve favorecer a compreensão de fenômenos naturais, a análise de situações do cotidiano e o desenvolvimento de competências científicas que permitam aos estudantes interpretar e intervir na realidade em que vivem (Goiás, 2020).

Apesar dessas orientações formais, diversos pesquisadores apontam que a implementação da BNCC ocorre em um cenário marcado por profundas tensões entre a padronização curricular e a diversidade das realidades educacionais brasileiras. Freitas (2018) argumenta que reformas curriculares baseadas na definição de padrões nacionais frequentemente se articulam com políticas de responsabilização e avaliação em larga escala, o que pode intensificar mecanismos de controle sobre o trabalho docente. Nessa perspectiva, a organização do currículo em torno de competências e habilidades fixas tende a subordinar o planejamento pedagógico das escolas a indicadores estatísticos de desempenho, reduzindo significativamente a autonomia dos professores na construção de práticas pedagógicas contextualizadas.

Outro ponto crítico refere-se ao processo de centralização curricular. Saviani (2016) destaca que a construção de um currículo nacional comum, embora possa contribuir para estabelecer referências educacionais, corre o risco iminente de desconsiderar as desigualdades sociais e as diferentes condições de funcionamento das escolas brasileiras. Para o autor, políticas educacionais que visam unificar o ensino geram entraves severos quando não são acompanhadas por investimentos estruturais robustos e por políticas efetivas de valorização do magistério.

Observa-se que essas reformas muitas vezes estão associadas a processos de regulação que buscam alinhar os sistemas de ensino a modelos de gestão baseados em resultados e produtividade. Nesse cenário, as propostas nacionais acabam umbilicalmente vinculadas a sistemas de avaliação e monitoramento que produzem indicadores comparativos entre escolas e redes de ensino. Esse panorama influencia diretamente o cotidiano escolar, induzindo instituições e professores a priorizarem conteúdos e habilidades que são cobrados de forma externa e padronizada.

No nível estadual, o DC-GO procura traduzir as orientações federais apresentando matrizes de habilidades voltadas para as escolas da rede pública. O documento destaca a importância de contextualizar os conteúdos científicos a partir da realidade do território goiano, incentivando a abordagem de temas relacionados ao meio ambiente, ao uso de recursos naturais e às dinâmicas socioeconômicas da região (Goiás, 2020).

Entretanto, mesmo com o esforço dessas adaptações regionais, a implementação prática das diretrizes enfrenta desafios infraestruturais importantes. Muitas escolas ainda lidam com severas limitações em seus espaços físicos, no acesso a materiais didáticos adequados e nas condições de trabalho docente. Em suma, a reorganização do currículo com base em competências exige profundas mudanças nas práticas pedagógicas e nos processos avaliativos,

o que demanda formação continuada sistemática e apoio institucional permanente aos professores.

A BNCC afirma que no Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas tecnologias deve ampliar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores de ensino. Desta forma:

> Trata a investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões (Brasil, 2018).

Desta forma, o engajamento dos estudantes no decorrer do processo de aprendizagem torna-se elemento relevante em situações de ensino, em particular, nas situações de ensino por investigação.

2.2. Engajamento disciplinar produtivo: conceitos e fundamentação teórica

O interesse em definir parâmetros para o envolvimento dos estudantes nas aulas, relacionando engajamento com entusiasmo e ânimo foi a motivação principal desta pesquisa. Desta forma, Sasseron e Souza (2019) apresentam o engajamento como um constructo multifacetado, manifestando-se nas dimensões comportamental (participação em atividades), emocional (reações afetivas com a comunidade escolar) e cognitiva (compromisso e vontade no exercício das tarefas). De forma geral, ele é identificado por evidências de interesse e participação dos estudantes com a atividade de ensino. Ocorre quando os alunos fazem contribuições substantivas relacionadas aos tópicos em discussão, agem em coordenação com os colegas, mantêm a atenção no tema e demonstram envolvimento passional espontâneo.

O conceito de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) foi desenvolvido por Engle e Conant (2002) para descrever a qualidade do envolvimento dos estudantes em práticas que, simultaneamente, são cognitivamente desafiadoras e disciplinarmente relevantes. Para as autoras, “o engajamento produtivo disciplinar ocorre quando os alunos participam de atividades significativas e se apropriam dos objetivos e métodos da disciplina, argumentando com base em evidências” (Engle; Conant, 2002, p. 401, tradução nossa). Assim, o EDP ultrapassa a mera atenção ou execução mecânica de tarefas, requerendo autoria intelectual, diálogo fundamentado e mobilização ativa de conceitos.

De acordo com Engle e Conant (2002), quatro princípios interdependentes sustentam o EDP. O primeiro consiste na problematização do conteúdo, que transforma o conhecimento em um campo de investigação para o estudante por meio de questões autênticas e desafiadoras. O segundo refere-se à autoridade dos estudantes, concedendo-lhes espaço para conduzir investigações, tomar decisões e validar procedimentos, o que fomenta a autonomia intelectual. O terceiro princípio fundamenta-se na prestação de contas (ou responsabilidade) perante os pares e as normas disciplinares, exigindo justificativas baseadas em evidências coerentes com os referenciais teóricos da área. Por fim, destaca-se a disponibilização de recursos adequados como informações, instrumentos de análise e modelos argumentativos, os quais viabilizam o aprofundamento do raciocínio e da argumentação.

A transposição desses princípios para o ensino de Física, especialmente na área de Termologia, pode se efetivar por meio da proposição de problemas abertos, tais como: “por que diferentes materiais aquecem em velocidades distintas?” ou “de que forma o calor se propaga no ar e nos sólidos?”. Nesses cenários, o professor atua como mediador da aprendizagem, orientando a investigação, incentivando a elaboração de hipóteses, coordenando a execução de experimentos e estimulando a análise crítica de dados, de modo a conectar as conclusões construídas pelos alunos aos fundamentos conceituais da disciplina (Dias; Souza, 2022).

Em atividades voltadas à Termologia, a manifestação dessas dimensões torna-se observável quando o estudante demonstra curiosidade epistêmica ao testar a condução térmica de diferentes materiais (cognitiva), participa ativamente da coleta e da análise de dados experimentais (comportamental) e manifesta satisfação intelectual ao interpretar e explicar os resultados corretamente (emocional).

Para mensurar e aprimorar o EDP, utilizam-se indicadores observáveis na dinâmica da sala de aula, tais como a frequência e a qualidade das perguntas formuladas, a construção de justificativas fundamentadas, o uso correto de referências conceituais e o nível de colaboração entre os pares (Sasseron; Souza, 2019). Esses dados empíricos podem ser coletados por meio de observação direta ou de registros audiovisuais. No contexto do ensino de Termologia, essa abordagem diagnóstica permite identificar quais estratégias didáticas geram maior engajamento, fornecendo subsídios para que o professor aprimore continuamente sua mediação pedagógica.

Desse modo, o Engajamento Disciplinar Produtivo se apresenta como uma abordagem teórico-prática capaz de acompanhar não apenas a apropriação de conteúdos conceituais, mas também o desenvolvimento de competências investigativas, argumentativas e colaborativas. Ao integrar de forma orgânica a problematização, a autoria, a prestação de contas e o acesso a

recursos adequados, o EDP transforma a sala de aula em um espaço de investigação legítimo, favorecendo a compreensão profunda dos fenômenos científicos e a consolidação da autonomia intelectual dos estudantes.

2.2.1. Indicadores de engajamento disciplinar produtivo em práticas investigativas no ensino de física

O ensino de Física na Educação Básica tem se reconfigurado nas últimas décadas, impulsionado pela necessidade de aproximar o estudante das práticas da ciência. Dentro desse contexto, as práticas investigativas surgem como uma estratégia central para a promoção da aprendizagem, pois permitem que os alunos se envolvam ativamente com fenômenos físicos, proponham hipóteses, realizem experimentações e analisem criticamente os resultados. Para avaliar a eficácia dessas práticas e o envolvimento dos estudantes, torna-se essencial identificar indicadores de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP).

No ensino de Física, isso significa que o aluno não apenas executa uma tarefa experimental, mas compreende seu propósito, fórmula explicações coerentes, comunica-se com precisão e articula teoria e prática com base em evidências.

Um dos principais indicadores de EDP é o trabalho colaborativo e as interações discursivas, o que demonstra uma postura ativa e questionadora frente aos fenômenos. Isso rompe com a visão de ciência como algo pronto e valoriza o processo investigativo como meio de construção do conhecimento.

Outro indicador fundamental é a proposição e o teste de hipóteses com base em conceitos científicos. De acordo com Hodson (2009), essa etapa é essencial para desenvolver o pensamento hipotético-dedutivo e consolidar o raciocínio científico. Quando os estudantes elaboram previsões e as testam por meio de experimentos, exercitam habilidades cognitivas superiores e mobilizam conhecimentos prévios de forma contextualizada.

A coleta e a análise de dados experimentais também constituem um componente essencial do engajamento disciplinar produtivo. Segundo Carvalho (2013), a interpretação crítica dos dados obtidos, a identificação de possíveis erros e a comparação com modelos teóricos fortalecem a compreensão dos conceitos e promovem o desenvolvimento da autonomia científica. Alunos engajados não apenas registram informações, mas refletem sobre sua validade e significado.

Outro aspecto que evidencia o EDP é a comunicação científica, ou seja, a capacidade de relatar procedimentos, resultados e conclusões utilizando a linguagem apropriada e representações adequadas, tais como tabelas, gráficos e equações.

O trabalho colaborativo e as interações discursivas eficazes também devem ser consideradas um indicador relevante. Em práticas investigativas bem estruturadas, os alunos assumem diferentes papéis, compartilham decisões e constroem coletivamente o conhecimento. Além disso, a reflexão crítica sobre os próprios processos investigativos incluindo as limitações, as dificuldades enfrentadas e as sugestões de melhoria constitui outro sinal claro de EDP. Essa postura metacognitiva demonstra que o estudante não está focado exclusivamente no resultado da investigação, mas compreende o valor formativo de todo o percurso.

O engajamento disciplinar produtivo também se manifesta por meio da persistência diante de desafios e pela criatividade na proposição de soluções experimentais, sobretudo quando há escassez de recursos ou necessidade de adaptações metodológicas. Esse tipo de comportamento reflete o desenvolvimento de uma atitude científica e investigativa diante do mundo.

Outro aspecto relevante é o papel do professor mediador, conduzindo as discussões sem fornecer respostas prontas, mas incentivando o raciocínio dos alunos. Essa postura favorece a construção coletiva do conhecimento e amplia o engajamento dos estudantes.

Em síntese, os indicadores de engajamento disciplinar produtivo em práticas investigativas no ensino de Física vão muito além da mera execução de experimentos. Eles envolvem atitudes cognitivas, afetivas e sociais que aproximam os estudantes das práticas reais da ciência, tornando a aprendizagem mais significativa e transformadora. Reconhecer e valorizar esses indicadores permite ao professor repensar suas estratégias de ensino e fortalecer a formação de alunos mais críticos, autônomos e preparados para atuar com base em evidências.

Com base nas contribuições de Engle e Conant (2002) sobre o conceito de EDP, Souza (2015) desenvolveu uma ferramenta analítica destinada a identificar evidências desse tipo de engajamento em práticas de sala de aula. Tal instrumento foi utilizado nesta pesquisa de mestrado para examinar as atividades investigativas elaboradas e aplicadas. Souza (2015, p.46) denominou esse recurso de indicadores de EDP, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1– Indicadores para análise dos tipos de engajamento (E, ED e EDP)

Tipo de Engajamento	Indicadores

Tipo de Engajamento	Indicadores
Engajamento (Geral)	E1. Discussão do tema E2. Há trabalho colaborativo E3. Presença de características emocionais
Engajamento Disciplinar	ED1. Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho ED2. Há trabalho colaborativo para a construção de ações, proposições e/ou análise de ideias. ED3. Presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema.
Engajamento Disciplinar Produtivo	EDP1. Discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas. EDP2. Há trabalho colaborativo na construção da explicação e reconhecimento de limites nas suas aplicações. EDP3. - Presença de evidências do uso de ideias em outros contextos, ressaltando a apropriação do conhecimento

Fonte: Souza (2015, p. 46).

Os indicadores de engajamento disciplinar produtivo estruturam-se em três níveis progressivos, Engajamento (E), engajamento disciplinar (ED) e engajamento disciplinar produtivo (EDP), avaliando a profundidade da participação dos estudantes nas atividades investigativas e científicas. O primeiro nível (E) estabelece as bases iniciais da interação por meio da discussão temática, do trabalho colaborativo e da manifestação de estados emocionais gerais. Já o segundo nível (ED) avança para a operacionalização dessas dinâmicas no contexto de resolução de problemas, exigindo que os alunos colaborem ativamente na proposição de ações, na análise de ideias e na canalização das emoções para o direcionamento prático das tarefas. No terceiro Nível (EDP), o foco recai sobre a sofisticação cognitiva e a autonomia intelectual, evidenciada pela construção de relações explicativas complexas, pelo reconhecimento crítico de limites nas soluções propostas e pela capacidade de transferir e aplicar o conhecimento a outros contextos. Essa progressão demonstra que o engajamento produtivo não se restringe à mera execução de tarefas ou à participação passiva, mas consolida-se quando os estudantes articulam rigor conceitual, colaboração efetiva e ressignificação do saber científico de maneira autêntica.

No contexto do ensino por investigação, o engajamento dos estudantes torna-se um elemento central para a aprendizagem, pois favorece a participação ativa, a curiosidade e a autonomia na construção do conhecimento. Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) ressaltam que o engajamento envolve dimensões comportamentais, cognitivas e emocionais, todas fundamentais em atividades investigativas que exigem levantamento de hipóteses, análise de dados e construção de explicações. Nesse sentido, o ensino investigativo cria condições para que os alunos se envolvam não apenas na execução mecânica de tarefas, mas também na reflexão sobre os fenômenos estudados (Carvalho, 2013).

Além disso, Shernoff et al. (2016) destacam que ambientes de aprendizagem que estimulam a curiosidade e oferecem desafios relevantes ampliam esses níveis de envolvimento. Assim, ao integrar o engajamento à abordagem investigativa, a prática pedagógica contribui para formar estudantes mais participativos, motivados e capazes de assumir um papel autônomo em seu processo formativo.

Apesar do potencial da abordagem investigativa para favorecer a motivação, sua implementação no Ensino Médio enfrenta desafios significativos. Um dos principais obstáculos é a dificuldade em conciliar o tempo necessário para o desenvolvimento de atividades investigativas com a rigidez dos currículos escolares, o que pode limitar a exploração ativa por parte dos alunos (Carvalho, 2013).

Sob essa ótica, o engajamento só é sustentado quando as atividades propostas apresentam relevância e significado prático (Fredricks; Blumenfeld; Paris, 2004), condição complexa de se atingir em contextos escolares marcados por pressões externas, como avaliações padronizadas e o foco em resultados imediatos. Portanto, promover o engajamento no ensino por investigação exige do professor estratégias de mediação que valorizem a curiosidade epistêmica, deem sentido aos conteúdos e auxiliem os alunos na transição de uma postura passiva para uma atividade investigativa.

O engajamento disciplinar se consolida quando os estudantes estabelecem conexões entre sua linguagem cotidiana e a linguagem científica da Física, apropriando-se gradualmente das práticas discursivas que caracterizam a comunidade científica. Dessa forma, promover essa vertente significa possibilitar que o aluno vivencie a Física não como um conjunto estático de dogmas, mas como uma prática cultural e científica, marcada por problematizações, experimentações e construção coletiva de significados.

A avaliação do EDP em sala de aula pode ser realizada por meio da observação sistemática das interações dos alunos com os aportes da disciplina. Isso se manifesta de forma

concreta quando eles relacionam fenômenos do dia a dia, como a transferência de calor em processos termodinâmicos, com modelos científicos abstratos.

Ademais, a análise do engajamento em sala de aula de Física requer atenção especial às manifestações cognitivas, comportamentais e discursivas dos alunos durante as atividades propostas.

2.3. Ensino de Física: o conteúdo de transferência de calor no ensino médio

No nosso cotidiano, costumamos utilizar termos como "quente", "frio", "temperatura" e "calor" de forma intuitiva e muitas vezes como sinônimos. No entanto, para compreender como a natureza funciona em nível microscópico, a Física exige que estabeleçamos distinções conceituais precisas entre essas grandezas.

A compreensão da transferência de calor exige uma delimitação rigorosa entre os conceitos fundamentais de temperatura, energia interna e calor. Na linguagem cotidiana, tais termos são frequentemente empregados como sinônimos, gerando concepções errôneas que dificultam a análise dos fenômenos naturais e tecnológicos. Segundo Hewitt (2002), a temperatura de uma substância representa a medida proporcional da energia cinética translacional média de suas moléculas. Essa definição microscópica esclarece que movimentos rotacionais e vibracionais das moléculas, embora integrem o estado energético do sistema, não alteram diretamente a leitura termométrica.

A energia interna, por sua vez, corresponde à totalidade da energia armazenada no interior de uma estrutura material. Ela abrange tanto as energias cinéticas atômico-moleculares (translacional, rotacional e vibracional) quanto a energia potencial associada às forças de atração intermoleculares e ligações químicas. Assim, sob o rigor da linguagem científica, é conceitualmente incorreto afirmar que uma substância "contém calor". A matéria armazena energia interna; o calor existe estritamente como a energia em trânsito de um sistema para outro, motivada de forma exclusiva por uma diferença de temperatura entre eles. A direção espontânea desse fluxo térmico é regida pelo gradiente de temperatura: a energia transfere-se invariavelmente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que o equilíbrio térmico seja alcançado. Essa unidirecionalidade constitui uma manifestação direta da Segunda Lei da Termodinâmica, a qual estabelece que o calor não pode fluir espontaneamente de uma fonte fria para uma fonte quente sem a realização de trabalho externo sobre o sistema (Hewitt, 2002).

A Transferência de Calor estuda as taxas e os modos pelos quais essa energia em trânsito atravessa superfícies e meios materiais. Esses modos dividem-se em três mecanismos primários: condução, convecção e radiação. Enquanto a condução opera por intermédio de interações microscópicas diretas sem transporte de matéria, a convecção requer o deslocamento efetivo de massas fluidas. Já a radiação térmica destaca-se por ser intermediada por ondas eletromagnéticas, o que lhe confere a capacidade singular de propagar energia através do vácuo.

Na maioria das situações reais, esses processos de transferência não ocorrem de forma isolada, sendo comum a atuação simultânea e integrada de todos eles. Um exemplo cotidiano dessa interação manifesta-se no preparo de alimentos: ao colocar uma panela sobre a chama do fogão, a energia térmica inicial atinge o utensílio por radiação e condução; em seguida, o calor propaga-se pela estrutura sólida da panela por condução; por fim, no interior do fluido (líquido), estabelece-se a convecção, responsável pela distribuição uniforme da temperatura.

Outro exemplo reside na climatização de uma habitação, na qual os radiadores, a circulação interna do ar e o aquecimento das superfícies contribuem conjuntamente para a dinâmica da transferência de energia. A compreensão desses mecanismos é basilar para diversas aplicações tecnológicas, tais como o dimensionamento de isolamentos térmicos na engenharia civil, o desenvolvimento de indumentárias tecnológicas, o funcionamento de motores de combustão interna e a otimização de sistemas de refrigeração.

Compreender como o calor se movimenta é essencial não apenas para a formação conceitual dos estudantes, mas também para a interpretação de fenômenos do cotidiano, como o aquecimento de líquidos, a troca térmica entre superfícies e o funcionamento de sistemas tecnológicos. Ao observar e investigar esses fenômenos, os estudantes têm a oportunidade de relacionar os conceitos físicos em seu contexto, reconhecendo a ciência como um processo dinâmico e baseado em evidências. Assim, o estudo desse fenômeno permite não apenas compreender as leis da natureza, mas também desenvolver soluções práticas para a sociedade.

> Exige-se agora que o ensino consiga conjugar harmoniosamente a dimensão conceptual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural. Propõe-se ensinar Ciências a partir do ensino *sobre* Ciências. O conteúdo curricular ganha novas dimensões ao antigo entendimento do conceito de conteúdo. Passa a incluir, além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais, esta representada pela discussão dos valores do próprio conteúdo (Carvalho, 2004).

Quando abordada por meio de atividades investigativas, a transferência de calor deixa de ser apresentada apenas como um conteúdo abstrato, tornando-se objeto de exploração ativa pelos estudantes. A metodologia investigativa incentiva os alunos a formular perguntas,

levantar hipóteses, planejar experimentos e analisar resultados, promovendo uma aprendizagem significativa e contextualizada. Por exemplo, ao testar a condução térmica em materiais diferentes ou observar as correntes de convecção em líquidos aquecidos, os estudantes conseguem perceber os fatores que influenciam a transferência de energia, refletir sobre os resultados obtidos e construir explicações fundamentadas. Nesse processo, o professor atua como mediador, guiando a investigação sem fornecer respostas prontas, o que favorece o protagonismo discente e o desenvolvimento de competências científicas essenciais.

Nesse sentido, as atividades investigativas devem incluir desafios instigantes, tais como analisar a circulação do ar em um ambiente fechado ou investigar de que maneira a cor de uma superfície influencia na absorção de radiação térmica. Ao articular esses elementos, o professor estimula o desenvolvimento do raciocínio científico, favorece a construção ativa do conhecimento e aproxima o estudo da Termologia das experiências vivenciadas pelo estudante.

2.3.1. Processo de transferência de calor: condução térmica

A condução térmica é o processo pelo qual a energia se propaga ao longo de um meio material através de colisões atômico-moleculares e eletrônicas sucessivas, sem que ocorra o deslocamento macroscópico da matéria. Quando uma região de um objeto sólido é submetida ao aquecimento, as moléculas dessa zona absorvem energia e passam a oscilar com maior amplitude e frequência, colidindo vigorosamente com as partículas vizinhas e transferindo-lhes parcela de sua energia cinética. Esse efeito cascata estende-se gradualmente por toda a extensão do corpo, elevando a temperatura de suas regiões mais frias (Hewitt, 2002; Ramalho Júnior; Ferraro; Soares, 2009).

A eficiência condutiva de uma substância depende intrinsecamente de sua estrutura atômica e da presença de portadores de carga livres. Nos materiais metálicos — como a prata, o cobre, o alumínio e o ferro —, a ligação metálica disponibiliza uma alta densidade de elétrons livres na banda de condução. Tendo em vista que esses elétrons possuem massa reduzida e elevada mobilidade, eles se deslocam rapidamente pela rede cristalina, colidindo com os íons e acelerando de maneira notável o transporte de energia térmica. Por essa razão, os metais figuram como excelentes condutores térmicos e elétricos. Em contrapartida, substâncias nas quais os elétrons estão fortemente vinculados aos seus respectivos núcleos atômicos atuam como maus condutores, sendo classificadas como isolantes térmicos. Materiais como madeira, lã, papel, cortiça, vidro e isopor apresentam baixa condutividade. A capacidade isolante da maioria desses materiais deve-se, em grande parte, à presença de pequenas bolsas de ar

aprisionadas em sua estrutura porosa. O ar em estado de repouso é um péssimo condutor térmico (Hewitt, 2002). A Figura 1 apresenta a condução de calor em um meio material, através de uma fonte de calor.

Figura 1 – Condução térmica em cilindro metálico submetido ao aquecimento por chama de vela



Fonte: https://fity.club/lists/suggestions/exemplo-de-transferencia-de-calor-por-conducao/. Acesso em: 20 jul. 2026.

Um exemplo clássico de condução térmica é o aquecimento de uma colher metálica submersa em um recipiente com água fervente: mesmo que a extremidade superior do talher não esteja em contato direto com a fonte de calor, a energia propaga-se por sua estrutura até aquecê-la por completo. De igual modo, no ferro de passar roupas, o calor gerado por efeito Joule na resistência elétrica é conduzido microscopicamente até a base metálica que toca o tecido. Adicionalmente, na construção civil, o emprego de materiais com baixa condutividade térmica em paredes e coberturas visa mitigar a transferência interna de calor por condução, garantindo o conforto térmico das edificações.

De acordo com (Brasil, 2017, p. 548), na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos.

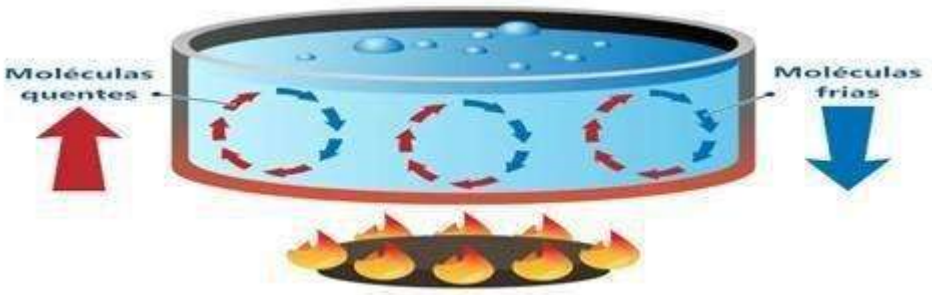
2.3.2. Processo de transferência de calor: convecção térmica

A convecção térmica é o mecanismo de transferência de calor característico dos fluidos (líquidos e gases), no qual a energia é transportada por meio do movimento macroscópico do próprio material. Diferentemente da condução, na qual as partículas apenas oscilam em torno de posições fixas de equilíbrio, a convecção envolve o deslocamento espacial de porções inteiras do fluido de uma região para outra. Nesse processo, as diferenças de temperatura provocam variações de densidade no fluido, favorecendo o deslocamento de porções mais quentes e mais frias (Hewitt, 2002; Ramalho Júnior; Ferraro; Soares, 2009).

A variação de densidade é provocada por gradientes de temperatura, atuando em conjunto com a força gravitacional e o princípio do empuxo. Quando uma porção de fluido situada na base de um recipiente é aquecida, suas moléculas aumentam a velocidade translacional e o espaçamento médio entre si, ocasionando a dilatação térmica volumétrica. Com o aumento de volume para uma mesma massa, essa porção aquecida torna-se menos densa do que o fluido adjacente mais frio. Por ação do empuxo, a massa aquecida ascende, enquanto o fluido superior, mais frio e denso, afunda sob a ação da gravidade. Esse ciclo contínuo estabelece as correntes de convecção, promovendo a homogeneização térmica de todo o meio fluido (Hewitt, 2002).

Um exemplo clássico de convecção térmica é o aquecimento da água em uma panela sobre a chama de um fogão: o fluido em contato direto com o fundo do recipiente se aquece e sobe, enquanto a porção superior, resfriada pela interface com o ar, desce, promovendo a homogeneização térmica do líquido. Outra manifestação macroscópica relevante ocorre na dinâmica de massas de ar em ambientes arquitetônicos. O ar aquecido tende a subir, enquanto o ar resfriado descende, justificando fisicamente a instalação estratégica de aparelhos de ar-condicionado na parte superior das paredes para otimizar o ciclo de refrigeração. Esse mesmo princípio rege fenômenos geofísicos e meteorológicos de grande escala, como a formação dos ventos , as correntes marítimas globais e o desenvolvimento de nuvens cumulus. A Figura 2 representa a formação de correntes de convecção em um recipiente aquecido por chamas, evidenciando o movimento do fluido decorrente das diferenças de temperatura e densidade, responsável pela transferência de calor por convecção.

Figura 2 – Formação de correntes de convecção em recipiente aquecido por chama, evidenciando o movimento do fluido decorrente das diferenças de temperatura



Fonte: https://fity.club/lists/suggestions/exemplo-de-transferencia-de-calor-por-conducao/. Acesso em: 20 jul. 2026.

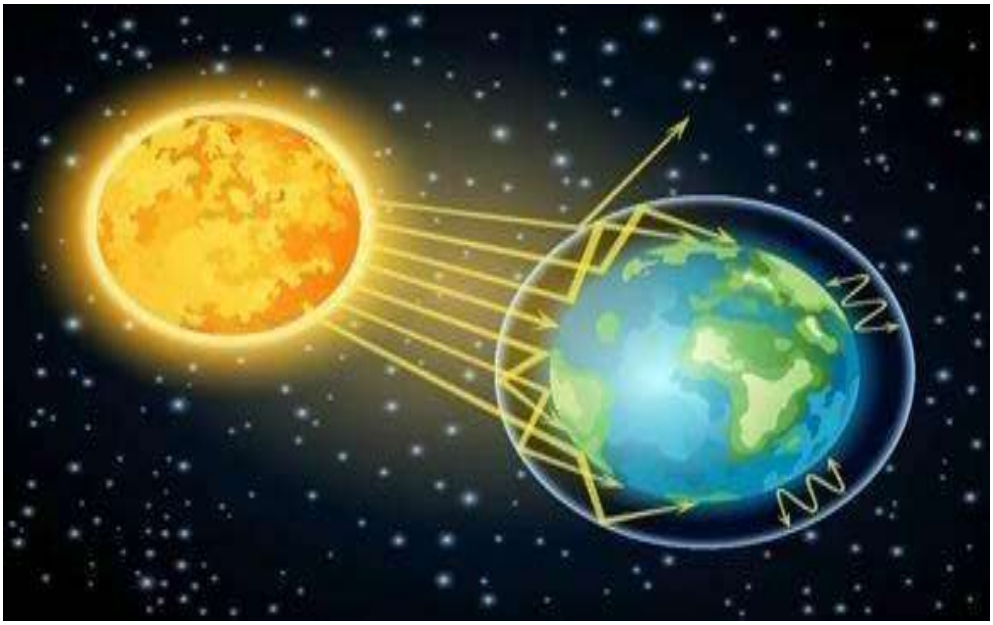
2.3.3. Processo de transferência de calor: radiação térmica

A radiação térmica (ou energia radiante) consiste na transferência de calor intermediada pela emissão e propagação de ondas eletromagnéticas. Ao contrário da condução e da convecção, a radiação não requer um suporte material para se processar, sendo o único mecanismo capaz de transmitir energia através do vácuo. É por meio desse processo que a energia solar atravessa cerca de 150 milhões de quilômetros do espaço sideral para aquecer a Terra e manter o equilíbrio térmico do planeta, Figura 3. A intensidade da energia radiante está relacionada às características do corpo e à sua temperatura, sendo esse processo responsável por importantes fenômenos e aplicações presentes no cotidiano. Todos todos os corpos materiais com temperatura absoluta acima do zero absoluto (0 K ou - 273,15 °C) emitem energia radiante de forma contínua. Essa emissão decorre da aceleração e oscilação de cargas elétricas microscópicas (prótons e elétrons) contidas nos átomos. A taxa total de energia emitida e a distribuição espectral das frequências dependem diretamente da temperatura absoluta da fonte. Quanto maior a temperatura do corpo, maior será a frequência de pico da radiação emitida e menor o seu comprimento de onda (Hewitt, 2002; Ramalho Júnior; Ferraro; Soares, 2009).

Um exemplo cotidiano de radiação térmica é a sensação de calor ao se aproximar de uma fogueira, mesmo sem contato direto com o fogo. A radiação também está presente em diversas tecnologias, como painéis solares, que convertem energia radiante em energia elétrica. Outro exemplo é o uso de sensores infravermelhos em câmeras térmicas, que permitem visualizar diferenças de temperatura em diferentes superfícies. Além disso, a taxa de absorção e emissão radiante de uma superfície é governada por suas propriedades ópticas e de coloração. Superfícies escuras e foscas comportam-se como excelentes absorvedoras e emissoras de radiação térmica, enquanto superfícies claras e espelhadas funcionam como refletoras. Um

exemplo clássico do controle integrado dos três mecanismos de transferência de calor é a garrafa térmica (vaso de Dewar). Suas paredes duplas de vidro envolvem uma região evacuada (vácuo) que extingue a condução e a convecção, as superfícies internas do vidro são prateadas para refletir as ondas eletromagnéticas de volta ao interior, minimizando as perdas de calor por radiação (Hewitt, 2002).

Figura 3 – Esquema ilustrativo da transferência de calor por radiação, evidenciando a propagação da energia térmica emitida pelo Sol em direção à Terra



Fonte: https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2023/03/irradiacao-termica-sol-terra.jpg. Acesso em: 20 jul. 2026..

3. PERCURSO METODOLÓGICO E VALIDAÇÃO DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Esta investigação caracteriza-se como uma pesquisa de intervenção pedagógica, por compreender que a produção de conhecimento científico deve estar articulada à transformação da prática educativa. Diferentemente de estudos que se limitam à observação ou à descrição da realidade escolar, essa modalidade de pesquisa envolve o planejamento, a implementação e a avaliação sistemática de intervenções fundamentadas em referenciais teóricos, com o propósito de promover melhorias nos processos de ensino e aprendizagem. De acordo com Damiani et al. (2013), esse tipo de investigação pressupõe a realização planejada de mudanças ou inovações pedagógicas, acompanhada da avaliação dos efeitos decorrentes dessas ações, podendo contribuir para a produção de conhecimentos no campo educacional.

Por compreender que a produção de conhecimento científico deve estar articulada à transformação da prática educativa. Diferentemente de estudos que se limitam à observação ou à descrição da realidade escolar, essa modalidade de pesquisa envolve o planejamento, a implementação e a avaliação sistemática de intervenções fundamentadas em referenciais teóricos, com o propósito de promover melhorias nos processos de ensino e aprendizagem. Nessa perspectiva, conforme Damiani et al. (2013), a intervenção pedagógica consiste na proposição de ações intencionais voltadas à resolução de problemas identificados no contexto educacional, cujos efeitos são analisados de forma sistemática, contribuindo simultaneamente para o aperfeiçoamento da prática docente e para a produção de conhecimentos na área da Educação. A partir de uma situação-problema vivenciada no ambiente educacional são elaboradas estratégias de intervenção compatíveis com as necessidades do contexto investigado. Essas estratégias são implementadas, acompanhadas e avaliadas de forma contínua, possibilitando compreender seus efeitos sobre a prática pedagógica e sobre a aprendizagem dos estudantes. Desse modo, o pesquisador assume uma postura ativa, atuando como mediador do processo investigativo e reflexivo, ao mesmo tempo em que produz conhecimentos capazes de subsidiar a tomada de decisões e o aperfeiçoamento das práticas educativas.

Nesse sentido, a presente pesquisa desenvolveu, aplicou e avaliou um produto educacional fundamentado nos pressupostos do EnCI, buscando favorecer a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento científico. A intervenção foi realizada em contexto real de sala de aula, permitindo analisar sua viabilidade, suas potencialidades e suas

contribuições para o ensino de Física, bem como para a qualificação das práticas pedagógicas desenvolvidas na Educação Básica.

Ao mesmo tempo em que realiza a intervenção, o pesquisador acompanha, registra e analisa criticamente todo o processo, articulando estreitamente a ação prática e a reflexão teórica. Trata-se de uma modalidade investigativa que, conforme apontam Damiani et al. (2013, p. 58), "destinada a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que dela participam ".

Dessa forma, a pesquisa de intervenção estabelece uma relação intrínseca entre a produção de conhecimento e a ação transformadora, na qual a própria práxis pedagógica constitui-se como espaço de reflexão. A adoção dessa metodologia justifica-se pelas especificidades deste estudo, que visa compreender os sentidos que os estudantes atribuem às atividades investigativas, bem como identificar e analisar as manifestações de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) ao longo do desenvolvimento das atividades investigativas.

Sob essa ótica, o compromisso ético e metodológico do professor-pesquisador exige um planejamento rigoroso e um monitoramento contínuo dos efeitos de sua prática. Longe de assumir uma postura de neutralidade ou mera contemplação externa, o investigador participa ativamente do contexto social em que a pesquisa se desenvolve, construindo uma relação dialógica e democrática com os estudantes. De acordo com Damiani et. al. (2013), as pesquisas de intervenção pedagógica diferenciam-se das abordagens tradicionais por apresentarem quatro propriedades fundamentais:

- Constituem-se como pesquisas aplicadas, em contraposição às pesquisas puramente fundamentais;
- Partem de uma intenção deliberada de mudança ou inovação, materializando-se em práticas pedagógicas concretas;
- Trabalham com dados criados no decorrer da ação, em oposição a dados preexistentes que são simplesmente coletados;
- Envolvem uma avaliação rigorosa, sistemática e apoiada em métodos científicos sobre os efeitos de tais práticas, superando a mera descrição factual.

No desenho metodológico desta pesquisa, a realização da intervenção no contexto das atividades investigativas favoreceu a participação ativa dos alunos na construção de conceitos de Física. Carvalho (2010, p. 49) reforça que "o ensino investigativo não se limita à transmissão de conteúdos; ele envolve a ação reflexiva do estudante na construção de conceitos científicos".

Desse modo, o desenho interventivo buscou tensionar as práticas tradicionais e promover mudanças conceituais e atitudinais tanto nos discentes quanto na regência docente, partindo do pressuposto de que o pesquisador toma as decisões estratégicas iniciais, mas permanece permeável às contribuições e feedbacks dos sujeitos-alvo para o aprimoramento do trabalho (Damiani et al., 2013).

3.1. Contexto do estudo e instrumentos de coleta de dados

A pesquisa foi desenvolvida, pela pesquisadora e professora regente, com uma turma de 2º ano do Ensino Médio, de uma escola pública da rede estadual de ensino localizada no município de Rio Verde, Goiás. A intervenção pedagógica ocorreu ao longo de 03 (três) encontros com duração de 100 minutos cada. A implementação da proposta ocorreu na turma composta em média por 32 estudantes nos encontros, ao longo do desenvolvimento da proposta. Assim, a intervenção foi conduzida em condições reais de ensino, envolvendo a organização da turma, a mediação simultânea das discussões, o acompanhamento dos diferentes ritmos de aprendizagem e a gestão do tempo e dos materiais experimentais. Esses elementos constituem desafios inerentes ao cotidiano escolar e exigem do professor constantes adaptações para garantir a participação efetiva dos estudantes e o desenvolvimento das atividades propostas.

Para a análise dos dados, entretanto, foi realizada uma delimitação analítica que contemplou três grupos, correspondentes a 12 estudantes, possibilitando um acompanhamento mais aprofundado das interações discursivas e das evidências de Engajamento Disciplinar Produtivo. Tal escolha não significa que a pesquisa tenha se restringido a esses participantes, uma vez que toda a turma esteve envolvida nas discussões, experimentações e momentos de socialização ao longo da intervenção. Dessa forma, embora a análise sistematizada tenha se concentrado em um conjunto específico de estudantes, o processo de implementação e de mobilização dos participantes ocorreu em um contexto autêntico de sala de aula, preservando a complexidade, os desafios e as potencialidades característicos da prática docente na educação básica.

Previamente ao início das atividades, a proposta e os objetivos da investigação foram apresentados aos participantes e aos seus responsáveis legais, formalizando-se a autorização e a ciência do processo por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).

Para acompanhar e examinar os impactos da intervenção sobre a aprendizagem e as evidências de EDP nas aulas, utilizou-se uma abordagem dominantemente qualitativa baseada em múltiplos instrumentos de construção de dados:

- Problematização inicial e situações-problema propostas sobre o conceito de transferência de calor;
- Gravações audiovisuais das interações discursivas e dos episódios de argumentação em sala de aula;
- Registros em diário de campo contendo as anotações e observações diárias do pesquisador;
- Produções escritas dos estudantes, incluindo os registros experimentais e os relatos reflexivos de aula.

As gravações audiovisuais das interações discursivas e dos episódios de argumentação foram realizadas ao longo do desenvolvimento das atividades investigativas, contemplando os momentos em que os estudantes discutiram coletivamente o problema proposto, formularam e apresentaram suas hipóteses, acompanharam o desenvolvimento dos experimentos e construíram explicações a partir das evidências observadas. A exposição das hipóteses ocorreu durante as discussões em grupo e nas intervenções realizadas ao longo das atividades, quando os estudantes verbalizaram suas previsões e justificativas antes e durante a realização dos experimentos. Além disso, ao final de cada atividade investigativa foi realizado um momento de socialização e sistematização coletiva, no qual os grupos compartilharam suas observações, confrontaram as hipóteses inicialmente formuladas com os resultados obtidos e discutiram possíveis explicações para os fenômenos observados. Esses momentos foram igualmente registrados pelo pesquisador por meio das gravações audiovisuais e das anotações em diário de campo, constituindo-se como fontes para a análise das interações e do desenvolvimento das explicações dos estudantes.

O registro minucioso dessas informações viabilizou um ciclo contínuo de ação, observação e reflexão, permitindo efetuar ajustes pedagógicos em tempo real. No ensino investigativo, é imperativo que o diário de campo do professor evidencie os padrões de interação discursiva estabelecidos entre alunos e professor, revelando os avanços, os obstáculos e os movimentos cognitivos mobilizados durante os debates. O diário de campo é um instrumento essencial na prática pedagógica investigativa, pois funciona como um espaço de registro reflexivo e sistemático do cotidiano escolar. Nele, são anotados detalhadamente as observações, as interações e os dados coletados durante as atividades investigativas, além de registrar as impressões da professora/pesquisadora, os desafios encontrados e as reações da

turma. Esse acompanhamento contínuo fomenta ajuda a melhorar a autoavaliação docente, permitindo identificar lacunas tanto no processo de ensino quanto na aprendizagem dos estudantes. Desse modo, essas anotações servem como uma prova prática sólida para replanejar e implementar melhorias diretas na atividade seguinte, garantindo que a prática pedagógica seja constantemente retroalimentada pela reflexão e pela investigação.

Em suma, o tratamento analítico desses registros atende ao rigor metodológico preconizado por Damiani et al. (2013, p. 36), ao destacar que, nas pesquisas interventivas, a intenção elementar reside em "descrever detalhadamente os procedimentos realizados, avaliando-os e produzindo explicações objetivas sobre seus efeitos, fundamentadas nos dados e em teorias pertinentes".

Assim, a avaliação sistemática do processo confere inteligibilidade às transformações ocorridas na realidade escolar estudada.

3.2. Caracterizando a escola

A Escola em que realizou-se a pesquisa pertence à rede pública estadual de ensino e atende estudantes dos ensinos fundamental e médio, distribuídos entre os turnos matutino, vespertino e noturno.

Com mais de duas décadas de funcionamento, a escola possui uma infraestrutura básica composta por 15 salas de aula e 1296 estudantes nos três turnos de ensino, biblioteca, salas administrativas e sala dos professores. Apesar de algumas limitações estruturais, como a ausência de uma quadra coberta, o ambiente escolar é considerado acolhedor. Outro aspecto limitador da estrutura é a ausência de salas de aula climatizadas, o que compromete o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a rede elétrica demanda manutenção constante.

A diretora da escola foi escolhida democraticamente pela comunidade escolar, embora sua atuação concentre-se mais na função administrativa do que na pedagógica. Por sua vez, a equipe docente é formada por profissionais qualificados, muitos dos quais possuem especialização e larga experiência em sala de aula. A instituição tem buscado desenvolver projetos pedagógicos (como os temas bullying, Paz na Escola e Feira Cultural) que promovem o protagonismo juvenil e a integração entre os conteúdos curriculares e a realidade dos alunos.

O clima escolar reflete o contexto dos estudantes, destacando-se a boa relação entre alunos e professores.

3.3. Perfil dos sujeitos da pesquisa

O grupo caracteriza-se por sua heterogeneidade, expressa nas diferenças de ritmos de aprendizagem, níveis de desempenho acadêmico e formas de participação nas atividades escolares. Além disso, apresenta diversidade sociocultural, refletida nas distintas origens familiares, condições socioeconômicas, valores, experiências e modos de interpretar o mundo, fatores que influenciam diretamente as interações em sala de aula e as formas de construção do conhecimento.

A maioria dos alunos reside nas imediações da escola e muitos vivem em contextos de vulnerabilidade social, o que, por vezes, impacta sua trajetória educacional. Apesar desses desafios, observa-se um expressivo interesse por atividades pedagógicas diferenciadas, palestras, aulas experimentais, especialmente aquelas que promovem maior participação dos estudantes no processo de aprendizagem. Nesse sentido, o uso de Chromebooks tem contribuído para ampliar o acesso a recursos digitais, possibilitando a realização de pesquisas e a consulta em materiais multimídia. Da mesma forma, as rodas de conversa realizadas com temas que estão na mídia por disciplinas afins, reuni os estudantes e faz uma escuta ativa, proporcionando um momento de diálogo e interação entre os estudantes, nos quais os estudantes podem compartilhar experiências, expressar opiniões e relacionar os conteúdos escolares com situações do cotidiano. Aliada a essas estratégias, a escuta ativa favorece a valorização das contribuições dos alunos, fortalecendo o respeito mútuo, o desenvolvimento da argumentação e a construção coletiva do conhecimento.

No que diz respeito à composição por gênero da turma pesquisada, os estudantes são constituídos por 17 estudantes do sexo feminino e 13 do sexo masculino. Essa configuração, somada à pluralidade étnica e social do grupo, enriquece os debates, amplia as trocas de experiências e fortalece a construção coletiva do conhecimento. Durante as observações, constatou-se que as relações interpessoais são pautadas pelo respeito mútuo e pela cooperação, mantendo um bom nível de participação nas atividades propostas. Desse modo, a diversidade observada constitui um fator positivo para a promoção de um ambiente inclusivo e reflexivo.

A participação na pesquisa foi totalmente voluntária. Os estudantes foram informados sobre os objetivos do estudo e a metodologia utilizada. Para viabilizar a investigação, os responsáveis legais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e os discentes assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE). A coleta de dados foi realizada com o consentimento dos participantes e da instituição escolar, em conformidade com os princípios éticos da pesquisa com seres humanos previstos pela Resolução nº 510/2016

do Conselho Nacional de Saúde (CNS). O protocolo de pesquisa, intitulado “Uma Sequência de Ensino por Investigação em Termologia: Contribuições para o Ensino de Física no Ensino Médio”, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Goiás (CEP/IFG), sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 85161324.7.0000.8082.

Por fim, para preservar a identidade dos sujeitos e garantir o sigilo das informações coletadas, os nomes dos participantes foram substituídos por siglas numéricas sequenciais, tais como A1, A2 e A3.

3.4. Dinâmica de interação com os participantes

As atividades da pesquisa foram desenvolvidas no ambiente escolar durante o horário regular das aulas, em comum acordo com a coordenação pedagógica. As ações da investigação foram integradas à rotina da disciplina, de modo a não interferir no calendário de conteúdos previamente estabelecido.

As interações com os alunos ocorreram de maneira respeitosa e acolhedora, estimulando a participação de todos. Os estudantes foram incentivados a expressar suas opiniões e a refletir sobre as vivências escolares em relação ao tema investigado. O ambiente construído permitiu que o grupo se sentisse à vontade para colaborar com o estudo, oferecendo contribuições relevantes e pertinentes às atividades investigativas.

A abordagem metodológica priorizou o protagonismo estudantil e o diálogo como ferramentas centrais do processo investigativo. Desse modo, os sujeitos não foram tratados apenas como fontes de dados, mas como participantes ativos na construção do conhecimento. A pesquisa buscou, assim, compreender de que maneira a implementação do ensino por investigação pode impactar o processo de aprendizagem em Física, com foco no engajamento dos discentes, na melhoria da compreensão conceitual, no desenvolvimento de habilidades estruturais e na resolução de problemas.

O percurso metodológico apresentado neste capítulo evidencia a coerência entre os objetivos da pesquisa, os pressupostos teóricos do EnCI e a opção pela pesquisa de intervenção pedagógica como estratégia metodológica. A escolha dessa abordagem permitiu desenvolver, implementar e acompanhar uma proposta didática em contexto real de sala de aula, favorecendo a articulação entre teoria e prática e possibilitando a compreensão dos efeitos da intervenção sobre o processo de ensino e aprendizagem. Considerando a necessidade de explicitar a relação entre os fundamentos do EnCI e as práticas desenvolvidas durante a

intervenção, foram identificados os principais elementos que orientaram a organização das atividades. Entre esses elementos destacam-se a apresentação de uma situação-problema, a participação ativa dos estudantes, a elaboração e exposição de hipóteses, a realização de atividades experimentais, a observação e análise de evidências, a discussão e argumentação entre os participantes, a sistematização dos resultados e a construção de explicações para os fenômenos investigados. O quadro a seguir relaciona esses elementos às ações realizadas nas atividades de radiação, convecção e condução térmica, permitindo verificar como os fundamentos do EnCI foram contemplados no desenvolvimento da proposta didática.

Quadro 2 - Elementos do EnCI contemplados nas atividades desenvolvidas

Elementos do EnCI	**Fundamentação teórica**	**Como foi contemplado na intervenção**	**Evidência nas atividades**
Problematização	Carvalho (2013; 2018) destaca a importância de uma questão-problema que possibilite aos estudantes pensar sobre um fenômeno e buscar explicações	As atividades foram iniciadas a partir de situações-problema relacionadas à propagação do calor.	Na radiação, questionou-se o comportamento de recipientes de diferentes cores diante de uma fonte de calor; na convecção, como fazer a espiral girar; na condução, como o calor se propaga pela barra metálica
Levantamento e exposição de hipóteses	Carvalho (2013) considera a elaboração de hipóteses como parte importante do processo investigativo, pois permite que os estudantes expressem suas ideias e previsões sobre o fenômeno.	Os estudantes foram incentivados a apresentar suas previsões antes e durante a realização dos experimentos	Os grupos discutiram previamente o que poderia acontecer e verbalizaram suas previsões sobre o aquecimento, o movimento da espiral e a queda dos clipes.
Participação ativa dos estudantes	No EnCI, os estudantes são envolvidos na resolução do problema, assumindo papel ativo na construção das explicações (Carvalho, 2013).	Os estudantes participaram das decisões, manipularam materiais, observaram os fenômenos e discutiram os resultados.	Na convecção, por exemplo, os estudantes modificaram a posição e a distância das velas para investigar as condições necessárias para o movimento da espiral.
Experimentação e observação	A atividade experimental constitui um recurso para que os estudantes tenham	Foram realizadas atividades experimentais de baixo custo, acompanhadas	Foram observadas as variações de temperatura na radiação, o movimento

Elementos do EnCI	Fundamentação teórica	Como foi contemplado na intervenção	Evidência nas atividades
	contato com evidências relacionadas ao problema investigado (Carvalho, 2013).	de observação sistemática dos fenômenos.	da espiral na convecção e a queda sequencial dos clipes na condução.
Análise de evidências	Sasseron (2015) destaca a importância de os estudantes relacionarem dados e evidências à construção de explicações sobre os fenômenos investigados.	Os estudantes foram orientados a comparar suas previsões com os resultados observados.	Os grupos confrontaram suas hipóteses iniciais com os resultados obtidos nos experimentos e discutiram possíveis explicações para as diferenças observadas.
Discussão e argumentação	Carvalho (2013) e Sasseron (2015) ressaltam a importância das interações discursivas para a construção de explicações e para o desenvolvimento da argumentação no ensino de Ciências.	Foram promovidas discussões entre os integrantes dos grupos e momentos de diálogo coletivo.	As gravações registraram momentos em que os estudantes justificaram suas ideias, questionaram as explicações dos colegas e reformularam suas interpretações.

Fonte: elaborado pela autora (2026), com base em Carvalho (2013, 2018) e Sasseron (2015).

A caracterização do contexto escolar, do perfil dos participantes, dos procedimentos éticos e dos instrumentos utilizados na construção dos dados compõe o percurso metodológico da investigação. Embora tenham sido utilizados diferentes procedimentos de registro durante o desenvolvimento das Atividades Investigativas, a análise apresentada nesta pesquisa foi realizada a partir das transcrições das interações discursivas registradas em áudio e vídeo. Essas transcrições constituíram a principal fonte de evidências para a análise dos episódios selecionados, permitindo identificar as falas dos estudantes, suas hipóteses, questionamentos, justificativas, argumentações e explicações construídas ao longo das atividades de radiação, convecção e condução térmica. A partir desses episódios, foram analisadas as manifestações relacionadas aos indicadores de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP), conforme apresentado nos quadros de análise das respectivas atividades. O diário de campo e os demais registros realizados durante a intervenção foram utilizados como recursos de acompanhamento e contextualização do desenvolvimento das aulas, mas não constituíram a fonte direta para a análise dos episódios de EDP.

Quadro 3 – Instrumentos de construção dos dados e evidências utilizados na análise das atividades investigativas

Instrumento/ procedimento	Dados produzidos	Utilização na pesquisa	Evidências apresentadas na análise
Gravações audiovisuais	Registros das interações discursivas entre os estudantes e das intervenções realizadas durante as atividades.	Constituiu a principal fonte para a análise dos dados, possibilitando identificar as manifestações dos estudantes durante o desenvolvimento das atividades investigativas.	Transcrições das falas dos estudantes, organizadas em episódios de interação e apresentadas nos quadros de análise das atividades de radiação, convecção e condução térmica.
Transcrições das interações discursivas	Falas dos estudantes relacionadas às observações, hipóteses, justificativas, questionamentos, argumentações e explicações construídas durante as atividades.	Foram utilizadas para identificar e interpretar as interações discursivas e as manifestações relacionadas aos indicadores de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP).	Trechos das falas dos estudantes apresentados nos quadros de análise, acompanhados da interpretação dos episódios e da identificação dos indicadores de EDP.
Diário de campo	Anotações e observações realizadas pelo pesquisador durante o desenvolvimento das atividades.	Utilizado como registro complementar do desenvolvimento das aulas e para acompanhamento do contexto em que as atividades foram realizadas.	Não constituiu fonte direta da análise dos episódios de EDP apresentada neste capítulo.

Fonte: elaborado pela autora (2026).

O percurso metodológico estabeleceu as condições necessárias para a validação do produto educacional em situação real de ensino, assegurando consistência científica ao desenvolvimento da pesquisa e fornecendo subsídios para a análise dos resultados obtidos. No capítulo seguinte, serão apresentados e discutidos os dados produzidos durante a intervenção pedagógica, buscando compreender as contribuições do Ensino Investigativo para o ensino de Termologia e para o desenvolvimento do Engajamento Disciplinar Produtivo dos estudantes.

3.5. Produto educacional – Ensino de Física pela investigação: termologia no ensino médio

Para explicitar a organização da intervenção pedagógica, o quadro a seguir apresenta os três encontros destinados ao desenvolvimento das Atividades Investigativas em Termologia, contemplando os conteúdos de radiação, convecção e condução térmica.

No Quadro 4 são apresentados, em cada encontro, constituído por duas aulas de 50 minutos, o objeto de conhecimento, os momentos que orientaram o desenvolvimento do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) e a descrição das ações realizadas com os estudantes. A organização das atividades teve como finalidade possibilitar que os estudantes se envolvessem em situações-problema relacionadas a fenômenos térmicos, formulassem e expusessem hipóteses, realizassem investigações experimentais, analisassem evidências, discutissem os resultados e construíssem explicações para os fenômenos observados.

Quadro 4 – Encontros realizados durante a aplicação das atividades investigativas

Encontros	**Objeto de conhecimento**	**Etapas do Ensino Investigativo**	**Descrição das atividades desenvolvidas**
1º Encontro (100 min)	Radiação térmica	Apresentação do problema; levantamento de hipóteses; investigação; sistematização; contextualização.	1º Momento – Apresentação do problema. Os estudantes foram organizados em 8 grupos de 4 integrantes. Inicialmente, foi apresentada uma situação-problema envolvendo a absorção de calor por superfícies de diferentes cores, buscando despertar a curiosidade e incentivar a reflexão sobre o comportamento térmico de materiais submetidos à mesma fonte de calor. 2º Momento – Levantamento de hipóteses. Após a problematização, os grupos formularam hipóteses sobre qual das latas , a pintada de preto ou a de alumínio, apresentaria maior aquecimento quando exposta às mesmas

Encontros	Objeto de conhecimento	Etapas do Ensino Investigativo	Descrição das atividades desenvolvidas
			condições experimentais, justificando suas previsões com base em seus conhecimentos prévios. 3º Momento – Investigação. A demonstração investigativa foi realizada utilizando duas latas, uma pintada de preto e outra na cor alumínio, termômetros digitais, cronômetro e uma vela como fonte de calor. Durante a atividade, os estudantes observaram o experimento, registraram os dados obtidos, compararam os resultados e confrontaram suas hipóteses com as evidências experimentais. 4° Momento – Sistematização. Ao término da investigação, realizou-se uma discussão coletiva dos resultados, permitindo aos estudantes compreender e sistematizar os conceitos relacionados à radiação térmica e à absorção de energia por superfícies de diferentes cores. 5º Momento – Contextualização. Por fim, os conceitos construídos durante a atividade foram relacionados a situações do cotidiano, como a escolha de roupas claras e escuras,

Encontros	Objeto de conhecimento	Etapas do Ensino Investigativo	Descrição das atividades desenvolvidas
			o uso de diferentes tipos de telhados e os sistemas de aquecimento solar, favorecendo a atribuição de significado ao conhecimento científico.
2º Encontro (100 min)	Convecção térmica	Apresentação do problema; levantamento de hipóteses; investigação; sistematização; contextualização.	1º Momento – Apresentação do problema. Os estudantes foram organizados em três grupos de quatro integrantes. Inicialmente, foi apresentada a situação-problema relacionada ao funcionamento do espiral de papel quando submetido à ação de uma fonte de calor, buscando despertar a curiosidade e incentivar a investigação sobre o fenômeno observado. 2º Momento – Levantamento de hipóteses. Após a discussão da problematização, os grupos formularam hipóteses sobre o comportamento esperado do experimento e registraram suas ideias iniciais, apresentando possíveis explicações para o movimento do espiral. 3º Momento – Investigação. Em seguida, cada grupo confeccionou seu próprio espiral de papel, seguindo as orientações iniciais do

Encontros	Objeto de conhecimento	Etapas do Ensino Investigativo	Descrição das atividades desenvolvidas
			professor. Após a montagem, os estudantes posicionaram o espiral sobre uma fonte de calor e realizaram sucessivos ajustes na estrutura experimental, na altura e no alinhamento do dispositivo até que o espiral girasse adequadamente. Durante essa etapa, observaram cuidadosamente o comportamento do espiral, discutiram entre si as possíveis causas do movimento, reformularam hipóteses quando necessário e registraram suas observações e resultados. 4º Momento – Sistematização. Após os grupos conseguirem o funcionamento do experimento, ocorreu a socialização dos resultados e a comparação das diferentes estratégias utilizadas para solucionar as dificuldades encontradas. Com a mediação do professor, os estudantes sistematizaram o conceito de convecção térmica, compreendendo que o movimento ascendente do ar aquecido é responsável pela rotação do espiral. 5º Momento – Contextualização. Por fim, os estudantes

Encontros	Objeto de conhecimento	Etapas do Ensino Investigativo	Descrição das atividades desenvolvidas
			relacionaram o mecanismo de transferência de calor por convecção a situações do cotidiano, como a formação dos ventos, das brisas marítimas e terrestres, da circulação atmosférica e do funcionamento de aparelhos de ar-condicionado e sistemas de ventilação.
3º Encontro (100 min)	Condução térmica	Apresentação do problema; levantamento de hipóteses; investigação; sistematização; contextualização.	1º Momento – Apresentação do problema. Os estudantes foram organizados em três grupos de quatro integrantes. A atividade investigativa iniciou-se com a apresentação de uma situação-problema relacionada à forma como o calor se propaga em materiais sólidos, buscando estimular a curiosidade e a investigação sobre os mecanismos envolvidos nesse processo. 2º Momento – Levantamento de hipóteses. Após a problematização, os grupos formularam hipóteses acerca do comportamento dos clipes fixados em uma haste metálica com parafina, prevendo a ordem e o momento em que ocorreriam as quedas à medida que o calor fosse aplicado em uma das extremidades da haste.

Encontros	Objeto de conhecimento	Etapas do Ensino Investigativo	Descrição das atividades desenvolvidas
			3º Momento – Investigação. Durante a realização do experimento, os estudantes observaram atentamente a sequência de queda dos clipes, registraram os resultados obtidos e discutiram entre si as possíveis explicações para a propagação do calor ao longo do metal, confrontando suas hipóteses com as evidências experimentais. 4º Momento – Sistematização Após a análise dos resultados e das evidências produzidas durante a investigação, realizou-se uma discussão coletiva mediada pelo professor para a sistematização do conceito de condução térmica, destacando a transferência de energia por meio das interações entre as partículas do material. 5º Momento – Contextualização. Por fim, os estudantes relacionaram o conceito de condução térmica a situações do cotidiano, como o funcionamento de utensílios domésticos, panelas, cabos isolantes, ferramentas e materiais utilizados como isolantes térmicos, ampliando a compreensão da aplicação do conhecimento científico em diferentes

Encontros	Objeto de conhecimento	Etapas do Ensino Investigativo	Descrição das atividades desenvolvidas
			contextos.

Fonte: elaborado pela autora (2026).

As atividades investigativas estruturaram-se a partir de uma situação-problema inicial, desdobrando-se em etapas metodológicas que compreenderam: contextualização, atividade experimental, levantamento e teste de hipóteses, socialização e argumentação, e sistematização dos conceitos em grupo teste de hipóteses constitui o momento em que as suposições levantadas são colocadas à prova. Esse processo ocorre tanto por meio da manipulação direta de materiais quanto no nível das ideias, quando o teste é realizado por intermédio de atividades de pensamento fundamentadas em conhecimentos prévios (Carvalho; Sasseron, 2015).

A formulação de hipóteses representa um momento central nas atividades investigativas, pois atua como a ponte entre os conhecimentos espontâneos trazidos pelos alunos e os conceitos científicos a serem construídos. Ao se depararem com uma situação-problema, os estudantes são desafiados a mobilizar suas ideias prévias e imaginar possíveis soluções, transformando questionamentos iniciais em hipóteses testáveis que guiarão a experimentação, a argumentação e a posterior sistematização do conhecimento em sala de aula. Esse momento, em que os estudantes buscam uma explicação conceitual por meio da argumentação, que é socializada com a turma, favorece a interação entre os alunos e entre o aluno e o professor, uma vez que a exposição das suposições propicia a reflexão sobre o tema e provoca a reorganização de ideias. Trata-se de uma contribuição singular para a construção do conhecimento pelos estudantes, que, por conseguinte, aprendem a pensar cientificamente (Carvalho, 2013).

A sistematização do conhecimento, assim como a argumentação, constitui uma etapa em que o diálogo é imprescindível, visto que possibilita a ampliação dos saberes pelos alunos, promove a oralidade, gera o respeito mútuo e propicia o confronto saudável de opiniões. Para Carvalho (2013), a sistematização consiste na:

> [...] etapa da passagem da ação manipulativa à ação intelectual. E como ação intelectual os alunos vão mostrando, através do relato do que fizeram, as hipóteses que deram certo e como foram testadas. Essas ações intelectuais levam ao início do desenvolvimento de atitudes científicas como o levantamento de dados e a construção de evidências (Carvalho, 2013, p. 12).

3.5.1. Demonstração investigativa: radiação térmica

Esta seção apresenta uma demonstração investigativa sobre a radiação térmica, desenvolvida a partir da adaptação de demonstrações experimentais utilizadas no ensino de Física para abordar a relação entre a cor e a absorção da radiação térmica. A escolha dessa proposta fundamentou-se na possibilidade de abordar o fenômeno por meio de materiais simples, de baixo custo e de fácil acesso à realidade escolar, favorecendo a realização da atividade sem a necessidade de equipamentos laboratoriais específicos.

A opção por adaptar esse tipo de demonstração também esteve relacionada à possibilidade de transformar uma situação experimental relativamente simples em um problema investigativo. Em vez de apresentar previamente aos estudantes uma explicação sobre a influência da superfície na absorção da radiação, a atividade foi organizada de modo a possibilitar a observação do fenômeno, o levantamento de hipóteses, a discussão entre os integrantes dos grupos e a construção de explicações a partir dos resultados observados. Dessa forma, a demonstração foi selecionada não apenas por sua viabilidade experimental, mas principalmente por seu potencial para promover a participação dos estudantes na interpretação do fenômeno físico investigado.

A escolha da atividade considera, ainda, a possibilidade de estabelecer relações entre o conhecimento científico e situações presentes no cotidiano, como a utilização de roupas de diferentes cores, o aquecimento de objetos expostos ao Sol e o comportamento de diferentes superfícies diante da radiação térmica. Assim, a adaptação da demonstração buscou articular simplicidade experimental, contextualização e problematização, características consideradas importantes para o desenvolvimento da proposta de ensino investigativo apresentada neste trabalho. A escolha por uma demonstração investigativa, em vez de uma atividade de experimentação direta por cada grupo de alunos, fundamentou-se na escassez de materiais suficientes para equipar todos os grupos de forma simultânea. Essa alternativa viabilizou a realização da atividade sem prejuízo ao aprendizado, garantindo que toda a turma pudesse observar o fenômeno a partir de um ponto central de referência.

O procedimento experimental fundamentou-se em adaptações de materiais de demonstração da física térmica encontrados na literatura didática. Para assegurar o caráter investigativo, a turma foi organizada em grupos ao redor da demonstração experimental, de modo que os estudantes pudessem debater conjuntamente, levantar hipóteses, registrar as observações e colaborar ativamente na análise das evidências apresentadas na demonstração.

A aplicação da prática pedagógica teve início com a divisão da turma em oito grupos de quatro integrantes, totalizando trinta e dois alunos presentes no encontro. A partir dessa

organização inicial, deu-se início a um momento estruturante para a aprendizagem: a apresentação dos materiais e a problematização, elementos que serviram como ponto de partida para todo o percurso investigativo.

Primeiramente, a professora/pesquisadora apresentou o equipamento experimental, composto por duas latas metálicas (uma pintada de preto fosco e a outra foi mantida em sua cor original, predominantemente, em vermelho), termômetros digitais, uma fonte de calor radiante (velas) e o cronômetro de um aparelho celular. Essa montagem foi selecionada por permitir a observação direta dos efeitos da radiação térmica, uma das formas de propagação de calor menos compreendidas pelos estudantes. A figura 4, apresentada abaixo, demonstra a representação do processo de radiação térmica e da absorção de calor por materiais com diferentes cores e propriedades superficiais

Como destacam Borges e Salvador (2005), muitos alunos possuem concepções diferentes sobre o calor que foi observado durante a demonstração investigativa, associando-o apenas à condução ou ao contato físico direto, o que dificulta a compreensão de fenômenos que ocorrem por meio da radiação. Em seguida, a professora/pesquisadora apresentou aos estudantes a seguinte situação-problema: "Qual das duas latas aquecerá mais rapidamente quando expostas à mesma fonte de calor? Por quê?". Antes da realização da demonstração investigativa, os grupos discutiram a questão e suas hipóteses, justificando suas respostas com base em seus conhecimentos prévios. Observou-se que parte dos estudantes acreditava que as duas latas aqueceriam da mesma forma por serem do mesmo material, enquanto outros defendiam que a lata pintada de preto aqueceria mais rapidamente em razão da cor.

Após esse momento de discussão, as duas latas foram posicionadas à mesma distância da fonte de calor. Durante o experimento, os estudantes acompanharam atentamente as variações de temperatura de cada recipiente, que eram medidas com um termômetro digital e registradas pelo professor na lousa. À medida que os dados eram coletados, os grupos comparavam os resultados com as hipóteses inicialmente formuladas, discutindo as evidências observadas e reformulando suas explicações em grupo.

A temperatura das latas eram medidas em um intervalo de 3 em 3 minutos, em média, foram realizadas a medida de quatro temperaturas em tempos diferentes. Com o passar do tempo, os estudantes perceberam que a lata pintada de preto apresentava uma temperatura superior à da outra lata. Durante esse processo, os alunos participaram ativamente, expondo suas opiniões e constatações. A figura 4 descreve transferência de Calor por Radiação em Materiais com Diferentes Cores e Propriedades Superficiais

Ao longo da demonstração, o professor conduziu a atividade por meio de questionamentos que incentivaram os estudantes a observar o fenômeno, levantar hipóteses e expressar suas percepções. Inicialmente, os estudantes, organizados em grupos, discutiram entre si o que estava sendo observado, confrontando suas ideias e buscando possíveis explicações para o fenômeno. Durante esse momento, o professor circulou entre os grupos, realizando questionamentos e incentivando os estudantes a justificar suas hipóteses. Após as discussões nos grupos, as ideias levantadas foram socializadas com toda a turma, permitindo que os diferentes grupos apresentassem suas hipóteses e comparassem suas explicações. Esse momento de compartilhamento possibilitou a retomada das ideias pelos próprios estudantes e favoreceu a construção coletiva de explicações para o fenômeno investigado.

Figura 4 – Transferência de calor por radiação em materiais com diferentes cores e propriedades superficiais



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Durante todo o processo, o professor atuou como mediador, garantindo a organização da atividade, o uso adequado dos materiais e a segurança no manuseio da fonte de calor. Além disso, buscou envolver todos os estudantes, promovendo momentos de interação e incentivando a observação cuidadosa do fenômeno apresentado.

A etapa de desenvolvimento da atividade contemplou a observação e o registro das manifestações dos alunos pela professora no seu diário de campo, durante a proposta realizada, permitindo analisar suas percepções e formas de explicação sobre o fenômeno.

Ao longo da prática, verificou-se um aumento no interesse e na participação da turma, evidenciado pela formulação de hipóteses baseadas em experiências cotidianas, tais como a sensação térmica ao utilizar roupas escuras sob a luz solar. As respostas apresentadas pelos estudantes evidenciaram diferentes níveis de compreensão sobre o fenômeno investigado. Alguns afirmaram que as duas latas aqueceriam da mesma forma por serem constituídas do mesmo material, demonstrando que desconsideravam a influência da cor na absorção da radiação térmica. Outros estudantes argumentaram que a lata pintada de preto aqueceria mais rapidamente, justificando que as superfícies escuras absorvem maior quantidade de calor quando expostas a uma fonte de radiação. Houve ainda aqueles que relacionaram o aquecimento apenas à proximidade da fonte de calor, sem considerar as propriedades das superfícies envolvidas. Essas diferentes explicações revelaram que os estudantes possuíam conhecimentos prévios sobre o tema, porém com níveis distintos de elaboração conceitual, fornecendo ao professor subsídios para conduzir a investigação e promover a reconstrução dos conceitos científicos ao longo da atividade.

Nesse contexto, o ambiente da sala de aula favoreceu a interação e a troca de saberes, estimulando os discentes a ampliarem suas reflexões por meio de questionamentos sobre a influência da cor, a distância da fonte de calor e a relação com situações do dia a dia. Essas interações foram registradas e analisadas como parte do processo de compreensão do desenvolvimento conceitual do grupo.

3.5.2. Atividade experimental: convecção térmica

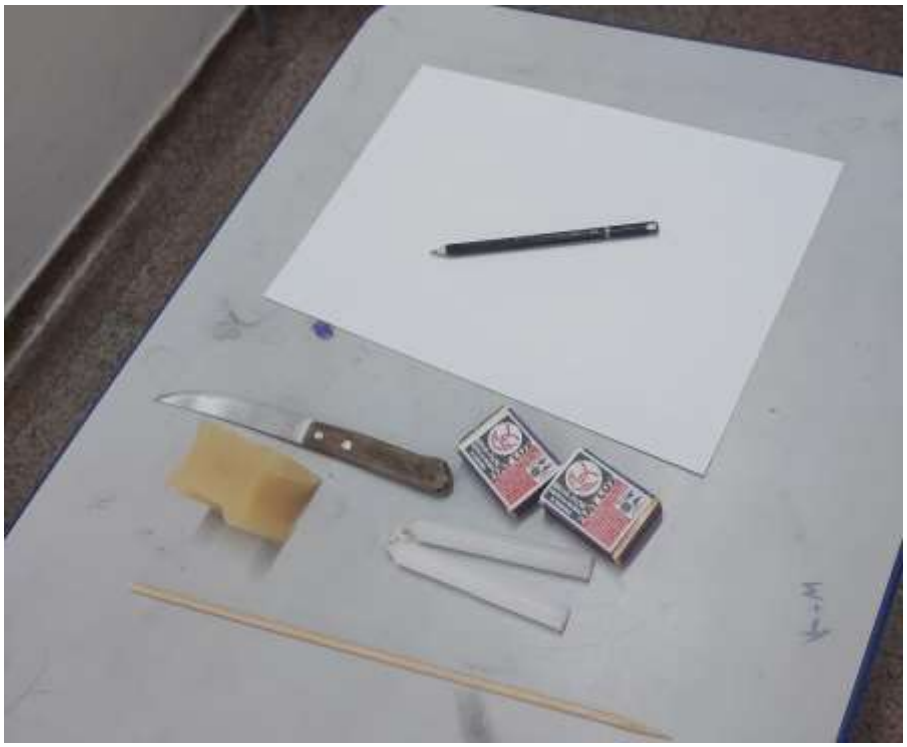
O objetivo desta etapa consistiu em compreender como o calor pode ser transferido pelo ar e causar movimento, investigando a convecção térmica por meio do experimento da espiral suspensa. O percurso metodológico da atividade foi estruturado a partir de uma proposta experimental voltada à compreensão desse fenômeno, tendo como eixo orientador a seguinte questão problematizadora: “Como fazer a espiral girar utilizando uma fonte de calor?”.

A atividade foi desenvolvida com a participação de doze alunos, organizados em três grupos de quatro integrantes, de modo a favorecer a interação, o envolvimento e a construção coletiva ao longo do processo investigativo.

Para a execução da prática, realizou-se inicialmente a apresentação dos materiais, os quais compreenderam: folhas de papel sulfite, lápis e tesoura para a confecção da espiral, varetas de madeira, velas, fósforos e uma base segura para a fixação da estrutura de sustentação, como apresentado na figura 6.

Todos os materiais foram previamente organizados pelo professor e disponibilizados sobre a mesa central. Conforme as necessidades de cada etapa, os grupos coletavam os itens necessários para a realização da atividade, sempre sob a orientação do docente a respeito dos cuidados indispensáveis no manuseio do fogo.

Figura 5 – Conjunto de materiais empregados na realização da atividade experimental sobre convecção térmica



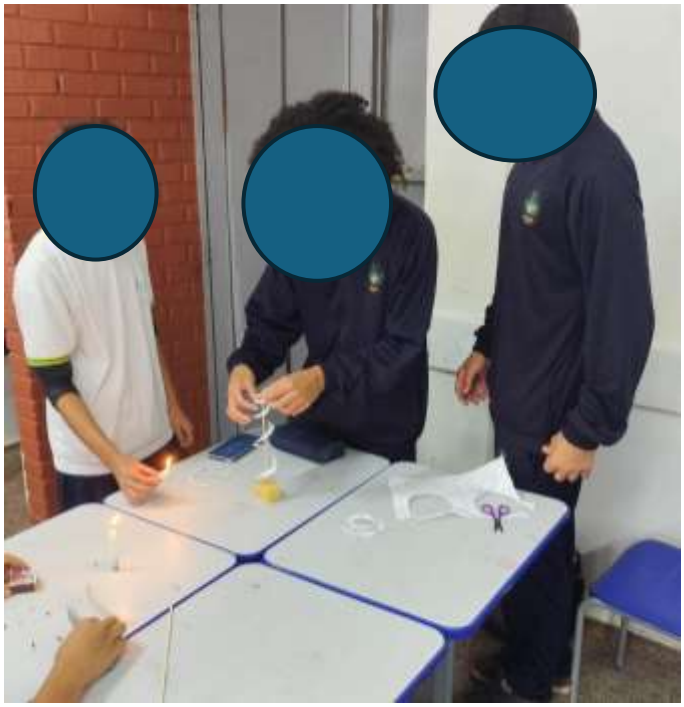
Fonte: elaborado pela autora (2025).

A atividade investigativa buscou instigar a curiosidade dos alunos e mobilizar seus conhecimentos prévios. Em seguida, os estudantes dedicaram-se à confecção do espiral , a qual fizeram por conta própria, o que necessitou de muitas tentativas até que chegassem ao modelo que girasse, desenhando no papel um formato circular contínuo, semelhante a uma espiral, e realizando o corte ao longo do traçado. Após essa etapa, a estrutura foi fixada por sua extremidade central a uma vareta, permitindo que ficasse suspensa e livre para rotacionar.

A atividade, procedeu-se à organização do experimento. A base, constituída por meia barra de sabão, foi posicionada de forma a sustentar a vareta de onde a espiral pendia, garantindo que o conjunto permanecesse equilibrado e sem contato com superfícies externas. Logo abaixo da espiral, inseriram-se as velas, mantendo-se uma distância segura e adequada para que o ar quente pudesse circular e movimentar a estrutura. Os estudantes realizaram

sucessivas tentativas, posicionando as velas de maneiras distintas até que a espiral começasse a se movimentar.

Figura 6 - Problemas e ajustes na construção da espiral para testes e realização do experimento

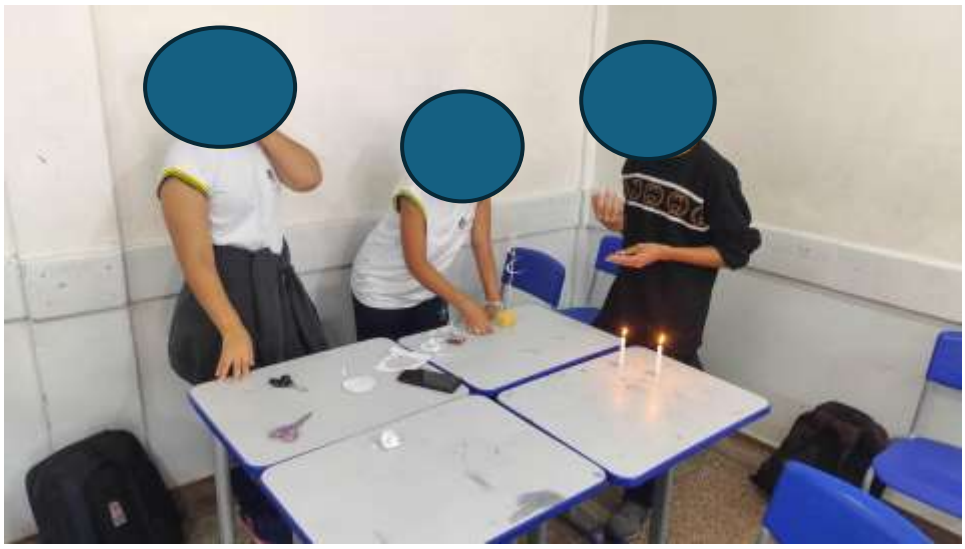


Fonte: elaborado pela autora (2025).

Durante a atividade, a professora/pesquisadora permaneceu atenta às ações dos estudantes, instigando-os e desafiando-os a responder à pergunta problematizadora. Para tanto, os alunos precisavam equilibrar a espiral e posicionar as velas corretamente, mantendo a estabilidade do sistema.

Com a estrutura montada, as velas foram acesas, iniciando-se a etapa de observação do fenômeno. Os discentes foram orientados a acompanhar o comportamento do aparato, observando atentamente os movimentos e discutindo, em grupo, as causas do giro ou da estagnação da estrutura, como mostra a figura 7. Ao longo desse momento, o professor atuou como mediador, propondo questionamentos que estimulavam a reflexão, tais como: “O que está acontecendo com o ar ao redor da vela?”, “Por que a espiral começa a se mover?” e “O que acontece se aproximamos ou afastamos a fonte de calor?”.

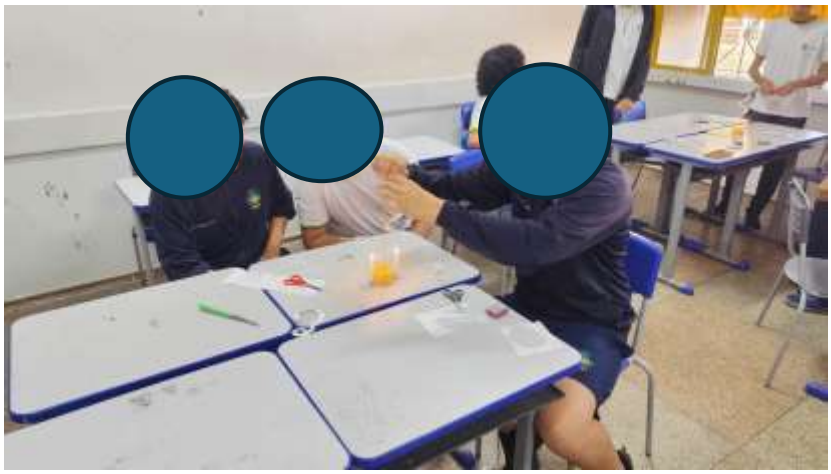
Figura 7 – Compreensão conceitual da convecção pelos estudantes durante a discussão sobre a resolução da situação-problema



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Ao longo da atividade, os alunos tinham que ajustar a posição da espiral e das velas, testando diferentes possibilidades para fazer com que o movimento ocorresse de forma mais evidente como mostra a figura 9. A atividade favoreceu a experimentação e a exploração do fenômeno, permitindo que os estudantes compreendessem, de maneira prática, que o aquecimento do ar provoca a diminuição de sua densidade, fazendo com que ele se desloque para cima, enquanto o ar mais frio, por ser mais denso, ocupa seu lugar. Esse movimento estabelece correntes de convecção, responsáveis pela transferência de calor em fluidos.

Figura 8 – Atividade experimental: estudantes testando as hipóteses e posicionando a espiral

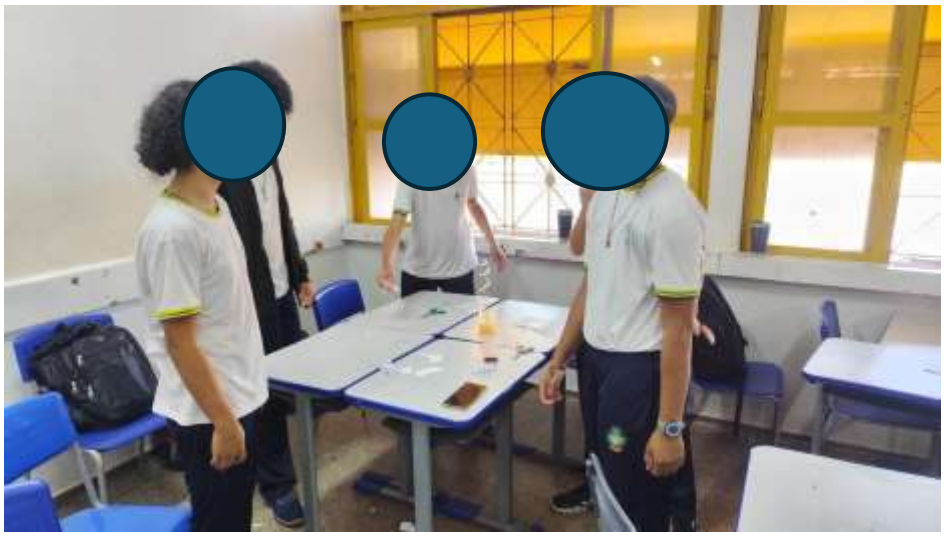


Fonte: elaborado pela autora (2025).

Durante toda a execução da atividade, os alunos buscavam solucionar os problemas que surgiam no decorrer do experimento. Paralelamente, foram reforçadas as orientações de

segurança, especialmente em relação ao uso das velas acesas, garantindo que o ambiente permanecesse controlado e adequado para a realização da prática. O professor acompanhou de perto cada grupo, assegurando a interação e a ampla participação dos estudantes, os grupos de estudantes conseguiram resolver a situação problema proposta como mostra a figura abaixo.

Figura 9 – Desenvolvimento da atividade experimental pelos estudantes, com a execução bem-sucedida do experimento proposto



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Concluída a experimentação, os estudantes socializaram os resultados obtidos, comparando suas observações com as hipóteses formuladas no início da atividade. Durante a discussão coletiva, explicaram o movimento do espiral com base nas evidências observadas e confrontaram suas interpretações com as dos demais grupos, sendo estimulados pelo professor a justificar suas respostas por meio da argumentação. No capítulo 5 descreveremos os argumentos com mais detalhes e realizaremos sua análise. Nesse momento, foram conduzidos à compreensão de que o aquecimento do ar reduz sua densidade, provocando sua ascensão e estabelecendo correntes de convecção responsáveis pelo movimento do espiral.

3.5.3. Atividade experimental: condução térmica

O objetivo desta etapa consistiu em investigar o processo de condução térmica em um meio sólido, analisando como o calor se propaga ao longo de uma haste metálica e influencia o comportamento da parafina, provocando a queda sequencial dos clipes à medida que a energia térmica é transferida.

A atividade experimental sobre condução de calor foi realizada com 32 alunos, os quais foram organizados em 8 (oito) grupos de quatro integrantes. Inicialmente, realizou-se a apresentação dos seguintes materiais: duas latas de alumínio para a sustentação da estrutura, uma haste metálica, clipes, velas (utilizadas para a extração da parafina) e fósforos como apresenta a figura 10.

Figura 10 – Materiais utilizados na atividade experimental sobre condução térmica



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Na sequência, introduziu-se a seguinte questão problematizadora: “Como os clipes reagem ao longo da barra metálica quando esta é submetida a uma fonte de calor?”.

Antes do início da experimentação, o professor apresentou aos estudantes os materiais que seriam utilizados, barra metálica, clipes, parafina e velas e orientou-os quanto à montagem inicial, indicando que os clipes deveriam ser fixados à barra com pequenas porções de parafina e que uma das extremidades da barra seria submetida à fonte de calor. A partir dessas orientações iniciais, os estudantes, organizados em grupos, ficaram responsáveis por montar o experimento e decidir como distribuir os clipes ao longo da barra, de modo a observar e discutir o que ocorreria após o aquecimento. Durante a montagem, os grupos adotaram diferentes estratégias. Alguns optaram por utilizar um menor espaçamento entre os clipes, enquanto outros os posicionaram de forma mais distanciada. Após a organização dos materiais, os estudantes acenderam as velas e posicionaram a fonte de calor em uma das extremidades da barra metálica.

Com o início do aquecimento, passaram a observar atentamente o comportamento dos clipes e a discutir, entre os integrantes dos grupos, a sequência em que poderiam cair e as

possíveis explicações para o fenômeno observado. Nesse momento, o professor acompanhou o desenvolvimento da atividade e realizou questionamentos que incentivaram os estudantes a explicitar suas hipóteses e justificar suas observações.

A prática permitiu que os alunos observassem de maneira direta como o calor se propaga ao longo de um meio sólido e como essa transferência influencia a fusão da parafina, ocasionando a queda dos clipes em tempos distintos. Desde o princípio, alguns grupos demonstraram a expectativa de que os clipes caíssem rapidamente e em uma sequência perfeitamente regular, o que não ocorreu. Essa discrepância entre a projeção inicial e o fenômeno observado empiricamente foi fundamental para despertar questionamentos e reflexões.

Durante a execução do experimento, alguns desafios metodológicos foram identificados. Na realização da atividade um dos grupos observou uma queda não sequencial dos clipes, esse é um momento que demanda uma mediação do professor que instigue os estudantes a buscar explicações para esse comportamento inesperado. Esses aspectos, que envolvem situações não planejadas ou experimentações que demandam um tempo superior ao previsto, constituem elementos inerentes ao fazer científico e, por isso, configuram-se como importantes oportunidades formativas. No contexto do EnCI, os imprevistos não devem ser compreendidos como obstáculos ao desenvolvimento da atividade, mas como momentos privilegiados para a problematização, a reflexão e a construção coletiva do conhecimento.

O papel do professor torna-se ainda mais relevante, exigindo sensibilidade pedagógica para adaptar a condução da aula, propor novas questões investigativas, estimular a argumentação entre os estudantes e favorecer a análise crítica dos resultados obtidos, mesmo quando estes diferem das expectativas iniciais. Assim, além dos possíveis recursos didáticos previamente planejados como momentos de diálogo, perguntas geradoras, espaços para registros, desenhos, esquemas, mapas conceituais, diário de bordo, atas de experimentação e vídeos complementares, as intervenções pedagógicas realizadas pelo professor durante o desenvolvimento da investigação constituem estratégias fundamentais para manter o engajamento dos estudantes, potencializar a aprendizagem e atribuir significado às situações emergentes.

Dessa forma, a mediação docente assume um caráter dinâmico e reflexivo, complementando os recursos inicialmente previstos e contribuindo para que os estudantes compreendam que a ciência é um processo de investigação marcado pela formulação de hipóteses, pela análise de evidências, pela revisão de ideias e pela construção contínua do conhecimento, contudo, a atividade experimental instigou os estudantes a levantarem hipóteses

e a formularem indagações que enriqueceram a compreensão do fenômeno. O principal questionamento girou em torno do motivo pelo qual os clipes mais distantes demoravam mais a cair, viabilizando o debate sobre a condução térmica como um processo progressivo que ocorre de molécula para molécula. Outra dúvida recorrente envolveu a assimetria de tempo na queda de clipes situados em posições próximas, levando à reflexão sobre a quantidade de parafina aplicada, a oscilação da chama e as variáveis ambientais. A curiosidade também se voltou para o papel da parafina, compreendida como um indicador visual do processo, cuja fusão revela quando determinada região da barra atingiu a temperatura necessária para a mudança de estado físico. Houve, ainda, indagações sobre o comportamento do sistema caso a barra fosse feita de outros materiais, como cobre, alumínio ou madeira, abrindo espaço para a introdução dos conceitos de condutividade térmica e a diferenciação entre condutores e isolantes.

De acordo com Carvalho (2013), a formulação de hipóteses e a construção de explicações pelos estudantes constituem momentos fundamentais do ensino por investigação, pois permitem que os discentes se apropriem do processo de elaboração científica ao relacionar observações empíricas com conceitos teóricos. Nesse sentido, a experiência com os clipes e a parafina possibilitou que os estudantes se engajassem em práticas próprias da ciência, como levantar problemas, propor explicações provisórias e testá-las com base nas evidências coletadas. Esse movimento consolida uma cultura investigativa em sala de aula, na qual o erro e a dúvida não são vistos como obstáculos, mas sim como oportunidades para ampliar a compreensão dos fenômenos.

Além disso, os questionamentos dos alunos dialogam diretamente com os indicadores de alfabetização científica descritos por Sasseron (2015), tais como a formulação de perguntas, a utilização de evidências empíricas e a proposição de hipóteses para interpretar resultados. Ao indagar sobre a função da parafina ou sobre a condutividade de diferentes materiais, os estudantes acionaram processos cognitivos que transcendem a simples observação, mobilizando o raciocínio científico para explicar fenômenos cotidianos. Como destaca a autora, esse tipo de prática promove a articulação entre conceitos científicos e situações reais, fortalecendo a compreensão do papel da ciência na explicação do mundo natural.

Assim, o Ensino Investigativo não apenas favoreceu a compreensão da condução térmica, mas também se configurou como uma oportunidade de desenvolvimento de habilidades investigativas, em consonância com o que Carvalho e Sasseron (2015) defendem como pilares para o ensino de ciências: estimular a curiosidade, fomentar a elaboração de explicações e criar condições para que os estudantes participem ativamente da construção do conhecimento.

A atividade experimental mostrou-se altamente proveitosa, pois possibilitou a observação do fenômeno físico e o desenvolvimento do pensamento crítico e investigativo dos discentes. As expectativas iniciais foram superadas pela constatação de que a condução de calor é influenciada por diversas variáveis, não ocorrendo de forma puramente uniforme e previsível no mundo real. Essa percepção, mediada pela análise da queda dos clipes, estimulou a compreensão de que a Física, embora estruturada por leis e modelos ideais, manifesta-se sob o impacto de condições reais e específicas de cada contexto experimental.

A atividade investigativa atingiu seus objetivos ao possibilitar a visualização prática da condução de calor, ao mesmo tempo em que despertou nos alunos a curiosidade científica e a capacidade de formular hipóteses e revelou-se uma ferramenta eficaz no ensino de Física, pois transformou a sala de aula em um ambiente de investigação. Ao final das atividades investigativas, considerou-se a inclusão de um quiz no produto educacional como instrumento para verificar a aprendizagem dos estudantes após a vivência das atividades propostas. A utilização desse recurso possibilita identificar se os estudantes conseguiram compreender os conceitos relacionados à transferência de calor e estabelecer relações entre os conhecimentos construídos durante a investigação e as situações apresentadas nas questões. Dessa forma, o quiz poderá ser utilizado pelo professor como uma estratégia de verificação da aprendizagem, permitindo observar possíveis avanços, dificuldades e dúvidas que ainda permaneçam após o desenvolvimento das atividades investigativas. Sua aplicação ao final da sequência também possibilita retomar os principais conceitos trabalhados e obter informações que contribuam para a avaliação do processo de aprendizagem dos estudantes.

4. INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM EM TERMOLOGIA: TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Por meio das manifestações verbais e gestuais dos estudantes, analisa-se a ocorrência de indícios de aprendizagem em Termologia, com foco específico nos processos de transferência de calor. Busca-se evidenciar como os discentes se apropriaram conceitualmente dos fenômenos investigados ao longo das Atividades Investigativas. A análise concentra-se na identificação de expressões de compreensão demonstradas durante as atividades de radiação, convecção e condução térmica, bem como nas argumentações, hipóteses e explicações produzidas individual e coletivamente. Evidencia-se a necessidade de compreender em quais situações o ensino por investigação promove o engajamento disciplinar do estudante.

Nesse sentido, busca-se observar não apenas a reprodução de conceitos científicos, mas também a capacidade dos estudantes de estabelecer relações entre diferentes fenômenos, aplicar raciocínios comparativos e elaborar explicações fundamentadas em evidências empíricas. Dessa forma, os resultados apresentados pretendem demonstrar que os indícios de aprendizagem emergem das interações dinâmicas entre estudantes, professor e atividades investigativas, revelando avanços em dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais. Tais evidências fornecem subsídios importantes para a compreensão do potencial do ensino por investigação na construção do conhecimento científico, especialmente em conteúdos tradicionalmente abstratos, como os que envolvem a termodinâmica e a transferência de calor.

A análise estruturou-se em turnos de fala e interações provenientes de três grupos compostos por quatro estudantes cada. A partir desses recortes, examinam-se os indícios de aprendizagem com base nas dimensões do engajamento disciplinar produtivo de Souza (2015), baseados em Engle e Conant (2002), descritos no Quadro 1, relacionando a linguagem verbal e a expressão corporal dos discentes. O desenvolvimento da atividade investigativa, iniciado com a apresentação do material experimental e a exposição da situação-problema, mostrou-se decisivo para engajar os alunos. A partir desse ponto, foi possível conduzir as etapas seguintes da atividade com maior profundidade, visto que os estudantes se encontravam intelectual e emocionalmente envolvidos com o desafio proposto, mostrando-se mais receptivos à construção coletiva de explicações fundamentadas.

Este capítulo, portanto, evidencia que a aprendizagem científica se fortalece quando o ensino parte de questões reais, posiciona o aluno como sujeito ativo e valoriza a experimentação e o diálogo como práticas pedagógicas centrais.

As atividades desenvolvidas geraram importantes avanços na aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades investigativas. Entre os benefícios identificados, destacam-se dois elementos: 1) Construção ativa do conhecimento: a partir da observação dos resultados experimentais. Como destaca Carvalho (2004), o ensino por investigação promove um ambiente no qual o estudante participa ativamente da construção do saber, sendo incentivado a questionar, argumentar e testar suas próprias ideias; 2) Trabalho em grupo e colaboração: O trabalho em grupo ocorreu ao longo das atividades investigativas, principalmente nos momentos de discussão da situação-problema, elaboração de hipóteses, realização dos experimentos e socialização das observações. Os estudantes foram organizados em pequenos grupos e, durante o desenvolvimento das atividades, compartilharam suas ideias, compararam diferentes interpretações e discutiram possíveis explicações para os fenômenos observados. Dessa forma, a interação entre os integrantes não se restringiu à execução das tarefas, mas esteve relacionada à construção e à revisão das ideias elaboradas durante a investigação.

Na atividade sobre radiação térmica, por exemplo, os estudantes discutiram o comportamento das latas submetidas à mesma fonte de calor e procuraram estabelecer relações entre suas características e o aquecimento observado. Durante esse momento, as falas dos estudantes evidenciam a necessidade de aproximar-se do experimento para observar melhor o fenômeno e de confrontar as previsões realizadas pelo grupo com aquilo que estava sendo observado. Esse movimento pode ser identificado no diálogo: A1: “Vamos chegar mais perto para podermos ver”; A4: “A lata preta vai esquentar menos”; e, diante das manifestações dos estudantes, a professora/pesquisadora intervém solicitando aos estudantes que observem com atenção a demonstração realizada e o que se espera que acontecerá com a temperatura das latas. O episódio evidencia que os estudantes recorriam à observação compartilhada para discutir suas interpretações, enquanto a intervenção do professor buscava direcionar a atenção para o fenômeno, sem antecipar uma explicação.

Situações semelhantes ocorreram durante as demais atividades, nas quais os estudantes discutiram os procedimentos, formularam e confrontaram hipóteses e, a partir das observações realizadas, retomaram suas explicações. A atuação da professora/pesquisadora esteve voltada à organização das situações de investigação e à mediação das discussões por meio de questionamentos e orientações, evitando fornecer respostas prontas. Nesse sentido, sua intervenção contribuiu para que os estudantes examinassem suas próprias ideias e considerassem as contribuições dos colegas, aspecto coerente com a perspectiva investigativa de ensino, na qual o professor atua na criação de condições para que os alunos construam, validem e reconstruam seus conhecimentos (Carvalho, 2018).

Assim, o trabalho colaborativo foi observado nos momentos em que os estudantes compartilhavam observações, apresentavam hipóteses, questionavam as ideias dos colegas e buscavam, conjuntamente, explicações para os fenômenos investigados. A análise desses momentos permite compreender a colaboração não apenas como uma forma de organização da turma em grupos, mas como uma dinâmica de interação na qual as ideias dos estudantes eram colocadas em discussão e poderiam ser modificadas a partir do diálogo e das evidências produzidas durante as atividades.

Antes da aplicação do produto educacional, a professora/pesquisadora buscou identificar, por meio de diálogos estabelecidos em sala de aula, os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo de transferência de calor. Durante as conversas iniciais, foram realizados questionamentos relacionados a situações do cotidiano, permitindo que os estudantes expressassem espontaneamente o que já sabiam sobre o aquecimento e o resfriamento dos corpos e sobre as formas de transferência de calor. Esses diálogos possibilitaram perceber que os estudantes apresentavam algumas ideias construídas a partir de suas experiências cotidianas, embora demonstrassem dificuldades para explicar os fenômenos utilizando os conceitos científicos de condução, convecção e radiação térmica. As informações obtidas nesse momento contribuíram para a preparação das atividades investigativas, considerando os conhecimentos apresentados pelos estudantes e a necessidade de propor situações que favorecessem a observação, a discussão e a construção de explicações para os fenômenos investigados.

Durante os encontros de aplicação do produto educacional, os diálogos em sala de aula também foram fundamentais para acompanhar o desenvolvimento das atividades e perceber como os estudantes estavam compreendendo os fenômenos investigados. A professora/pesquisadora observou as manifestações dos estudantes durante as discussões em grupo e nos momentos de socialização com a turma, atentando-se às hipóteses apresentadas, às dúvidas, às explicações construídas e às relações estabelecidas com situações do cotidiano. A expectativa era que as atividades possibilitassem maior participação dos estudantes e os incentivassem a buscar explicações para os problemas propostos. Ao longo dos encontros, porém, foi possível perceber que alguns estudantes apresentavam maior facilidade para expor suas ideias, enquanto outros necessitavam de questionamentos e intervenções da professora/pesquisadora para participar das discussões e elaborar suas explicações. Dessa forma, os diálogos estabelecidos durante a aplicação das atividades investigativas constituíram-se como importantes momentos para acompanhar o processo de aprendizagem e compreender as respostas dos estudantes.

4.1. Análise do primeiro encontro: radiação térmica

Nesse encontro, os estudantes participaram de uma demonstração investigativa e, por meio da observação direta, puderam dialogar, propor soluções, trocar ideias e solucionar a problemática delineada inicialmente, conforme as diretrizes do produto educacional (Apêndice A). A transcrição das interações foi dividida em vinte turnos de fala, iniciando-se com a apresentação dos materiais e a introdução da situação-problema. O encontro teve a duração total de 100(cem) minutos, ao longo dos quais os discentes foram instigados a refletir e a analisar o processo de radiação, bem como os fatores que poderiam interferir na absorção de calor, com o intuito de responder à seguinte questão norteadora: “Qual das duas latas aquecerá mais rapidamente quando expostas à mesma fonte de calor? E por quê?”.

Os estudantes conversavam entre si, questionavam as hipóteses uns dos outros, buscavam justificar suas posições com exemplos práticos e, inclusive, sugeriam formas alternativas de testar suas ideias. Essa postura ativa e colaborativa reforça o papel da aprendizagem no contexto da sala de aula. A apresentação do material experimental funcionou como um estímulo visual e prático, enquanto a problematização atuou como catalisador do pensamento crítico. Durante o desenvolvimento da atividade, os estudantes participaram das discussões e passaram a formular explicações a partir das observações realizadas. Inicialmente, A4 apresentou uma hipótese ao afirmar: “A lata preta vai esquentar menos”. A partir da observação do fenômeno e da comparação entre as latas, essa hipótese foi posteriormente confrontada pelos próprios estudantes. O estudante A2, ao observar a diferença de temperatura, afirmou: “A lata preta absorve mais calor, olha a temperatura da lata preta está maior que da outra lata”. A fala evidencia que o estudante utilizou o resultado da medição para sustentar sua explicação sobre o fenômeno observado. Da mesma forma, A7 destacou: “Mesmo estando na mesma distância, elas aqueceram diferente”, estabelecendo uma comparação entre as condições do experimento e identificando que a distância em relação à fonte de calor não era suficiente para explicar a diferença de temperatura.

As interações também evidenciaram a tentativa dos estudantes de relacionar o fenômeno investigado a situações do cotidiano. Após observar o aquecimento diferenciado das latas, A2 afirmou: “Agora entendi por que roupa preta esquenta mais no sol”. Essa manifestação demonstra que o estudante estabeleceu uma relação entre o fenômeno observado experimentalmente e uma situação de seu cotidiano. Outro momento significativo ocorreu quando A9 levantou uma possibilidade explicativa ao afirmar: “Talvez esse brilhante reflita parte do calor”, indicando uma tentativa de explicar a diferença observada entre a lata de

alumínio e a lata pintada de preto. Além disso, A3, ao final da discussão, sintetizou uma explicação ao afirmar: “Então não é só a fonte de calor que importa, mas também a cor do material”. Dessa maneira, as falas apresentadas evidenciam um movimento de elaboração e revisão das ideias a partir da observação, da comparação dos resultados e da discussão entre os estudantes, permitindo identificar como as explicações foram sendo construídas ao longo da atividade investigativa.

O engajamento gerado a partir da contextualização do problema mostrou-se decisivo para o andamento da pesquisa. Como os discentes estavam intelectual e emocionalmente envolvidos com o desafio proposto, mostraram-se mais participativos na construção coletiva. Esse movimento evidencia que a aprendizagem científica se consolida quando o ensino parte de questões reais, posiciona o estudante como sujeito ativo e valoriza a experimentação e o debate como práticas pedagógicas centrais. Com o intuito de analisar essas dinâmicas, apresentam-se, a seguir, os dados transcritos e categorizados no Episódio 1. No Quadro 5 indicamos os turnos das falas, a transcrição, as ações e gestos dos estudantes e a classificação de indicadores de EDP realizadas as análises em um conjunto de turnos, conforme indicado no Quadro 1 (página 32).

Quadro 5 – Episódio 1 – atividade investigativa: radiação de calor

Turnos	Transcrição das falas	Ações e Gestos	Indicadores de EDP
1	P: Qual das duas latas aquecerá mais rapidamente quando expostas à mesma fonte de calor? Por quê?"		E1 ; E2 ; ED1
2	A1: Vamos chegar mais perto para podermos ver	Levantam e se aproximam dos materiais e conversam entre si	
3	A4: A lata preta vai esquentar menos	Olham as duas latas bem de perto	
	P: Vamos observar	Eles olham para o experimento	
4	A3: Posso medir a temperatura das latas?	Se encaminha para o lado dos termômetros	
5	P: Pode sim, utilize o termômetro, manuseio os materiais conforme a curiosidade dê vocês	Professor entrega o termômetro para o aluno e deixa eles se apropriarem dos	

Turnos	Transcrição das falas	Ações e Gestos	Indicadores de EDP
		materiais	
6	A2: O alumínio reflete o calor? A1: Não absorve calor	Conversam entre si….	E1; E2; ED1; ED2
7	A3: Esse termômetro é digital?	Manuseiam os termômetros sobre a mesa, observam atentamente	
8	A7: Sim é digital, olha a temperatura aparece o visor	Observam a temperatura no visor	
9	A4: Vamos observar quantos minutos para mudarmos a temperatura novamente?	Olham para o cronômetro do celular	
10	A1: Professora a vela está pequena, vamos colocar mais velas, para aumentar a temperatura	Manuseiam as velas que estão sobre a mesa	
11	A6: Nossa a lata que está pintada de preto está ficando mais quente	Medem a temperatura das latas com o termômetro	E1 ; E2; ED1; ED2; EDP1
12	A3: Professora vamos aumentar o fogo	Pegam a vela para acender	
13	A2: A lata preta absorve mais calor, olha a temperatura da lata preta está maior que dá outra lata	Medem a temperatura com dois termômetros ao mesmo tempo	
14	A8: O aluno aproxima a mão da lata preta e afirmar: “Essa aqui está esquentando mais rápido que a outra.”	Aproxima a mão da lata e observa;	
15	A12: O aluno compara as latas tocando cuidadosamente suas superfícies e fala: “A preta parece puxar mais calor.”	Aproxima-se das latas e coloca a mão sobre elas	
16	A9: Talvez esse brilhante reflita parte do calor	O estudante aponta para a lata de alumínio	
17	A2: Agora entendi por	Os alunos discutem	EDP1; EDP2; EDP3

Turnos	Transcrição das falas	Ações e Gestos	Indicadores de EDP
	que roupa preta esquenta mais no sol.	entre si e um deles relaciona as cores da lata	
18	A7: Mesmo estando na mesma distância, elas aqueceram diferente.	O aluno gesticula apontando alternadamente para as duas latas	
19	A3: Então não é só a fonte de calor que importa, mas também a cor do material	O grupo registra as temperaturas e debatem entre si	

Fonte: elaborado pela autora (2026).

Os episódios analisados evidenciam diferentes momentos de engajamento disciplinar produtivo, nos quais os alunos transitam entre a observação, a formulação de hipóteses, a manipulação de instrumentos e a construção de explicações científicas.

O intervalo dos turnos 1 a 5 corresponde ao momento inicial da investigação, no qual o professor apresenta a situação-problema e os estudantes direcionam sua atenção para o fenômeno a ser investigado. A movimentação dos estudantes em direção aos materiais, acompanhada de conversas entre os integrantes, evidencia envolvimento com a situação proposta e caracteriza o indicador E1, relacionado à discussão do tema. A organização dos estudantes em torno dos materiais e a realização conjunta das primeiras observações também fornecem indícios de E2, referente ao trabalho colaborativo. Nesse momento, entretanto, a colaboração ainda se encontra em uma fase inicial, marcada principalmente pela aproximação dos materiais e pela observação compartilhada.

A apresentação de uma previsão sobre o comportamento da lata preta representa um avanço em direção ao Engajamento Disciplinar, sendo identificada a presença de ED1 (Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho). Ao formular uma expectativa sobre qual lata aqueceria mais ou menos, o estudante explicita uma ideia que poderá ser confrontada posteriormente com os resultados do experimento. A solicitação para utilizar o termômetro também demonstra que os estudantes começam a perceber a necessidade de produzir evidências para analisar o problema. Assim, esse intervalo caracteriza-se predominantemente pelo envolvimento inicial com a situação-problema e pela formulação de ideias que orientarão o desenvolvimento da investigação.

O intervalo dos turnos 6 a 10 evidencia uma ampliação do envolvimento dos estudantes, que passam da observação inicial para a organização de ações destinadas à produção de evidências. As discussões sobre o comportamento do alumínio, o funcionamento

dos termômetros, o acompanhamento do tempo e a possibilidade de aumentar a fonte de calor demonstram que os estudantes começam a participar ativamente da definição dos procedimentos da investigação. Nesse contexto, permanecem evidências de E1, uma vez que as discussões continuam relacionadas ao fenômeno investigado, e de E2, considerando as interações estabelecidas entre os estudantes durante a realização das ações.

O indicador ED1 também se manifesta nesse intervalo, pois os estudantes apresentam ideias e proposições relacionadas à explicação do fenômeno. Entretanto, destaca-se principalmente a presença de ED2 (Trabalho colaborativo para a construção de ações, proposições e/ou análise de ideias), uma vez que as ideias apresentadas passam a orientar ações concretas para investigar o problema. A utilização dos termômetros, o acompanhamento da variação da temperatura e a proposta de modificar a quantidade de velas mostram que os estudantes não apenas discutem o fenômeno, mas participam da construção dos procedimentos e da obtenção dos dados. Desse modo, o engajamento assume um caráter mais disciplinar, pois as ações realizadas estão diretamente relacionadas à busca de evidências para responder à situação-problema.

O intervalo dos turnos 11 a 16 caracteriza-se pelo acompanhamento das mudanças de temperatura e pela comparação entre o comportamento das duas latas. As medições realizadas e as observações sobre o aquecimento permitem que os estudantes confrontem suas expectativas iniciais com aquilo que efetivamente ocorre no experimento. Esse movimento representa um avanço em relação aos intervalos anteriores, pois a atividade deixa de estar centrada apenas na realização dos procedimentos e passa a envolver a interpretação das evidências.

Nesse contexto, identificam-se os indicadores ED1 e ED2, uma vez que os estudantes retomam ideias sobre o fenômeno, analisam os resultados e discutem possibilidades de explicação. Também aparecem indícios de EDP1 (Discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas), especialmente quando começam a estabelecer relações entre a temperatura observada e as características dos materiais. A tentativa de relacionar a maior temperatura da lata preta à absorção de calor evidencia um movimento de construção de relações explicativas. Ressalta-se, entretanto, que a presença de EDP1 não decorre simplesmente do ato de observar ou tocar as latas, mas da articulação entre as evidências obtidas e uma tentativa de explicar o fenômeno. Portanto, as ações semelhantes realizadas pelos estudantes durante a observação não devem, isoladamente, receber classificações diferentes; a distinção deve estar fundamentada no conteúdo das ideias construídas a partir dessas ações.

O intervalo dos turnos 17 a 19 apresenta maior complexidade nas interações, pois os estudantes passam a relacionar os resultados obtidos no experimento às explicações sobre o fenômeno e, posteriormente, utilizam essas ideias para interpretar uma situação do cotidiano. A comparação entre as latas submetidas à mesma distância da fonte de calor permite aos estudantes reconhecer que essa condição não é suficiente para explicar a diferença observada, levando-os a considerar também as características dos materiais, especialmente sua coloração.

Nesse intervalo, evidencia-se o indicador EDP1, pois os estudantes estabelecem relações entre os resultados experimentais e as explicações construídas para o fenômeno. A discussão entre os integrantes e a análise conjunta dos registros também fornecem evidências de EDP2 (Trabalho colaborativo na construção da explicação e reconhecimento de limites nas suas aplicações), uma vez que a explicação é construída a partir da interação entre diferentes observações e ideias. O indicador EDP3 (Presença de evidências do uso de ideias em outros contextos, ressaltando a apropriação do conhecimento) torna-se particularmente evidente quando os estudantes relacionam o fenômeno observado no experimento ao aquecimento de roupas de diferentes cores expostas ao Sol. Essa relação demonstra que o conhecimento produzido na atividade não permanece restrito ao contexto experimental, sendo mobilizado para interpretar uma situação cotidiana.

Assim, o intervalo dos turnos 17 a 19 evidencia uma progressão do engajamento em direção ao Engajamento Disciplinar Produtivo, uma vez que os estudantes passam da observação e discussão do fenômeno para a construção de relações explicativas e para a utilização das ideias elaboradas em outro contexto. A sequência dos intervalos 1–5, 6–10, 11–16 e 17–19 permite visualizar a ampliação gradual do envolvimento dos estudantes ao longo da atividade investigativa.

4.2. Análise do segundo encontro: convecção térmica

A tabela a seguir apresenta a análise de alguns episódios de interação ocorridos durante a realização da atividade investigativa sobre convecção térmica. Nessa atividade, os estudantes observaram o funcionamento de uma espiral suspensa aquecida por velas, buscando compreender as causas do movimento apresentado pelo material durante o experimento.

A análise foi organizada em 30 turnos a partir das falas dos alunos, considerando também ações e gestos observados durante a realização da atividade. Esses elementos permitiram identificar momentos em que os estudantes discutiram ideias, elaboraram

explicações e relacionaram o fenômeno observado com conceitos científicos. Para solucionar a problemática “Como fazer a espiral girar utilizando uma fonte de calor?”

Durante a construção das espirais, os grupos exibiram diferentes níveis de habilidades e compreensão. Alguns alunos conseguiram rapidamente elaborar uma espiral simétrica e funcional, enquanto outros enfrentam dificuldades técnicas, como desequilíbrio da estrutura ou falha no posicionamento da fonte de calor. Essas dificuldades, no entanto, não foram vistas como obstáculos inibidores, mas como parte do processo de aprendizagem, conforme defende Carvalho (2004), ao afirmar que o erro, quando valorizado como oportunidade, potencializa o aprendizado e a reformulação de ideias. Valorização da experimentação com propósito: Diferentemente da prática experimental tradicional, focada em comprovar leis já conhecidas, essa proposta colocou os alunos como investigadores, com liberdade para explorar variáveis, construir explicações e redefinir procedimentos.

A experiência vivenciada pelos alunos com a construção e teste da espiral permitiu colocar em prática os pressupostos do ensino por investigação, conforme discutido por Carvalho (2004). Ao serem convidados a observar, levantar hipóteses, testar e argumentar, os estudantes passaram a agir como investigadores no processo de construção de respostas ao problema proposto, desenvolvendo competências fundamentais à formação científica escolar.

Para essa análise foram utilizados os indicativos de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) de acordo com Souza (2015), que permitem identificar situações em que os estudantes avançam na construção de explicações, colaboram na elaboração de ideias e utilizam o conhecimento científico em diferentes contextos. Apresentamos a seguir as evidências no episódio 2, sobre convecção de calor que busca evidenciar como os alunos participaram da atividade investigativa e como construíram coletivamente explicações para o fenômeno da convecção térmica.

Quadro 6 – Episódio 2 – atividade investigativa: convecção térmica

Turnos	Falas	Ações e gestos	Indicadores
20	A1: “A espiral começou a girar.”	Observa atentamente o experimento que o grupo montou	E1, E2, E3, ED1, ED2, ED3
21	A12: “A nossa ainda não girou.”	Ajusta a posição da vela	
22	A6: “Será que a vela está muito longe?”	Aponta para o experimento	
23	A11: “Vamos aproximar um pouco a	Reorganiza o experimento	

Turnos	Falas	Ações e gestos	Indicadores
	vela.”		
24	A2: “A espiral está balançando, mas não gira.”	Segura o suporte	
25	A10: “Agora começou a girar!”	Demonstra entusiasmo	
26	A7: “A nossa espiral queimou.”	Mostra a espiral escurecida e cara de decepção	
27	P: O professor orienta observar a distância da chama.	Alunos observam os experimentos realizados	
28	A6: “A gente colocou a vela muito perto, vai queimar a aspiral.”	Ajusta a altura da espiral	
29	A4: “Acho que o calor da vela faz ela girar.”	Aponta para a chama	E1, E2, ED1, ED2, EDP1
30	A10: “Talvez o ar quente esteja subindo.”	Gesto com a mão para cima	
31	A11: “Se o ar sobe ele passa pela espiral.”	Simula movimento do ar	
32	A6: “Então ele faz a espiral rodar.”	Observa atentamente	
33	A3: “Eu não consegui montar direito o experimento.”	Tenta prender a espiral na vareta	
34	A4: “A espiral ficou torta, vai cair e queimar”	Ajusta a vareta	
35	A5: “Agora começou a girar, não mexe vamos observar.”	Observa o movimento	
36	A6: “Quando a chama aumenta ela gira mais rápido.”	Aponta para vela	ED1, ED2, EDP1, EDP2, EDP3
37	A8: “Então quanto mais calor mais rápido gira.”	Gesto circular	
38	A6: “O ar quente deve subir.”	Gesto para cima	
39	A5: “E o ar frio desce.”	Movimento com as mãos para baixo	
40	A7: “Então fica um movimento de ar.”	Gesto circular	

Turnos	Falas	Ações e gestos	Indicadores
41	A8: “É igual quando abrimos o forno.”	Gesto simulando calor saindo	
42	A5: “Ou quando o ar quente sobe da fogueira”	Aponta para cima	
43	A3: “O nosso espiral queimou, vamos fazer outra.”	Mostra material e se entristece	ED1, ED2, EDP1, EDP2
44	A6: “A gente fez outra espiral e agora está girando.”	Observa o movimento da espiral se movimentando	
45	A9: “A nossa não girou porque estava muito perto da chama.”	Aponta para vela e movimenta a mesma	
46	A4: “O calor da vela esquenta o ar.”	Aponta para chama	
47	A7: “O ar quente sobe e faz a espiral girar.”	Simula movimento do ar	
48	A6: “Esse movimento do ar quente subindo é que faz o movimento da espiral”	Aponta para o experimento	EDP3 EDP1 EDP2
49	A9: “Por isso a espiral gira.”	Observa atentamente	
50	A1 :Foi difícil montar esse experimento, no início achei que não iria dar certo.	Discussão entre estudantes	

Fonte: elaborado pela autora (2025).

O intervalo dos turnos 20 a 28 corresponde ao momento em que os estudantes começam a observar os resultados obtidos com a montagem da espiral e identificam dificuldades para produzir o movimento esperado. A comparação entre os diferentes resultados dos grupos leva os estudantes a questionar as condições do experimento e a propor modificações, como aproximar ou afastar a vela e ajustar a altura da espiral.

Nesse intervalo, identifica-se E1 (Discussão do tema), pois os estudantes permanecem envolvidos com o problema proposto e discutem o comportamento observado. O E2 (Trabalho colaborativo) aparece nas ações realizadas conjuntamente para modificar o experimento e buscar uma solução para a dificuldade encontrada. Entretanto, sua identificação deve estar relacionada às proposições e ações articuladas entre os estudantes, e não simplesmente ao fato de estarem trabalhando em grupo, o que caracteriza o ED2.

Também é possível identificar E3 e ED3, uma vez que aparecem manifestações emocionais associadas ao desenvolvimento da atividade. O entusiasmo diante da espiral que começa a girar (ED3), o que está associada a ação de resolução do problema, e a decepção diante da espiral que queima (E3) demonstram envolvimento emocional com a situação investigada.

O ED1 (Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho) é evidenciado quando os estudantes começam a formular possíveis explicações para o insucesso do experimento, como a hipótese de que a vela estaria muito distante ou próxima demais. O ED2 (Trabalho colaborativo para a construção de ações, proposições e/ou análise de ideias) aparece quando essas ideias orientam ações concretas de reorganização do aparato. Já o ED3 pode ser relacionado às manifestações emocionais diretamente vinculadas às ações de resolução do problema.

Assim, esse intervalo caracteriza-se pela passagem de uma participação inicialmente centrada na observação para uma participação mais ativa, na qual os estudantes identificam dificuldades, formulam possibilidades e modificam o experimento em busca de uma solução.

O intervalo dos turnos 29 a 35 evidencia uma mudança importante na natureza das interações. Depois de realizar ajustes no experimento, os estudantes começam a discutir por que a espiral gira, estabelecendo relações entre o calor produzido pela vela e o movimento do ar. As ideias aparecem de forma progressiva: inicialmente, o calor é apontado como possível causa do movimento; em seguida, os estudantes levantam a possibilidade de o ar quente subir e passar pela espiral, chegando à conclusão de que esse movimento provoca sua rotação.

Nesse momento, o ED1 está presente porque os estudantes discutem ideias e hipóteses relacionadas à explicação do fenômeno. O ED2 também se evidencia, pois as ideias são apresentadas e complementadas no decorrer da interação, enquanto os estudantes simultaneamente ajustam o experimento. A sequência de proposições indica que a construção da explicação não ocorre a partir de uma única fala, mas por meio da contribuição sucessiva dos integrantes.

Há também indícios de EDP1 (Discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas), especialmente quando os estudantes passam da afirmação de que “o calor da vela faz ela girar” para uma explicação que incorpora o movimento do ar. A relação entre o aquecimento, a subida do ar e o movimento da espiral representa uma elaboração mais sofisticada da ideia inicial. Entretanto, a análise deve considerar a sequência do bloco como um todo, pois nenhuma das falas isoladamente apresenta a explicação completa.

O intervalo dos turnos 36 a 42 apresenta evidências mais consistentes de Engajamento Disciplinar Produtivo, pois os estudantes aprofundam as explicações construídas anteriormente e passam a estabelecer relações entre diferentes aspectos do fenômeno. A observação de que a espiral gira mais rapidamente quando a chama aumenta leva à formulação de uma relação entre a intensidade do aquecimento e o movimento observado.

Na sequência, os estudantes elaboram uma explicação envolvendo o movimento do ar quente e do ar frio. A afirmação de que "o ar quente deve subir", seguida da proposição de que "o ar frio desce" e da conclusão de que ocorre "um movimento de ar", evidencia uma progressão na construção da explicação. Nesse sentido, o EDP1 é identificado pela sofisticação das ideias e pela construção de relações explicativas sobre o fenômeno.

O EDP2 (Trabalho colaborativo na construção da explicação e reconhecimento de limites nas suas aplicações) também pode ser identificado, pois a explicação é construída progressivamente a partir das contribuições dos diferentes estudantes. As ideias apresentadas são retomadas, complementadas e articuladas, formando uma explicação coletiva sobre o movimento do ar. O indicador EDP3 (Presença de evidências do uso de ideias em outros contextos, ressaltando a apropriação do conhecimento) aparece quando os estudantes utilizam a explicação construída no experimento para interpretar situações diferentes, como o ar quente que sai do forno e o movimento do ar acima de uma fogueira. Nesse momento, o conhecimento produzido na investigação é mobilizado para compreender fenômenos presentes no cotidiano.

Esse intervalo, portanto, representa um avanço significativo em relação aos anteriores, pois os estudantes não apenas realizam ações para fazer a espiral girar, mas começam a construir uma explicação para o mecanismo responsável pelo movimento observado e a utilizá-la em outros contextos.

O intervalo dos turnos 43 a 47 corresponde a um momento de retomada do problema a partir de uma dificuldade experimental. Após a espiral queimar, os estudantes decidem reconstruí-la e realizam novamente o experimento. A nova tentativa possibilita a obtenção do resultado esperado e oferece aos estudantes uma nova oportunidade para confrontar suas ideias com as evidências observadas.

O ED1 está presente na retomada das ideias sobre as condições necessárias para o funcionamento do experimento. O ED2 aparece na ação conjunta de reconstrução e realização de uma nova tentativa, uma vez que os estudantes utilizam as dificuldades encontradas para modificar suas ações. A presença de EDP1 é evidenciada quando os estudantes articulam o resultado experimental a uma explicação sobre o aquecimento do ar e seu movimento ascendente. O EDP2 pode ser identificado na construção coletiva dessa explicação,

especialmente porque os estudantes relacionam a experiência realizada às condições que favoreceram ou dificultaram o movimento da espiral. A nova tentativa não representa apenas a repetição do procedimento, mas a retomada da investigação a partir dos problemas encontrados anteriormente. Assim, o erro experimental torna-se parte do processo de construção da explicação, permitindo aos estudantes revisar suas ações e consolidar uma interpretação para o fenômeno da convecção térmica.

4.3. Análise do terceiro encontro: condução térmica

O experimento de condução térmica foi desenvolvido como uma atividade experimental, na qual os próprios alunos foram responsáveis por sua realização, desde a montagem até a observação dos resultados para responder a seguinte problemática: Como os clipes reagem ao serem fixados ao longo da barra metálica, é a mesma estando submetida a uma fonte de calor?

Para isso, organizaram uma barra metálica ao longo da qual fixaram clipes utilizando cera de vela, distribuídos em diferentes pontos. Em seguida, realizaram o aquecimento de uma das extremidades da barra, acompanhando atentamente o comportamento dos clipes ao longo do processo. Durante a atividade, os estudantes fizeram as pontuações necessárias, registraram suas observações e discutiram entre si o que ocorria à medida que a cera derretia e os clipes se desprendiam, evidenciando a propagação do calor ao longo do material.

A análise concentrou-se nos turnos de interação entre 50 e 70, momento em que os alunos já estavam plenamente envolvidos na execução do experimento e na interpretação dos resultados. Nesse intervalo, foram consideradas as falas, ações e gestos dos estudantes, destacando-se suas observações, questionamentos e tentativas de explicação para o fenômeno observado. Por se tratar de uma atividade conduzida pelos próprios alunos, esse recorte permitiu evidenciar como eles construíram coletivamente o entendimento sobre a condução térmica, a partir da experimentação, da troca de ideias e da reflexão sobre os resultados obtidos.

Quadro 7 – Episódio 3 – atividade investigativa: condução térmica

Turno	Falas dos alunos	Indícios de Engajamento
51	A3: “Olha, o primeiro clipe caiu bem perto do fogo…”	E1, E2, ED1,ED2
52	A2: “Se o calor está indo pela barra, ela vai esquentando”	

Turno	Falas dos alunos	Indícios de Engajamento
52	A6: “Vamos marcar a ordem que os clipes caem, quanto mais quente a barra, mais rápido cai”	
54	A8: “Esse aqui demorou mais, estão demorando para cair”	
55	A9: “Então o calor não chega tudo de uma vez, ele vem vindo aos poucos”	
56	A4: “A cera está derretendo porque a barra esquenta…”	
57	A6: “Se fosse madeira, não daria certo né”	E1, E2, ED1, ED2, EDP1
58	A8: “Acho que não, porque madeira queima”	
59	A6: “Vamos testar outro ponto, colocar outra vela aqui, o calor não está chegando”	
60	A4: “Percebi que a queda foi mais rápida, com o clipe que estava mais perto da vela”	
61	A8: “Talvez porque o calor vai perdendo a força”	
62	A12“Todo mundo concorda que o calor está ficando fraco”	
63	A2: “Sim, só o calor se movimenta melhor, perto da chama”	
64	A6: “Isso explica por que a panela de alumínio esquenta mais rápido no fundo, que está sob a chama”	ED1, ED2, EDP1, EDP2, EDP3
65	A8: “Então para o calor se espalhar depende do material…”	
66	A5: “Sim, metais conduzem melhor o calor, pois esquenta mais rápido”	
67	A6: “Se a barra fosse mais grossa precisávamos de mais velas”	
68	A7: “A gente podia testar isso, vamos colocar mais velas…”	
68	A1: “Agora entendi, o calor vai passando aos poucos pela barra”	

Turno	Falas dos alunos	Indícios de Engajamento
70	A8: “Esse clipe aqui ainda não caiu, acho que essa parte da barra ainda não esquentou o suficiente.”	
71	A4: “Será que a espessura da barra interfere nisso?”	ED1, ED2, EDP1, EDP2
72	A9: “Vamos observar se todos caem na mesma ordem em outro grupo também.”	
73	A13: “No nosso grupo caiu mais rápido, será que foi porque a gente colocou mais perto do fogo?”	
74	A9: “Acho que sim, porque quanto mais perto da chama, maior a temperatura naquele lugar.”	
75	A6: “Então o calor vai sendo transferido aos poucos até chegar no final da barra.”	
76	A5: “Isso é igual quando a panela esquenta inteira, mesmo com o fogo só embaixo.”	EDP1, EDP2, EDP3
77	A9: “Se a gente desligar o fogo, será que os clipes param de cair?”	
78	A11: “Acho que sim, porque não vai ter mais calor na barra”	
79	A9: “Agora deu pra entender que o calor passa pelo metal sem o metal se mover.”	

Fonte: elaborado pela autora (2025).

A análise dos turnos, evidencia a dinâmica do engajamento dos estudantes ao longo da atividade experimental de condução térmica.

O intervalo dos turnos 51 a 56 corresponde ao momento inicial de observação do fenômeno de condução térmica. Os estudantes acompanham a sequência de queda dos clipes e começam a estabelecer relações entre a proximidade da fonte de calor, o aquecimento da barra e o derretimento da cera. A atenção direcionada ao experimento e a discussão sobre o comportamento dos clipes evidenciam o indicador E1, uma vez que os estudantes permanecem envolvidos com a situação-problema proposta.

O E2 também pode ser identificado na medida em que as observações e interpretações são compartilhadas entre os integrantes, possibilitando a construção conjunta das primeiras ideias. O ED1 manifesta-se quando os estudantes deixam de apenas descrever o que observam e passam a formular interpretações sobre o fenômeno, como a ideia de que o calor estaria se deslocando pela barra e que o aquecimento ocorreria gradualmente. O ED2 aparece associado à discussão dessas ideias e à análise coletiva da sequência de queda dos clipes.

Nesse momento, contudo, as explicações ainda são iniciais e estão diretamente vinculadas à observação do experimento. O bloco representa, portanto, uma etapa de transição entre o envolvimento com o fenômeno e a construção de uma explicação disciplinar para o processo de transferência de calor. Nos turnos há uma associação de calor como substância e não como uma relação à diferença de temperatura.

No intervalo dos turnos 57 a 63, os estudantes ampliam a investigação ao questionarem se o material utilizado na barra poderia interferir no resultado. A discussão deixa de estar restrita à observação da queda dos clipes e passa a envolver a proposição de situações que poderiam ser testadas, como a utilização de outro material e a alteração da posição da fonte de calor.

A presença de ED1 é evidenciada pela formulação de hipóteses relacionadas às condições que podem interferir na condução do calor. O ED2 torna-se mais evidente porque os estudantes utilizam essas ideias para propor modificações no experimento e analisar seus resultados. Há, portanto, uma articulação entre ideia, ação e observação, característica importante do engajamento disciplinar.

Também surgem indícios de EDP1, sobretudo quando os estudantes começam a relacionar a diferença observada na queda dos clipes à distribuição do calor ao longo da barra. Entretanto, é importante observar que expressões como “o calor vai perdendo a força” ainda representam uma explicação aproximada e cotidiana que associa o calor como substância. A presença de EDP1 nesse ponto deve ser compreendida como início de uma elaboração explicativa, que será posteriormente refinada nos blocos seguintes.

O intervalo dos turnos 64 a 70 apresenta uma ampliação significativa da complexidade das ideias construídas pelos estudantes. A partir das observações realizadas, eles passam a relacionar o fenômeno investigado à situação de uma panela de alumínio aquecida pelo fogo e começam a considerar o material como um fator relacionado à condução do calor. Também levantam a possibilidade de que a espessura da barra influencie na propagação do calor. Porém ainda permanece a ideia de calor como substância.

Nesse bloco, evidencia-se EDP1, pois os estudantes passam a estabelecer relações explicativas entre diferentes elementos do fenômeno: fonte de calor, material, espessura da barra e velocidade de aquecimento. O EDP2 também está presente, uma vez que essas explicações são construídas progressivamente a partir das contribuições dos diferentes integrantes. As ideias são retomadas, complementadas e modificadas ao longo da discussão.

O EDP3 aparece quando os estudantes relacionam o fenômeno observado à panela de alumínio, utilizando o conhecimento construído na situação experimental para interpretar um fenômeno cotidiano. A discussão, portanto, ultrapassa a descrição do que ocorre com os clipes e passa a envolver uma tentativa de compreender a condução térmica em diferentes situações.

No intervalo dos turnos 71 a 75, os estudantes continuam aprofundando a investigação ao questionarem se a espessura da barra interfere no processo e ao proporem a comparação dos resultados obtidos por diferentes grupos. A possibilidade de verificar se os clipes caem na mesma ordem em outro grupo demonstra uma preocupação em confrontar resultados e verificar a regularidade do fenômeno.

Nesse momento, o ED1 está presente pela formulação de novas questões e hipóteses, enquanto o ED2 é evidenciado pela proposição de comparar os resultados entre grupos. A discussão passa a envolver não apenas a observação de um resultado particular, mas a busca de elementos que permitam compreender se o comportamento observado se repete em diferentes condições.

O EDP1 torna-se evidente quando os estudantes relacionam a proximidade da chama à maior temperatura naquela região da barra e, posteriormente, à transferência gradual de calor até as partes mais distantes. O EDP2 também se manifesta na construção compartilhada dessa explicação, uma vez que diferentes estudantes contribuem para o encadeamento das ideias. Assim, o bloco demonstra um movimento de aprofundamento da compreensão do fenômeno a partir da comparação entre resultados e da formulação de relações explicativas.

O intervalo dos turnos 76 a 79 apresenta evidências mais consolidadas de Engajamento Disciplinar Produtivo. Os estudantes relacionam a condução térmica observada no experimento ao aquecimento de uma panela, formulam uma previsão sobre o comportamento dos clipes caso a fonte de calor seja desligada e, por fim, sintetizam a compreensão construída durante a atividade.

O EDP1 manifesta-se na elaboração de relações explicativas sobre a transferência de calor ao longo do metal. O EDP2 aparece na construção coletiva dessas explicações, uma vez que os estudantes retomam e complementam ideias desenvolvidas anteriormente. O EDP3 é evidenciado pelas relações estabelecidas com situações cotidianas, especialmente o

aquecimento de uma panela, demonstrando que os estudantes utilizam o conhecimento construído na investigação para interpretar outro fenômeno.

A fala final do bloco sintetiza a compreensão alcançada pelos estudantes ao reconhecerem que o calor pode ser transferido pelo metal sem que o próprio metal se desloque. Nesse sentido, observa-se uma progressão em relação às ideias iniciais apresentadas nos primeiros turnos, nas quais os estudantes apenas descreviam a queda dos clipes. Ao final, a discussão alcança uma explicação mais estruturada sobre a condução térmica, evidenciando a consolidação do Engajamento Disciplinar Produtivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como ponto de partida a seguinte questão norteadora: Como a aplicação de atividades investigativas sobre transferência de calor pode promover o engajamento disciplinar produtivo dos estudantes da segunda série do ensino médio da rede pública estadual de Rio Verde/GO? Em consonância com essa problemática, definiu-se como objetivo geral: analisar as contribuições de atividades investigativas sobre transferência de calor para o desenvolvimento do Engajamento Disciplinar Produtivo de estudantes do Ensino Médio.

A análise dos dados, organizados em episódios de ensino e fundamentada nas interações estabelecidas ao longo da aplicação das atividades investigativas, evidencia que a proposta favoreceu mudanças na dinâmica das aulas, especialmente no modo como os estudantes participaram da construção das explicações sobre os fenômenos térmicos investigados. Durante as atividades sobre radiação, convecção e condução térmica, os alunos deixaram de atuar apenas como receptores das informações apresentadas pela professora e passaram a participar de diferentes etapas do processo investigativo, como a formulação de hipóteses, a realização de experimentos, a análise dos resultados e a discussão das explicações construídas pelos grupos.

Esse movimento evidenciou uma mudança na organização das práticas pedagógicas, passando de uma abordagem predominantemente baseada na transmissão de conceitos para uma proposta em que os estudantes foram envolvidos na investigação dos fenômenos e na construção coletiva do conhecimento, conforme discutido por Carvalho (2013) acerca do ensino por investigação. Nas atividades desenvolvidas, essa participação foi observada, por exemplo, quando os estudantes levantaram explicações sobre o aquecimento das latas no experimento de radiação térmica, realizaram ajustes na montagem do espiral para investigar a convecção e analisaram a propagação do calor na atividade de condução térmica.

No que se refere aos conteúdos de Termologia, particularmente aos processos de propagação de calor (condução, convecção e radiação), os dados analisados nos episódios de ensino evidenciaram indícios de compreensão dos conceitos científicos pelos estudantes ao longo do desenvolvimento das atividades investigativas. Esses indícios foram identificados nas explicações elaboradas pelos alunos, nas discussões realizadas entre os grupos e na capacidade de relacionar os fenômenos observados experimentalmente aos conceitos físicos envolvidos. Na atividade de radiação térmica, os estudantes discutiram a influência das características das

superfícies no aquecimento das latas; na investigação sobre convecção térmica, relacionaram o movimento do espiral ao deslocamento do ar aquecido; e, na atividade de condução térmica, analisaram a propagação do calor ao longo do material metálico a partir da observação da queda dos clipes. Dessa forma, as atividades investigativas possibilitaram que os estudantes confrontassem suas hipóteses com as evidências experimentais e construíssem explicações progressivamente mais articuladas aos conhecimentos científicos, evidenciando a contribuição da articulação entre teoria e prática no ensino de Termologia.

As interações discursivas analisadas evidenciaram a presença de indícios de Engajamento Disciplinar Produtivo, conforme proposto por Souza (2015), especialmente nos momentos em que os estudantes foram desafiados a explicar os fenômenos, justificar suas hipóteses e confrontar diferentes ideias. Esses indícios foram identificados em episódios específicos da atividade investigativa, nos quais os alunos participaram ativamente da construção e da negociação de significados, indicando que o engajamento está diretamente relacionado às oportunidades de participação e às demandas cognitivas propostas pelas atividades.

Os resultados obtidos a partir das atividades investigativas desenvolvidas sobre radiação, convecção e condução térmica permitem concluir que a proposta favoreceu a participação dos estudantes na construção de explicações para os fenômenos térmicos investigados. Nas três atividades, os alunos foram envolvidos em situações nas quais precisaram formular hipóteses, observar evidências experimentais, discutir resultados e justificar suas interpretações. Na investigação sobre radiação térmica, a comparação entre as latas com diferentes superfícies possibilitou discussões sobre a influência da cor na absorção da radiação térmica. Na atividade de convecção térmica, a confecção e os ajustes realizados no espiral evidenciaram a participação dos estudantes na busca de soluções para o funcionamento do experimento e na compreensão do movimento do ar aquecido. Já na investigação sobre condução térmica, a observação da propagação do calor pela haste metálica permitiu que os estudantes relacionassem o comportamento dos clipes ao processo de transferência de energia térmica no sólido.

Dessa forma, a principal contribuição identificada nesta pesquisa não se refere apenas à utilização de experimentos nas aulas de Física, mas à organização de situações investigativas, baseadas no EnCI, nas quais os estudantes puderam levantar explicações, confrontá-las com os resultados observados e participar das discussões para construção dos conceitos relacionados à transferência de calor.

As contribuições de Carvalho (2013) mostraram-se fundamentais para a organização e análise das atividades investigativas, especialmente no que diz respeito à estruturação das atividades e à compreensão do papel do professor e dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem. Os resultados obtidos corroboram essas discussões, ao evidenciar que a organização de situações investigativas favorece o envolvimento dos alunos na construção do conhecimento científico.

O EDP mostrou-se importante para a análise dos dados, permitindo identificar momentos em que os estudantes não apenas participaram das atividades, mas se envolveram na produção e na validação de ideias, aspectos essenciais para a aprendizagem em Ciências. A presença desses indícios ao longo das atividades investigativas reforça a importância de propostas didáticas que criem condições para a participação ativa dos estudantes.

Considera-se que esta pesquisa contribui para a reflexão sobre o ensino de Física na Educação Básica, especialmente no que se refere à inserção de abordagens investigativas no contexto escolar. Como desdobramento, destaca-se a importância da ampliação de estudos que explorem essa perspectiva em diferentes conteúdos e realidades educacionais, bem como a necessidade de investimentos na formação docente, de modo a favorecer a consolidação de práticas alinhadas a uma educação científica.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. T.; SALVADOR, H. L. Concepções de estudantes sobre calor e temperatura. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 345-364, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: ensino médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.

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

BUENO, R. S. M.; KOVALICZN, R. A. **O ensino de Ciências e as dificuldades das atividades experimentais**. Curitiba: Secretaria de Estado da Educação do Paraná, 2009. (Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE).

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson Learning, 2004. p. 1-17.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências**: da experimentação à investigação. São Paulo: Moderna, 2010.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, set./dez. 2018.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ciências no Ensino Fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 2009.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**: tendências e inovações. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura. **Ensino em Re-Vista**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 249-266, jul./dez. 2015.

DAMIANI, M. F. et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, n. 45, p. 57-67, maio/ago. 2013.

DIAS, C. B.; SOUZA, M. J. F. Análise do engajamento disciplinar produtivo no ensino de Física: um estudo de caso no IFG – Câmpus Jataí. In: SEMANA DE LICENCIATURA, 18., 2022, Jataí. **Anais** [...]. Jataí: IFG, 2022.

ENGLE, R. A.; CONANT, F. R. Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. **Cognition and Instruction**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 399-483, 2002.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. **Ensaio**: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 19, e2658, 2017.

FREDRICKS, J. A.; BLUMENFELD, P. C.; PARIS, A. H. School engagement: potential of the concept, state of the evidence. **Review of Educational Research**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 59-109, 2004.

FREITAS, L. C. Os reformadores empresariais da educação e a disputa pelo controle do processo pedagógico. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 35, n. 129, p. 1085-1114, 2014.

FREITAS, L. C. **A reforma empresarial da educação**: nova direita, velhas ideias. São Paulo: Expressão Popular, 2018.

GOIÁS. Secretaria de Estado da Educação. **Documento Curricular para Goiás**: etapa ensino médio. Goiânia: SEDUC, 2020.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HODSON, D. **Teaching and learning about science**: language, theories, methods, history, traditions and values. Rotterdam: Sense Publishers, 2009.

MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 29-44, 2012.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio**: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.

RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. **Os fundamentos da Física 2**: termologia, óptica e ondas. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental**: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica e ensino de Ciências**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

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

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização científica na prática**: inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SASSERON, L. H.; SOUZA, T. N. O engajamento dos estudantes em aula de física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 24, n. 1, p. 139-153, 2019.

SAVIANI, D. Educação escolar, currículo e sociedade: o problema da Base Nacional Comum Curricular. **Movimento – Revista de Educação**, Niterói, ano 3, n. 4, p. 54-84, 2016.

SHERNOFF, D. J. et al. Student engagement as a function of environmental complexity in high school classrooms. **Learning and Instruction**, [s. l.], v. 43, p. 52-60, 2016.

SOUZA, T. N. **Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação**: estudo de caso em aulas de Física no Ensino Médio. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio**: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

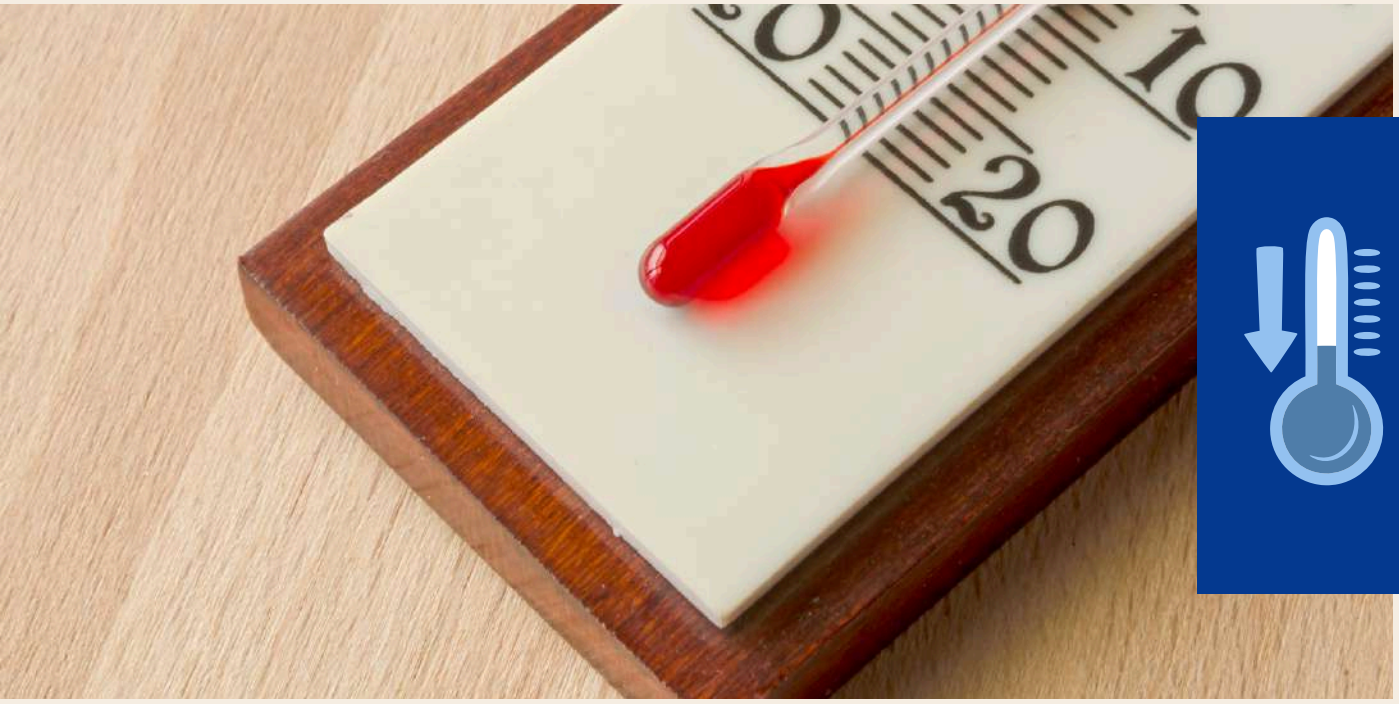
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL: ENSINO DE FÍSICA PELA INVESTIGAÇÃO: TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Apresenta-se, a seguir, na íntegra, o produto educacional intitulado Ensino de Física pela investigação: termologia no ensino médio, elaborado pela autora e validado em situação real de ensino, conforme descrito na seção 3.5 desta dissertação.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE GOIÁS - CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ENSINO DE FÍSICA PELA INVESTIGAÇÃO

TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO



CÁSSIA MONTIL VIEIRA DO NASCIMENTO GREGÓRIO
PAULO HENRIQUE DE SOUZA

Jataí, 2026

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

[ ]	Tese	[ ]	Artigo Científico
[ ]	Dissertação	[ ]	Capítulo de Livro
[ ]	Monografia – Especialização	[ ]	Livro
[ ]	TCC - Graduação	[ ]	Trabalho Apresentado em Evento
[x]	Produto Técnico e Educacional - Tipo: Tipo: Material Instrucional: Guia de orientação para o professor		

Nome Completo do Autor: Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório
Matrícula: 20241020280059
Título do Trabalho: Ensino de Física pela investigação: Termologia no Ensino Médio

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ( ) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ___/___/_____ (Embargo);
3. ( ) Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

( ) O documento está sujeito a registro de patente.
( ) O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
( ) Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Rio Verde, 07/10/2026.
Local Data

_____
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

[ ] Tese	[ ] Artigo Científico
[ ] Dissertação	[ ] Capítulo de Livro
[ ] Monografia – Especialização	[ ] Livro
[ ] TCC - Graduação	[ ] Trabalho Apresentado em Evento

[X] Produto Técnico e Educacional - Tipo: Material Instrucional: Guia de orientação para o professor

Nome Completo do Autor: Paulo Henrique de Souza
Título do Trabalho: Ensino de Física pela investigação: Termologia no Ensino Médio

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ( ) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ___/___/_____ (Embargo);
3. ( ) Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

( ) O documento está sujeito a registro de patente.
( ) O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
( ) Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, _28_/_09_/_2026_.
Local Data

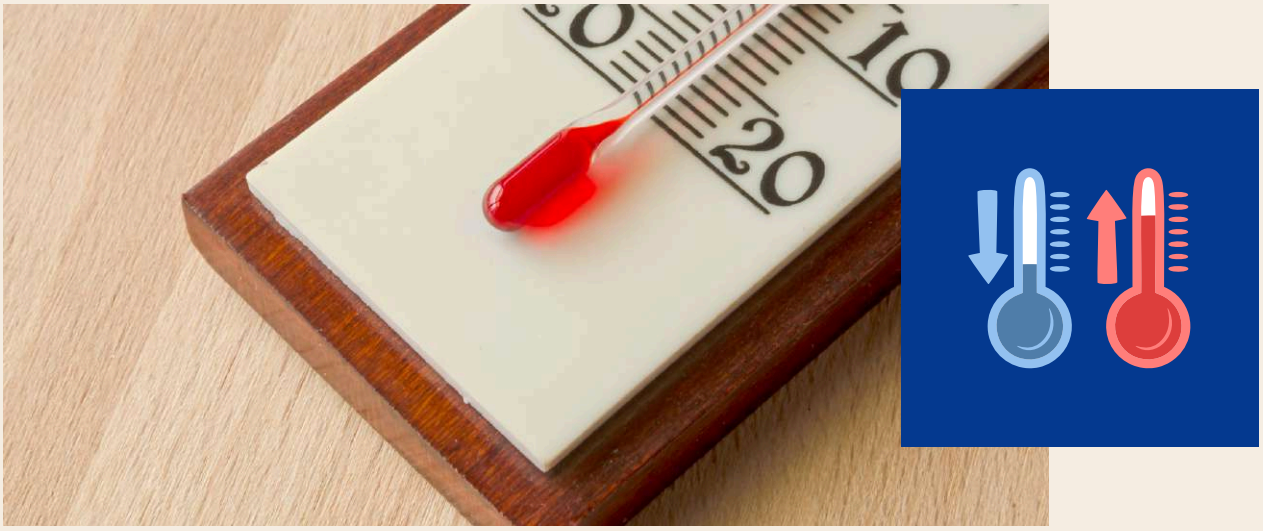
_____
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

CÁSSIA MONTIL VIEIRA DO NASCIMENTO GREGÓRIO
PAULO HENRIQUE DE SOUZA

ENSINO DE FÍSICA PELA INVESTIGAÇÃO

TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Produto Educacional vinculado à dissertação: Contribuições de atividades investigativas sobre Termologia para o engajamento disciplinar produtivo de estudantes do Ensino Médio



Jataí, 2026

Autorizo, para fins de estudo e de pesquisa, a reprodução e a divulgação total ou parcial desta dissertação, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Gregório, Cássia Montil Vieira do Nascimento.
Ensino de Física pela investigação: termologia no ensino médio [manuscrito] / Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório; Paulo Henrique de Souza. - 2026.
xxxvi; 36 f.; il.

Produto Educacional (Mestrado) - Material instrucional - IFG - Câmpus Jataí, Programa de Pós - Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2026.
Inclui referências.
Vinculado à dissertação: Contribuições de atividades investigativas sobre termologia para o engajamento disciplinar produtivo de estudantes do ensino médio.

1. Ensino de Física. 2. Ensino por Investigação. 3. Engajamento Disciplinar Produtivo. 4. Transferência de Calor. I. Souza, Paulo Henrique de. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Rosy Cristina Oliveira Barbosa Sabino – CRB 1/2380 – Câmpus Jataí. Cód. F068/2026-2.



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa da Dissertação intitulada **CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE TERMOLOGIA PARA O ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO**, sob orientação de Paulo Henrique de Souza , apresentada pela aluna **Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório (20241020280059)** do Curso **Mestrado Profissional em Educação para Ciências e Matemática (Câmpus Jataí)**. Os trabalhos foram iniciados às **14:00** do dia **02/07/2026** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Paulo Henrique de Souza** (Presidente)
- **Ruberley Rodrigues de Souza** (Examinador Interno)
- **Plauto Simão de Carvalho** (Examinador Externo)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da Dissertação, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pela aluna, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[X] Aprovado [ ] Reprovado Nota :

Observação / Apreciações:

Produto Educacional vinculado à dissertação - Ensino de Física pela Investigação: Termologia no Ensino Médio

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Paulo Henrique de Souza** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Paulo Henrique de Souza**, em **02/07/2026 17:21:24** com chave **990d2d06765311f1ab18005056a537a4**.
- **Ruberley Rodrigues de Souza**, em **02/07/2026 17:26:28** com chave **4dedd978765411f1982c005056a537a4**.
- **Plauto Simão de Carvalho**, em **02/07/2026 17:22:52** com chave **cd2b35e2765311f190c5005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 02/07/2026

Código de Autenticação: be4a4b

DESCRIÇÃO TÉCNICA

Autoria: Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório e Paulo Henrique de Souza

Título da Dissertação vinculada ao produto: Contribuições de Atividades Investigativas sobre Termologia para o Engajamento Disciplinar Produtivo de Estudantes do Ensino Médio

Categoria: Material didático de apoio ao professor

Público-alvo: Professores de Física/Ciências da Educação Básica

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Linha de Pesquisa: Ensino, Aprendizagem e Formação Docente em Ciências e Matemática

Finalidade: Enfrentar o desafio do ensino de Física, frequentemente abstrato e expositivo, por meio da disponibilização de um guia didático de apoio à prática docente focado nos conteúdos de Termologia (condução, convecção e radiação térmica). O objetivo é promover o Protagonismo discente, o Engajamento Disciplinar Produtivo e a Alfabetização Científica em estudantes do Ensino Médio, articulando sequências de ensino investigativas em 5 etapas (problematização, levantamento de hipóteses, teste experimental, socialização e sistematização) com quizzes interativos de caráter diagnóstico e regulador.

Aderência: O produto está formalmente vinculado à linha de pesquisa "Ensino, Aprendizagem e Formação Docente em Ciências e Matemática" do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Goiás (IFG — Câmpus Jataí), articulando diretamente a temática da dissertação de mestrado profissional com a práxis e a formação docente no ensino de ciências.

I**mpacto:** O impacto direto ocorreu no âmbito da Educação Básica pública, com a aplicação prática da proposta em uma turma de 2ª série do Ensino Médio do Colégio Estadual Miltes Furquim de Oliveira (Rio Verde/GO), com 32 estudantes e 8 aulas de 50 minutos. O produto impactou o ambiente escolar ao reorientar a postura pedagógica docente para a mediação e transformar os estudantes em sujeitos ativos no teste de hipóteses e na argumentação científica.

Aplicabilidade: Classifica-se no nível “Aplicado e Replicável”. O produto foi efetivamente aplicado durante a pesquisa e apresenta elevada replicabilidade por terceiros em outros contextos educacionais, devido ao uso de experimentos com materiais simples e acessíveis, ao detalhamento claro das 5 etapas operacionais de investigação e à inclusão de roteiros de quiz. Quanto ao Acesso, é público e gratuito via Repositório Institucional do IFG (https://repositorio.ifg.edu.br/).

Inovação: Resulta da combinação e compilação sistemática de conhecimentos pré-estabelecidos sobre o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), indicadores de Engajamento Disciplinar Produtivo e práticas de avaliação mediadora. A inovação manifesta-se no modo de fazer pedagógico: rearranja o ensino de Termologia ao provocar conflitos cognitivos por meio de discrepâncias experimentais cotidianas, superando abordagens expositivas.

DESCRIÇÃO TÉCNICA

Complexidade: A complexidade atende aos critérios da ficha de avaliação da Área de Ensino da CAPES: 1. Concepção fundamentada: Gestado a partir da observação dos problemas da prática docente no ensino de Física e diretamente atrelado à questão de pesquisa da dissertação. 2. Rigor metodológico: Estruturado em uma metodologia clara de 5 etapas (problematização, levantamento de hipóteses, teste experimental, socialização e sistematização). 3. Reflexão teórica consistente: Ancorado em referenciais consolidados do ensino de ciências e da avaliação educacional (Carvalho, Sasseron, Luckesi). 4. Validação em duas instâncias: Desenvolvido e validado em ambiente real de sala de aula da Educação Básica (1ª instância) e avaliado por banca examinadora de pesquisadores doutores vinculados a PPGs da Área de Ensino (2ª instância).

Validação: Desenvolvida em turma da 2ª série do ensino médio de escola pública do estado de Goiás e por banca de pesquisadores doutores de IES, vinculados à PPGs da Área de Ensino.

Disponibilidade: Irrestrita, respeitando a autoria do produto. Sem permissão de comercialização por terceiros.

Divulgação: https://repositorio.ifg.edu.br/

Instituições envolvidas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG - Campus Jataí) e Colégio Estadual Miltes Furquim de Oliveira - Rio Verde/GO.

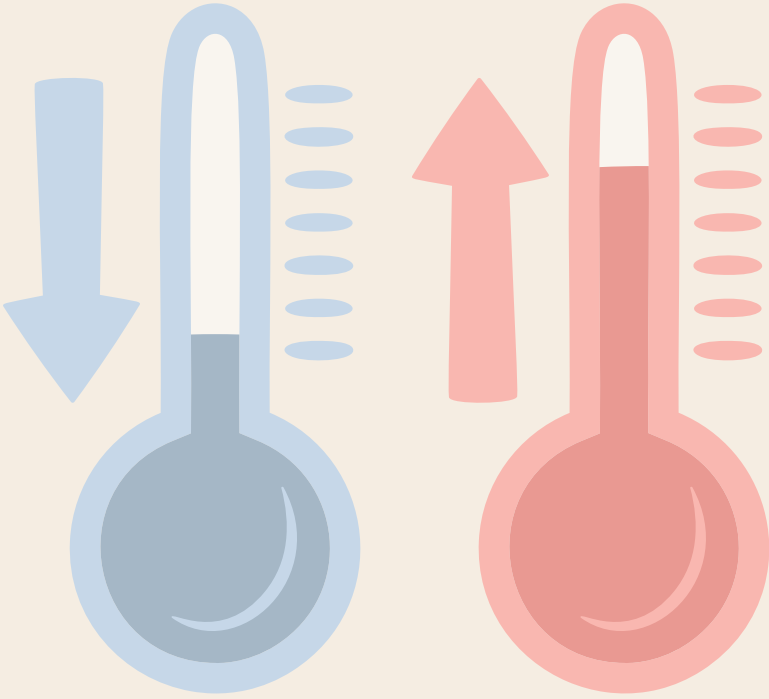
Declaração de Uso de IA: Em cumprimento ao disposto na Portaria CNPq nº 2.664/2026, declaro que recursos de Inteligência Artificial Generativa (IAG) foram empregados na elaboração deste trabalho. Os recursos de IAG utilizados nesta dissertação envolvem o Gemini Notebook como apoio, especialmente para fins de organização de ideias e revisão textual e a aplicação Canva na IAG ChatGPT para elaboração de imagens.

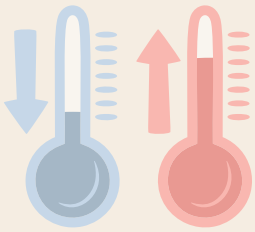
Idioma: Português

Cidade: Jataí/GO

País: Brasil

Ano: 2026





Apresentação

Caro(a) professor(a),

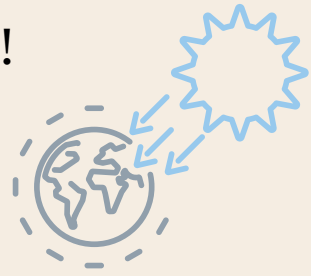
Este Produto Educacional foi desenvolvido com o objetivo de apoiar o seu trabalho em sala de aula por meio de atividades investigativas sobre os processos de Transferência de Calor: Condução Térmica, Convecção Térmica e Radiação Térmica.

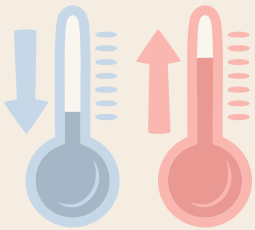
As atividades investigativas foram organizadas de forma prática e objetiva. Em cada uma delas você encontrará os objetivos, os materiais necessários, orientações para preparação e realização dos experimentos, sugestões de perguntas investigativas e possibilidades de encaminhamento das discussões. As propostas podem ser adaptadas conforme a realidade da sua escola e os recursos disponíveis, oferecendo flexibilidade para diferentes contextos de ensino.

Este guia de apoio didático para professores é um Produto Educacional desenvolvido como parte integrante da dissertação de mestrado, intitulada “Contribuições de Atividades Investigativas sobre Termologia para o Engajamento Disciplinar Produtivo de Estudantes do Ensino Médio”, do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí

Esperamos que este material seja um apoio para suas aulas e que inspire novas possibilidades de ensinar Física por meio da investigação, tornando os estudantes protagonistas da própria aprendizagem e favorecendo um ambiente de participação, diálogo e construção do conhecimento científico.

Boa leitura!





Sumário

INTRODUÇÃO.....10

A ABORDAGEM DIDÁTICA DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI).....11

DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Atividade Investigativa 1 – Irradiação Térmica.....14

Atividade Investigativa 2 – Condução Térmica.....20

Atividade Investigativa 3 – Convecção Térmica.....25

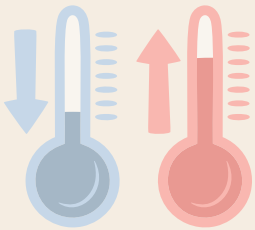
Quiz Interativo e Aplicações praticas.....28

ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR

Sugestões para Mediação e leitura.....32

REFERÊNCIAS.....36



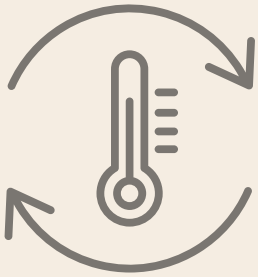


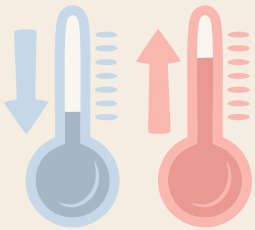
Introdução

O ensino de Física ainda enfrenta o desafio recorrente de superar abordagens puramente expositivas e abstratas, que muitas vezes desestimulam os estudantes e distanciam os conceitos de sua aplicação prática. Diante desse cenário, este Produto Educacional foi desenvolvido como um guia didático de apoio à prática docente no Ensino Médio, focado em conteúdos da Termologia sob a perspectiva do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI).

O material estrutura-se a partir de atividades investigativas dedicadas aos processos fundamentais de transferência de calor (condução, convecção e radiação térmica). Com o uso de experimentos simples, materiais acessíveis e problematizações vinculadas ao cotidiano dos alunos, as propostas buscam transformar a sala de aula em um espaço de reflexão, teste de hipóteses e argumentação.

Mais do que um repertório de experimentos, este produto propõe uma reorientação da postura pedagógica: o professor atua como mediador de um processo em que o estudante se torna protagonista do seu próprio aprendizado. Espera-se que este recurso fortaleça a práxis educativa, oferecendo alternativas viáveis e fundamentadas para tornar o ensino de Física mais dinâmico, contextualizado e cientificamente engajador.



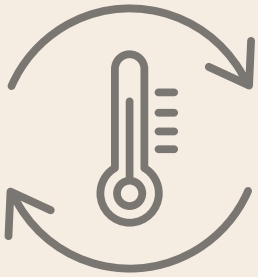


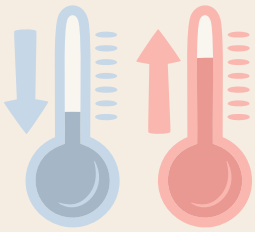
A abordagem didática do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI)

O EnCI configura-se como uma abordagem metodológica e epistemológica que busca superar o modelo tradicional transmissivo de ensino. Nessa perspectiva, ensinar ciências por investigação implica criar condições de sala de aula para que os estudantes possam pensar (levando em conta a estrutura do conhecimento), falar (evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos), ler (compreendendo criticamente o conteúdo) e escrever (expressando ideias com clareza e autoria). Assim, a avaliação do processo de ensino-aprendizagem não se restringe à verificação da memorização de tópicos programáticos, mas verifica se os alunos aprenderam a falar, argumentar, ler e escrever sobre esses conteúdos (Carvalho, 2018).

Assim, o EnCI coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem, promovendo a autonomia intelectual e o desenvolvimento do raciocínio científico. Sob a mediação docente, os alunos mobilizam conhecimentos prévios e interagem com os pares para construir explicações e modelos fundamentados.

Para operacionalizar essa abordagem em sala de aula, desenvolvem-se as atividades investigativas, ou as Sequências de Ensino Investigativo (SEI), entendidas como propostas didáticas encadeadas voltadas ao desenvolvimento de tópicos científicos por meio de diversas atividades (como laboratórios abertos, demonstrações investigativas, textos históricos e questões abertas). No entanto, a aplicação de uma atividade investigativa por si só não garante uma aula investigativa; a diretriz central de um ensino verdadeiramente investigativo fundamenta-se na articulação entre duas dimensões essenciais: 1) a elaboração do problema e 2) o grau de liberdade intelectual oferecido aos alunos. Anna Maria Pessoa de Carvalho detalha esses conceitos no texto intitulado “Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação” (Carvalho, 2018).



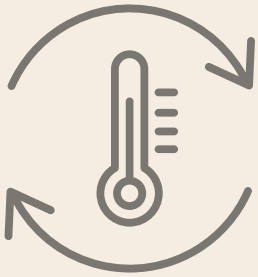


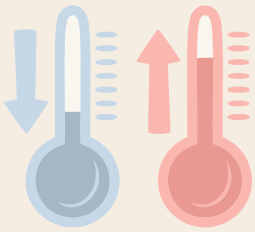
A abordagem didática do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI)

Segundo Sasseron e Carvalho (2008) o objetivo maior da utilização da abordagem didática do EnCI na educação básica é promover a Alfabetização Científica (AC). As autoras descrevem três eixos estruturantes para a consolidação da AC: 1) Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, necessários para entender situações cotidiana; 2) Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, fornecendo subsídios para a análise reflexiva de informações diárias e 3) Entendimento das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), reconhecendo os impactos e a influência do conhecimento científico e tecnológico no desenvolvimento sustentável (Sasseron; Carvalho, 2008).

Desta forma, a aplicação prática apresentada pelo EnCI, e estruturada neste guia, organiza-se em 5 etapas, baseadas em Carvalho et al. (2009) descritas a seguir:

- **Levantamento de Hipóteses**: Formulação de explicações prévias e planos de ação pelos estudantes.
- **Teste Experimental / Investigativo**: Coleta de dados, manipulação de variáveis e testagem empírica ou analítica das hipóteses.
- **Socialização**: Debates e apresentação dos resultados entre os grupos, estimulando a argumentação científica.
- **Sistematização do Conhecimento**: Formalização e consolidação dos conceitos científicos construídos, sob mediação do professor.
- **Problematização**: Apresentação de uma situação-problema contextualizada que desperta a curiosidade e instiga a investigação.

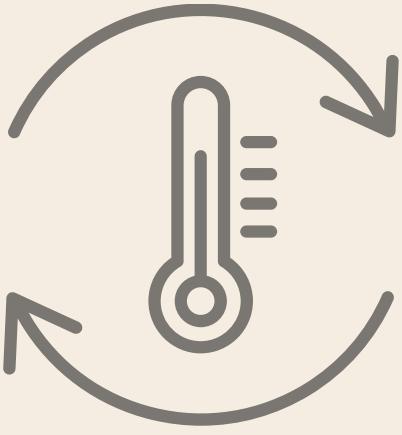




Por fim, destacamos a ferramenta de análise desenvolvida para investigar o engajamento dos estudantes em aulas de Física proposto por Sasseron e Souza (2019).

Os autores propõem um sistema de indicadores que categoriza o envolvimento dos estudantes em três níveis progressivos: engajamento geral, disciplinar e disciplinar produtivo. A observação desses níveis pode permitir ao professor uma verificação da participação mais ativa na construção de conhecimento científico por parte dos estudantes. Essa análise foi realizada na dissertação, vinculada a esse produto educacional "Contribuições de Atividades Investigativas sobre Termologia para o Engajamento Disciplinar Produtivo de Estudantes do Ensino Médio".

A seguir descreveremos com detalhes as atividades investigativas desenvolvidas.



ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1

IRRADIAÇÃO TÉRMICA

Aqui, o ponto de partida é a apresentação do experimento e do problema investigativo: a ideia é usar uma situação do cotidiano para d**espertar a curiosidade** dos estudantes. Mais do que introduzir o conteúdo de irradiação térmica, essa etapa serve para criar o clima perfeito para a turma questionar, investigar e construir o aprendizado.

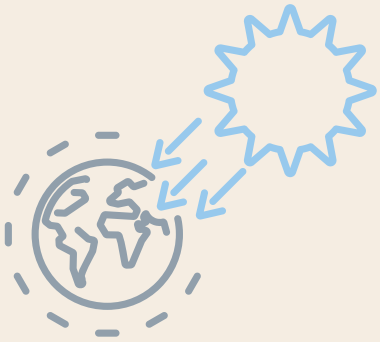
OBJETIVO

🌡️ Compreender o conceito de radiação térmica e sua relação com a absorção da radiação, identificando a variação de temperatura por uma lata de alumínio com diferentes cores.

PROBLEMATIZAÇÃO

💡 Por que latas de cores diferentes aquecem de forma distinta quando expostas à mesma fonte de calor?

🔥 O que acontece com a temperatura de uma lata preta comparada a uma lata sem pintura (ou com uma outra cor)?



ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1
IRRADIAÇÃO TÉRMICA



MATERIAIS NECESSÁRIOS

🥤 2 latas de alumínio - uma pintada de preto fosco e outra sem pintura
(neste caso a lata de alumínio deve ser lixada para retirar a pintura original, poderia ser deixada a pintura original ou até ser pintada com uma cor clara)

🌡️ 1 termômetro digital
(preferencialmente de um termômetro digital infravermelho para facilitar a leitura)

⏱️ 1 cronômetro
(pode ser o do próprio celular)

🕯️ Velas
(usadas como fonte de calor para a irradiação)

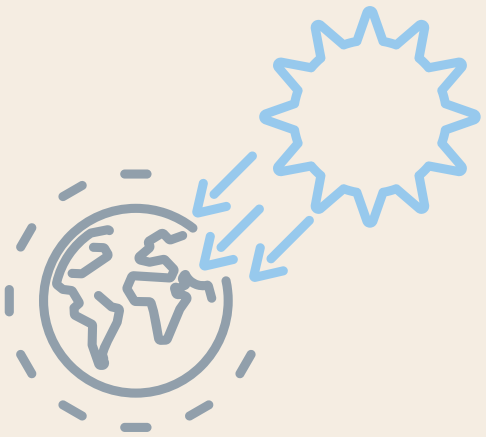
Figura 1 – Transferência de calor por radiação em materiais com diferentes cores e propriedades superficiais



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1

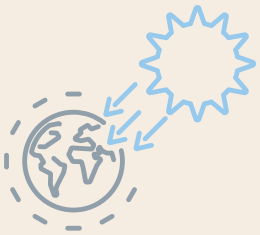
IRRADIAÇÃO TÉRMICA



PROCEDIMENTOS

- Separar as duas latas de mesmo material e tamanho (latas idênticas), mas com cores diferentes
- Colocar a fonte de calor na mesma distância das duas latas e, antes de acender a(s) vela(s), registrar a temperatura inicial de cada lata
- Com as latas posicionadas à mesma distância da fonte de calor e, ainda sem estar acesas, solicitar que os estudantes formulem hipóteses sobre qual lata aquecerá mais rapidamente após acender a(s) velas(s).
- Utilizando os termômetros, registre as temperaturas das latas de dez em dez segundos. Faça esse registro até que as latas estabilizem a temperatura.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1
IRRADIAÇÃO TÉRMICA



EXECUÇÃO

1º Momento - Apresentação do Problema

Organização da turma: Divida os alunos em grupos.

🌡 Apresente a problematização para despertar a curiosidade inicial da turma.

🌡 Faça uma pergunta sobre como materiais com diferentes cores variam sua temperatura ao receber calor da mesma fonte. A ideia aqui é instigar o pensamento crítico, gerando a curiosidade dos estudantes

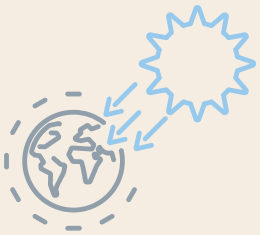
2º Momento - Levantamento de Hipóteses

Com a situação problema, peça para os grupos debaterem e responderem: “Qual lata vai esquentar mais rápido quando exposta à vela: a preta ou a de alumínio ? Por quê?”

🌡 Cada grupo deve registrar por escrito sua hipótese e a justificativa, recorrendo aos seus conhecimentos prévios, intuições ou vivências do dia a dia.

🌡 Papel do Professor: Não corrija e nem dê respostas sobre o problema neste momento. O professor pode realizar outras perguntas para que fique mais claro o objetivo do problema inicial.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1
IRRADIAÇÃO TÉRMICA



3º Momento - Investigação & Mão na Massa

Mão na Massa: 🛠️Realize (ou oriente) a demonstração prática investigativa utilizando:

🥤2 latas (uma preta e uma de alumínio);
🌡️ Termômetros digitais;
⏱️ Cronômetro;
🕯️ Vela (posicionada exatamente à mesma distância das duas latas).

Coleta de Dados: Os estudantes acompanham a variação da temperatura com o passar do tempo, anotam as medições em tabelas e confrontam, em tempo real, o que previram (hipóteses) com o que o experimento está mostrando (evidências).

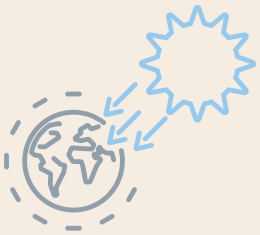
4º Momento - Sistematização dos Conceitos (Conectando os Pontos)

Roda de Conversa: Reúna a turma para uma discussão coletiva guiada.

🌡️Análise dos Resultados: Compare os dados obtidos por cada grupo.

🌡️Ajude a turma a estruturar formalmente o conceito de irradiação térmica e a capacidade de absorção/reflexão de energia conforme a cor da superfície (cor escura absorve mais radiação; cor clara/brilhante reflete mais).

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1
IRRADIAÇÃO TÉRMICA



5º Momento – Contextualização (Ciência no Dia a Dia)

Aplicação Prática: 🚀 Leve o conceito aprendido para fora da sala de aula e conecte com o cotidiano dos alunos:

👕 Vestuário: Por que evitamos roupas escuras em dias ensolarados?

🏠 Arquitetura: Qual o impacto da cor das telhas e paredes na temperatura interna de uma casa?

☀️ Sustentabilidade: Como funcionam as placas solares térmicas (ou os coletores de aquecimento solar) responsáveis pelo aquecimento da água, que ficam nos telhados das residências?

DESAFIO EXTRA



Após constatarem na prática que a lata preta aquecia mais rapidamente do que a de alumínio, evidenciando que superfícies escuras e opacas absorvem mais radiação térmica do que superfícies claras ou reflexivas, é hora de dar um passo além!

Para aprofundar as discussões e instigar ainda mais a curiosidade científica, o professor pode lançar uma nova situação-problema: "*E se testássemos outras cores, como vermelho, azul, verde ou branco, sob as mesmas condições?*" A partir dessa provocação, os estudantes são convidados a elaborar e registrar novas hipóteses, estimando qual cor absorverá mais energia e justificando suas previsões com base nos conceitos de absorção e reflexão recém-descobertos.

Essa etapa complementar amplia a argumentação científica em sala de aula, transforma a dúvida em motor de aprendizado e encoraja a turma a propor novos caminhos investigativos para o mesmo fenômeno.

Outra instigante questão poderia ser elaborada para testar materiais diferentes.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2

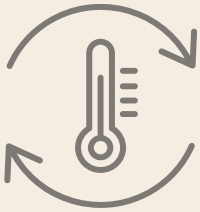
CONVECÇÃO TÉRMICA

A atividade investigativa foi estruturada a partir de uma proposta experimental voltada à compreensão do fenômeno da **convecção térmica**, tendo como eixo orientador a questão problematizadora, ao longo do desenvolvimento do experimento, os estudantes devem ser convidados a registrar suas observações, discutir os resultados em grupo e confrontar suas ideias iniciais com os conhecimentos científicos trabalhados na aula. Esse processo favorece a **argumentação** e a **apropriação dos conceitos** relacionados à convecção térmica, compreendida como a transferência de calor associada ao movimento de massas de fluidos provocado por diferenças de temperatura.

Nessa perspectiva, a experimentação deixa de assumir apenas um caráter demonstrativo e passa a constituir um **espaço de investigação**, no qual os estudantes participam ativamente da construção do conhecimento, conforme defendem Carvalho (2013) e Sasseron (2015), ao ressaltarem que o ensino por investigação promove o **protagonismo discente** e o **desenvolvimento do raciocínio científico**.

OBJETIVO

Compreender como o calor pode ser transferido pelo ar e causar movimento, investigando a convecção térmica através do experimento da espiral suspensa.



ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2
CONVECÇÃO TÉRMICA

PROBLEMATIZAÇÃO

💡 Por que a espiral de papel suspensa sobre uma vela acesa começa a girar? O que acontece com o ar quando é aquecido pela chama?

MATERIAIS NECESSÁRIOS

📄 Folhas de papel (o papel sulfite tradicional funciona perfeitamente!)

✏️ Lápis de escrever (para desenhar a espiral, o professor pode trazer um modelo)

✂️ Tesoura com ponta redonda (para recortar a espiral com precisão)

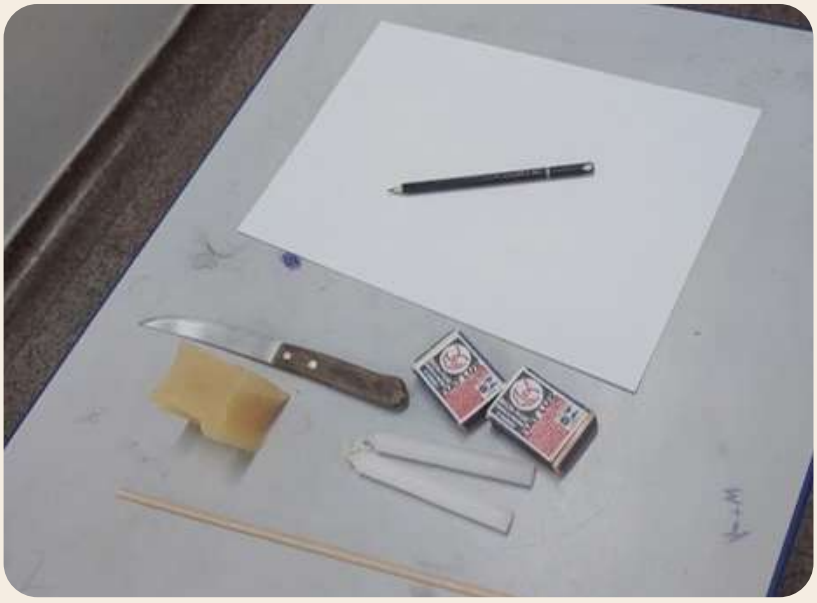
🥢 Vareta de madeira ou espeto de churrasco (será a nossa torre de sustentação);

🕯️ Vela (a nossa fonte de energia térmica);

🧼 Base firme e segura (massinha de modelar, sabão ou suporte rígido para fixar a vareta);

♨️ Fósforos ou acendedor

Figura 2 – Conjunto de materiais empregados na realização da atividade experimental sobre convecção térmica



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2
CONVECÇÃO TÉRMICA



EXECUÇÃO

1º Momento - Apresentação do Problema

"*O que acontece com um pedaço de papel em formato de espiral quando ele fica posicionado em cima de uma fonte de calor?*"

Mostre a espiral sem dar a resposta pronta. O objetivo aqui é instigar a curiosidade, despertar o olhar atento e fazer os olhos da turma brilharem com o mistério científico que está por vir!

2º Momento - Levantamento de Hipóteses

Com a dúvida no ar, é hora de dar voz aos estudantes. Cada grupo conversa, debate e registra no papel suas teorias iniciais:

❓ Por que o espiral se moveria? Será que a chama sopra o papel? É o calor? Ou existe ar se movendo ali?

3º Momento - Investigação na prática

🌡️ Montagem: Cada grupo desenha, corta e monta sua própria espiral de papel sob sua orientação.

🌡️ Os alunos posicionam a espiral acima da fonte de calor e começam a testar a altura, a distância e o alinhamento até que a espiral comece a girar direitinho.

🌡️ Observação Atenta: Eles observam o movimento, comparam com o que tinham previsto, reformulam suas teorias e anotam todas as descobertas da bancada.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2
CONVECÇÃO TÉRMICA

4º Momento - Sistematização do Conceito

❓ O que fez a espiral girar? O que deu certo em cada grupo?

Com a sua mediação, os estudantes constroem a explicação científica: o ar perto do calor esquenta, fica mais leve e sobe, fazendo a espiral girar!

5º Momento - Contextualização

Peça para os alunos identificarem a convecção no cotidiano:

🌬️ Nas brisas da praia (marítimas e terrestres)
💨 Na formação dos ventos e correntes de ar do planeta
💨 As correntes marítimas nos oceanos;
🍲 Na água fervendo dentro da panela da cozinha

DESAFIO EXTRA

Prontos para levar a ciência a outro nível!?

Nesta etapa, os alunos são desafiados a testar como a velocidade de rotação muda quando alteramos a distância do fogo, o número de velas ou até o sentido da espiral! Para deixar tudo mais dinâmico, proponha que cada grupo construa a espiral idênticas usando papéis com diferentes pesos e texturas como papel sulfite, papel cartão, papel alumínio e papel de seda. Ao colocarem as criações à prova, os estudantes comparam a estabilidade, registram os dados.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3

CONDUÇÃO TÉRMICA

A prática permite que os alunos observem de maneira direta c**omo o calor se propaga** ao longo de um material sólido e como essa propagação influencia a fusão da parafina, ocasionando a queda dos clipes em diferentes tempos. Desde o início, os alunos devem demonstrar a expectativa de que os clipes caem rapidamente e em uma sequência perfeitamente regular, o que provavelmente não ocorrerá.

Essa discrepância entre o que esperavam e o que de fato observaram é fundamental para **despertar questionamentos e reflexões**, levando-os a confrontar suas concepções iniciais com as evidências produzidas durante o experimento.

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), as atividades investigativas possibilitam ao estudante participar ativamente do processo de aprendizagem, desenvolvendo a **capacidade de levantar problemas**, elaborar explicações e **construir conhecimentos** a partir das evidências observadas.

OBJETIVO

- Investigar o processo de condução de calor em um material sólido, analisando como o calor se propaga e influencia o comportamento da parafina, causando a queda dos clipes à medida que o calor é transferido ao longo deles.



ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3
CONDUÇÃO TÉRMICA

PROBLEMATIZAÇÃO

💡 Por que os clipes presos com parafina caem sequencialmente da barra metálica aquecida? Como o calor se propaga através dos sólidos?

MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 📎 Clipes metálicos
- 🕯️ Gotas de parafina / vela
- 📏 Haste ou suporte metálico
- 🧱 Base isolante
- 🔥 Fonte de calor
- 🥢 Pinça de manipulação
- ♨️ Fósforos ou acendedor

Figura 3 – Materiais utilizados na atividade experimental sobre condução térmica



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

EXECUÇÃO

1º Momento – Apresentação do Problema

"Por que os clipes presos com parafina caem sequencialmente da barra metálica aquecida? Como o calor se propaga através dos sólidos?"

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3
CONDUÇÃO TÉRMICA



2º Momento – Levantamento de hipóteses

Com o desafio na mesa, é hora de as equipes debaterem e registrarem suas previsões:

❓ *Se esquentarmos só uma ponta da haste de metal, o que vai acontecer com os clipes colados nela? Todos vão cair juntos ou um por um? Quem cai primeiro: o mais perto ou o mais longe do fogo?*

Peça para cada grupo desenhar ou anotar a ordem de queda esperada.

3º Momento – Investigação prática

🌡️ Montagem: Com o aparato pronto, os alunos ajustam o espaço e alinham a haste metálica com os clipes presos na parafina.

🌡️ Sob a supervisão do professor, a fonte de calor é ligada na extremidade da haste.

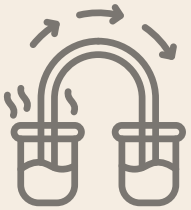
🌡️ Cronômetro na mão! Os grupos observam atentamente a sequência das quedas, registram os tempos de queda de cada clipe.

4º Momento - Sistematização do Conceito

❓ *Por que o clipe mais perto do fogo caiu primeiro? Como a energia passou ao longo da barra?*

É a hora de explicar o efeito dominó invisível: as partículas do metal perto do fogo começam a vibrar super-rápido e vão "empurrando" essa energia para as vizinhas! Esse transporte de energia de partícula em partícula ganha o nome de Condução Térmica!

ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3
CONDUÇÃO TÉRMICA



5º Momento – Contextualização (Ciência no Dia a Dia)

🍳 Por que a panela é de metal, mas o cabo é de madeira ou silicone?

🥄 Por que a colher de metal fica quente quando esquecemos ela dentro da sopa?

🧊 Como funcionam os cabos de ferramentas e os isolantes térmicos que usam na construção das nossas casas?

DESAFIO EXTRA

Depois de ver os clipes caírem um a um conforme a parafina derretia na barra metálica, imagine colocar lado a lado barras do mesmo tamanho, mas de materiais completamente diferentes como vidro, ferro e cobre, com os mesmos clipes e a mesma chama acesa!

Incentive os estudantes a darem seus palpites: em qual barra os clipes vão cair em tempo recorde? E qual barra vai demorar mais tempo.

Ao comparar esses materiais, a turma descobre na prática o conceito de condutividade térmica, percebendo por que usamos cobre ou alumínio para cozinhar rapidinho e cabo de madeira ou vidro para não queimar as mãos.

Uma investigação dinâmica e cheia de descobertas que mostra como a Ciência escolhe o material certo para cada situação do nosso dia a dia!

QUIZ INTERATIVO E APLICAÇÕES PRÁTICAS









CONSOLIDANDO A APRENDIZAGEM

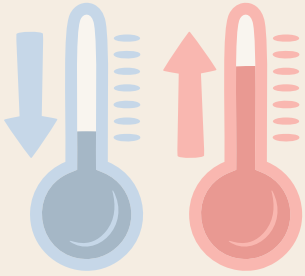
Ao término das Atividades Investigativas, recomenda-se a aplicação de um quiz interativo como estratégia de **verificação de aprendizagem** e de **sistematização dos conhecimentos** construídos ao longo das atividades. Essa etapa tem como finalidade verificar a compreensão dos estudantes acerca dos conceitos relacionados aos processos de **propagação do calor**, permitindo identificar avanços na aprendizagem, dificuldades persistentes e possíveis concepções alternativas. Nessa perspectiva, a avaliação não se restringe à atribuição de notas, mas assume um **caráter diagnóstico e regulador** do processo de ensino e aprendizagem.

A utilização do quiz favorece a retomada das situações-problema, dos experimentos realizados e das discussões desenvolvidas durante as atividades, estimulando os estudantes a **mobilizarem os conhecimentos** construídos para interpretar fenômenos, justificar suas respostas e revisar suas próprias ideias.

Para Luckesi (2011), a avaliação deve constituir-se como um **instrumento de acompanhamento** e auxílio ao desenvolvimento do educando, servindo como suporte para a tomada de decisões pedagógicas.

De modo semelhante, Hoffmann (2018) defende que a avaliação mediadora promove a **reflexão contínua** sobre a aprendizagem, permitindo ao professor compreender o percurso do estudante e intervir de maneira significativa em seu desenvolvimento.

O quiz interativo representa uma oportunidade para que os estudantes confrontem suas hipóteses iniciais com as evidências produzidas durante as investigações, **consolidando os conceitos científicos** trabalhados.



Sugestões de questões para o quiz

QUIZ INTERATIVO
PROPAGAÇÃO DE CALOR

❓ **1-O que é calor?**
a) Uma substância presente em materiais quentes;
b) A energia em trânsito entre corpos com temperaturas diferentes;
c) Uma forma de matéria invisível;
d) A temperatura de um objeto.

❓ **2-Qual das alternativas abaixo NÃO é uma forma de propagação do calor?**
a) Condução
b) Refração
c) Convecção
d) Radiação

❓ **3-O calor sempre se transfere:**
a) Do corpo mais frio para o mais quente;
b) Do corpo mais quente para o mais frio;
c) Apenas se os corpos estiverem em contato direto;
d) Apenas no vácuo

❓ **4- A condução térmica ocorre principalmente em corpos:**
a) sólidos
b) líquidos
c) gases
d) No vácuo

❓ **5-Qual dos seguintes materiais é um melhor condutor de calor?**
a) Madeira
b) Borracha
c) Alumínio
d) Papel



❓ **6-Qual dos seguintes objetos é um bom isolante térmico?**

a) Uma colher de metal
b) Uma panela de alumínio
c) Uma luva de lã
d) Uma chapa de ferro

❓ **7- Qual dos seguintes fenômenos é um exemplo de convecção?**

a) O aquecimento da água em uma panela
b) O calor que sentimos ao tocar um ferro quente
c) O calor do Sol chegando à Terra
d) A propagação do som no ar

❓ **8-Ao analisar a transferência de energia do Sol para a Terra e a circulação do ar na atmosfera, identificam-se diferentes mecanismos térmicos. Assinale a alternativa correta**:

a)A convecção é o único mecanismo capaz de propagar calor no vácuo absoluto.
b)A radiação térmica necessita de um meio material fluido para mover a energia de um ponto a outro.
c)A convecção ocorre em fluidos (líquidos e gases) por meio do movimento de massa impulsionado por diferenças de densidade, enquanto a radiação ocorre por ondas eletromagnéticas e pode propagar-se no vácuo.
d)Ambos os processos dependem exclusivamente de colisões entre partículas vizinhas em posições fixas.

❓ **9-Qual a cor que mais absorve calor por radiação?**

a) Branco
b) Preto
c) Amarelo
d) Azul

❓ **10-O que acontece se colocarmos a mão perto de uma chama sem tocá-la?**

a) Sentimos calor devido à condução
b) Sentimos calor devido à convecção
c) Sentimos calor devido à radiação
d) Nada acontece



ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR

SUGESTÕES PARA MEDIAÇÃO E LEITURA

TERMOLOGIA

Propagação de Calor: Com Enfoque Investigativo

O que é calor e como ele se propaga?

Quando dois corpos estão a diferentes temperaturas, existe uma tendência natural: a energia térmica flui do mais quente para o mais frio. O fluxo dessa energia é o que chamamos de calor. O calor não é uma substância que "viaja" de um lugar para outro, mas sim energia em trânsito. Assim que as temperaturas se igualam, não há mais energia em trânsito.

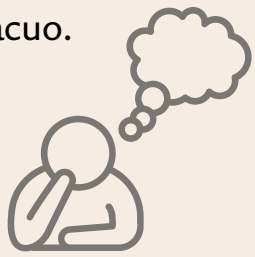
Na natureza e no dia a dia, o calor pode se propagar de três maneiras principais:

Condução: a energia é transmitida por contato direto entre partículas;

Convecção: a energia é transportada pelo movimento de um fluido (líquido ou gás);

Irradiação: a energia viaja na forma de ondas eletromagnéticas e pode atravessar o vácuo.

PENSEM....



Se você colocar a mão perto de uma fogueira, por que consegue sentir o calor sem encostar nas chamas? Qual desses mecanismos está atuando?

A **condução** é como um efeito dominó: as partículas mais quentes vibram mais intensamente e passam parte dessa energia para as partículas vizinhas. Isso acontece de forma mais eficiente em sólidos, especialmente nos metais, onde elétrons livres ajudam a espalhar a energia rapidamente.

Figura 1 - Representação esquemática do processo de condução térmica



Elaboração dos autores com auxílio da aplicação Canva na IAG ChatGPT, 2026.

Exemplos cotidianos

🌡 A colher de metal esquenta rapidamente quando deixada em uma panela no fogão.

🌡 O cabo de uma panela que permanece frio porque é feito de plástico ou madeira (maus condutores).

🌡 Pisos de cerâmica que parecem mais frios no inverno do que tapetes, mesmo estando à mesma temperatura, devido à maior condutividade térmica.

Pensem: mergulhando uma colher de metal e uma colher de plástico em água quente. após alguns segundos, qual aquece mais rápido e por quê.

Perguntas para refletir

❓ Por que alguns materiais transmitem calor mais rapidamente que outros?

❓ Se dois objetos estão à mesma temperatura, por que um pode parecer mais frio ao toque?

❓ Como escolher materiais para fazer cabos de panelas mais seguros?

Convecção é quando o calor viaja com o movimento do fluido

Na convecção, o calor não fica apenas "passando de partícula e partícula". Em vez disso, o fluido inteiro (água ou ar) se movimenta, carregando energia com ele.

Figura 4 - O que é convecção?



Elaboração dos autores com auxílio da aplicação Canva na IAG ChatGPT, 2026.

Exemplos cotidianos

🌡 A água fervendo na panela: o líquido quente sobe e o frio desce, formando um movimento circular.

🌡 O ar quente subindo perto de um aquecedor e o ar frio descendo.

🌡 Brisas marítimas: durante o dia, o ar sobre a terra aquece e sobe, enquanto o ar mais frio do mar se desloca para a costa.

Pensem: A água fria colocada em uma chama do fogão, o que acontece com a agua passados alguns minutos?

Perguntas para refletir

❓ O que faz a água quente subir e a fria descer?

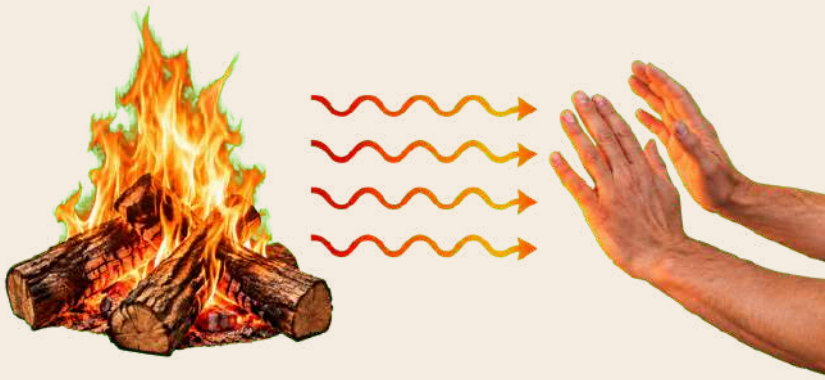
❓ Como a convecção ajuda a aquecer uma sala no inverno?

❓ É possível ter convecção se o fluido não puder se mover?

Irradiação é quando o calor viaja pelo espaço

A irradiação é a transferência de energia por meio de ondas eletromagnéticas, principalmente na faixa do infravermelho. Ao contrário da condução e da convecção, não precisa de nenhum meio material — por isso é possível receber o calor do Sol mesmo através do vácuo do espaço.

Figura 5 - Processo de irradiação térmica



Elaboração dos autores com auxílio da aplicação Canva na IAG ChatGPT, 2026.

Exemplos cotidianos

🌡 O aquecimento da Terra pela luz solar.

🌡 O calor sentido próximo a um fogão elétrico ou uma lareira, mesmo sem tocar no objeto.

🌡 Secagem de roupas ao sol.

Atividade integradora

Peça aos alunos que descrevam uma situação cotidiana (como cozinhar, aquecer uma casa ou tomar banho de sol) e identifiquem onde ocorre cada um dos três mecanismos.

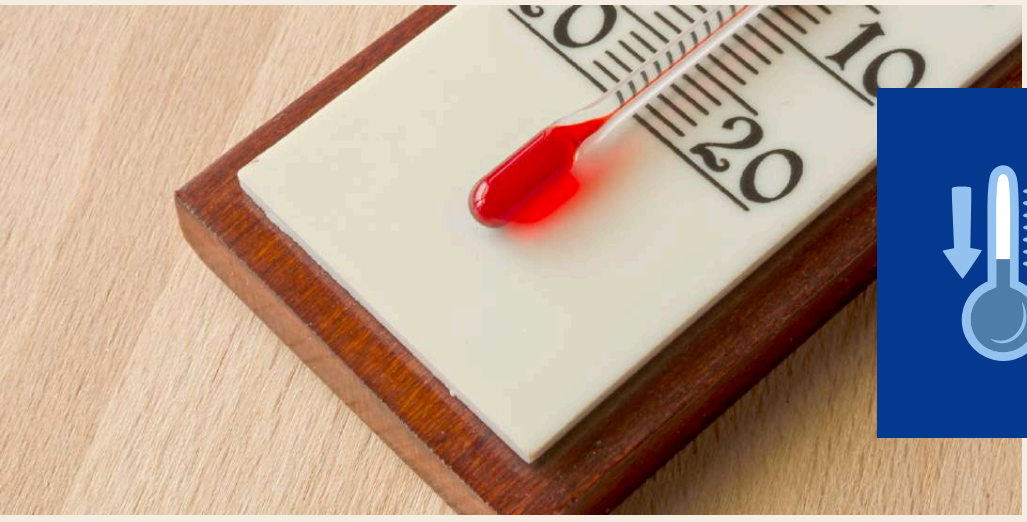
Perguntas para guiar a síntese

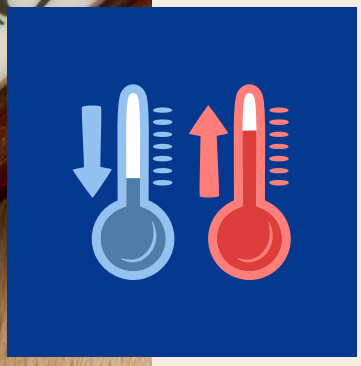
❓ Como os diferentes modos de propagação podem atuar juntos em um mesmo fenômeno?

❓ É possível eliminar completamente um dos modos de transferência de calor? Como?

❓ Em que situações queremos aumentar ou diminuir cada modo de propagação?

Entender como o calor se propaga nos ajuda a projetar utensílios, planejar sistemas de aquecimento e refrigeração e até explicar fenômenos naturais. Mais do que decorar definições, investigar esses processos por meio de experimentos simples permite que o aluno desenvolva **pensamento crítico** e **conecte o conteúdo** à sua experiência diária.





REFERÊNCIAS

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. *Ciências no Ensino Fundamental*: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 2009.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação*: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, 2018.

HOFFMANN, Jussara. *Avaliação Mediadora*: uma prática em construção da pré-escola à universidade. 35. ed. Porto Alegre: Mediação, 2018.

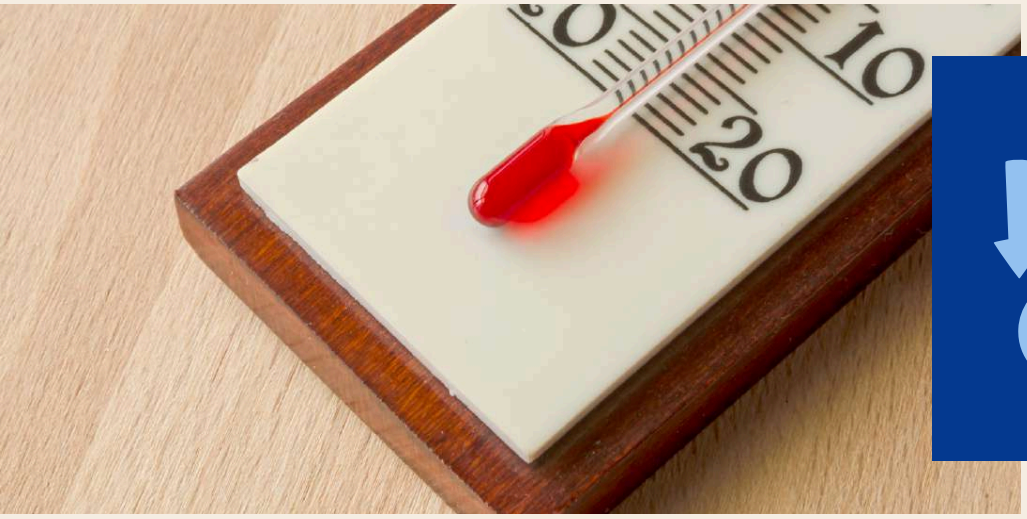
LUCKESI, Cipriano Carlos. *Avaliação da aprendizagem escolar*: estudos e proposições. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

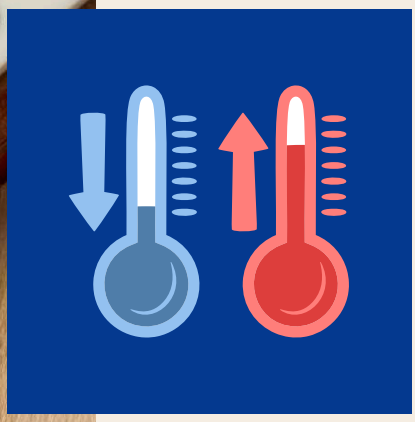
SASSERON, Lúcia Helena. *Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação*: relações entre ciências da natureza e escola. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 17, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental:* a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 13, n. 3, 2008.

SASSERON, Lúcia Helena; SOUZA, Tadeu Nunes. *O engajamento dos estudantes em aula de física*: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 24, 2019.

ZÔMPERO, Andreia de Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. *Atividades investigativas no ensino de Ciências*. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, 2011.





PPGECM/IFG

Programa de Pós-Graduação em
Educação para Ciências e Matemática

INSTITUTO FEDERAL
Goiás
Câmpus Jataí

ANEXO A – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada "UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM TERMOLOGIA: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO". Meu nome é Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é educação para ciências e matemática. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence ao pesquisador responsável. Esclareço que em caso de recusa na participação você não será penalizado de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelo pesquisador responsável, pessoalmente, via e-mail (cassiamontil@hotmail.com) e, inclusive, sob forma de ligação a cobrar, através do seguinte contato telefônico: (64)992065806. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você ou o seu responsável, também poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/IFG, pelo telefone (62) 3237-1821 ou e-mail cep@ifg.edu.br.

1. INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A PESQUISA

1.1. Exposição do título, justificativa e objetivos da pesquisa

A pesquisa intitulada "UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM TERMOLOGIA:CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO" está sendo desenvolvida no Programa de Mestrado em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) - Câmpus Jataí, no qual sou aluno regularmente matriculado. A justificativa da presente pesquisa está pautada no fato de que eu sou professor de Física da rede estadual de Goiás em Rio Verde – GO e busco junto ao programa de pós-graduação desenvolver um produto educacional que possa contribuir para que os alunos da segunda série do ensino médio despertem o interesse pela pesquisa em ciências e que ao estudar Termologia através de uma metodologia que envolve atividades investigativas, construam seu conhecimento, agindo por conta própria, entendam esses conceitos e possam aplicá-los em seu dia a dia e nos locais de convívio. Espero com a pesquisa contribuir na formação de uma cultura científica, despertando nos estudantes a importância da Termologia e da Ciência, permitindo que os estudantes tenham uma melhor consciência de suas decisões.

1.2. Procedimentos a serem utilizados para o desenvolvimento da pesquisa

A pesquisa será desenvolvida através de uma sequência de ensino investigativo. Nessa sequência, serão propostas atividades de cunho investigativo, onde o aluno será o responsável por buscar seu próprio conhecimento. Na primeira aula será feita uma problematização utilizando vídeos curtos sobre situações que envolvem as Leis de Newton e posteriormente serão formados pequenos grupos que devem anotar em uma folha as possíveis hipóteses de solução do problema. Nas aulas, dois, três, quatro, cinco, seis e sete os alunos irão resolver experimentos previamente elaborados e bem planejados, tentar solucionar os problemas que envolvem as Leis de Newton e logo em seguida, após cada experimento, será feita uma roda de conversa para sistematização do conhecimento onde os alunos vão interagir entre si com intermédio do professor para discutir sobre como foi resolvido o problema, produzindo uma ação intelectual, construindo ideias e conhecimento individualmente. A oitava aula será de contextualização do conhecimento e nesse momento os alunos devem tomar consciência sobre como a ciência é instaurada e suas finalidades com as questões políticas e sociais, proporcionando um ambiente em que o aluno consiga relacionar o problema proposto com situações do cotidiano. Por fim, a última aula será uma socialização e retomada das hipóteses escritas na folha da primeira aula, onde os próprios alunos devem corrigir suas respostas e conseguir relacionar com o ensino da termologia.

1.3. Especificação de riscos/desconfortos e benefícios sociais e acadêmicos decorrentes da participação na pesquisa

Sabendo que qualquer pesquisa contém riscos, mesmo que mínimos, o presente estudo visará resguardar sob a ótica do indivíduo e das coletividades, sua autonomia na participação, a não maleficência, a beneficência, a justiça e a equidade, dentre outros, e visará a assegurar os direitos e deveres que dizem respeito aos participantes da pesquisa. Tais participantes, sejam eles os/as estudantes e/ou o/a professor(a) regente cujo envolvimento na pesquisa é apoiar, auxiliar, orientar e mediar os diversos e diferentes momentos de aplicação do estudo, serão esclarecidos(as) sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa lhes acarretar, na medida de sua compreensão e respeitadas em suas singularidades. Desse modo, entendendo que a pesquisa pode gerar riscos/desconfortos ao participante, embora mínimos, quanto ao cansaço, ao aborrecimento e a falta de tempo para se responder entrevistas, assim como desconforto, constrangimento, irritação ou alterações de comportamento durante gravação de áudio na realização da roda de conversa, além da insatisfação e mal-estar em ter seu trabalho fotografado e o receio e constrangimento de suas falas serem anotadas no “diário de bordo”. O participante terá durante toda a pesquisa a possibilidade de recusar participação em alguns dos momentos que gerem desconfortos, não sofrendo nenhuma penalização por isto. O pesquisador responsável tomará o cuidado de

apresentar todos os esclarecimentos das ações promovidas durante a pesquisa, buscando evitar ao máximo a ocorrência de riscos/desconfortos, sempre zelando pelo bem-estar e anonimato dos participantes envolvidos. A assistência ao participante da pesquisa, caso seja necessária, será pensada nos âmbitos: assistência imediata – onde serão atendidas as necessidades do(a) participante de modo emergencial e sem ônus de qualquer espécie, em situações em que este(a) dela necessite; e assistência integral – procurando atender as complicações e os danos decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa. A respeito dos fundamentos éticos da pesquisa, alguns cuidados serão tomados para resguardar os indivíduos envolvidos nessa, tais como: respeito ao participante da pesquisa em sua dignidade e autonomia, reconhecendo sua vulnerabilidade, assegurando sua vontade de contribuir e permanecer, ou não, na pesquisa, por intermédio de manifestação expressa, livre e esclarecida; ponderação entre riscos e benefícios, tanto conhecidos como potenciais, individuais ou coletivos, comprometendo-se com o máximo de benefícios e o mínimo de danos e riscos; garantia de que danos previsíveis serão evitados; e quanto a relevância social da pesquisa, garantir a igual consideração dos interesses envolvidos, não perdendo o sentido de sua destinação sócio humanitária. Em suma, essa pesquisa buscará fazer com que prevaleçam os benefícios esperados sobre os riscos e/ou desconfortos previsíveis; visará assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros; zelará pelo respeito aos valores culturais, sociais, morais, religiosos e éticos, como também os hábitos e costumes; e utilizará o material e os dados obtidos na pesquisa exclusivamente para a finalidade prevista no seu protocolo, ou conforme o consentimento do participante. Ainda sobre os benefícios da pesquisa ao participante, é importante ressaltar que haverá benefício indireto e direto, sua participação, será de extrema importância para os resultados da pesquisa; além disto, irá promover uma melhor prática didática no ensino de ciências no ensino médio através de uma metodologia que visa a relação entre teoria e prática (práxis) vivenciada pelo participante na sua vida cotidiana e exercício docente.

1.4. Informação sobre as formas de ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa

O participante não terá despesas decorrentes de sua cooperação com a pesquisa. Os instrumentos para a realização das atividades experimentais serão fornecidos pelo pesquisador.

1.5. Garantia do sigilo que assegure a privacidade e o anonimato do participante

Serão tomadas as medidas necessárias que garantam a liberdade de participação, a integridade do participante da pesquisa e a preservação dos dados que possam identificá-lo,

garantindo, especialmente, a privacidade, sigilo e confidencialidade. Para garantir o sigilo, todos os dados coletados serão manipulados unicamente pelo pesquisador responsável. Toda e qualquer informação divulgada será descaracterizada para que não ocorra a identificação do participante.

1.6. Garantia de liberdade de participação

Serão tomadas as medidas necessárias que garantam a liberdade de participação. O participante tem a garantia expressa de liberdade de se recusar a participar ou retirar o seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma, ressalto que todos os alunos irão participar das atividades pois as mesmas terão um cunho avaliativo e somarão na média final da disciplina de Física.

1.7. Garantia de liberdade do participante em procedimentos específicos da pesquisa

Será garantido ao aluno a liberdade de se recusar a responder questões que lhe causem desconforto emocional e/ou constrangimento, ressaltando que em relação às atividades avaliativas o aluno que se recusar a responder ou realizar alguma atividade será penalizado na nota final da disciplina de Física.

1.8. Apresentação de resultados

Os resultados desse estudo serão tornados público independentemente dos resultados que se apresentem ao final do mesmo.

1.9. Apresentação das estratégias para divulgação dos resultados

Os resultados da presente pesquisa serão de acesso de toda a comunidade através da página na internet do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Jataí, na aba das dissertações e dos produtos gerados pela pesquisa. Além disso, será encaminhado uma via digital da mesma às instituições colaboradoras e que participaram do fornecimento de dados.

1.10. Garantia de pleitear indenização

O participante tem o direito de pleitear indenização garantida em lei, decorrentes da sua participação na pesquisa, caso se sinta prejudicado no sentido de não ter sido respeitado o estabelecido neste termo.

2. DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

Eu, _____, inscrito(a) sob o RG/CPF_____/____.____.____-____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM TERMOLOGIA:CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO”. Informo ter menos que 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador(a) responsável Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Rio Verde - GO, 17 de março de 2025

Faça uma rubrica dentro do parêntese com a proposição escolhida.

( ) Permito a divulgação da transcrição da voz/opinião do aluno nos resultados publicados da pesquisa;

( ) Não permito a divulgação da transcrição da voz/opinião do aluno nos resultados publicados da pesquisa.

_____

Assinatura por extenso do(a) responsável pelo aluno

_____

Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório (pesquisadora responsável)

Testemunhas em caso de uso da assinatura datiloscópica

_____

_____

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você/Sr./Sra. está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM TERMOLOGIA: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO. Meu nome é Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório, sou o(a) pesquisador(a) responsável e minha área de atuação é física. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence ao(à) pesquisador(a) responsável. Esclareço que em caso de recusa na participação você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelo(s) pesquisador responsável, via e-mail (cassiamontil@hotmail.com.) e, inclusive, sob forma de ligação a cobrar, através do(s) seguinte(s) contato(s) telefônico(s): (64) 992065806. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/IFG, pelo telefone (62) 3612-2239 ou e-mail cep@ifg.edu.br

1. Informações Importantes sobre a Pesquisa:

1.1 Este projeto de pesquisa visa trabalhar uma sequência de ensino por investigação para facilitar a compreensão dos conceitos físicos de forma mais integrada com o cotidiano dos estudantes, analisando como as habilidades promovidas pelas estratégias das atividades investigativas aplicadas podem impactar esse desempenho. Desenvolver uma sequência didática, baseada na abordagem didática da Sequência de Ensino Investigativa, para alunos da 2ª série do ensino médio de uma escola pública do município de Rio Verde-GO

1.2 Procedimentos utilizados da pesquisa ou descrição detalhada dos métodos: a) esclarecer sobre a (im)possibilidade de uso de métodos alternativos existentes e formas de acompanhamento, se for o caso; b) informar sobre a possibilidade de inclusão em grupo controle ou placebo, se for o caso); c) se houver uso de entrevistas, explicitar ao participante se também serão obtidas cópias gravadas da conversa e, quando forem captadas imagens, esclarecer ainda sobre a necessidade de concessão de uso da mesma.

Obs.: No caso de uso de entrevistas ou questionários, explicitar aos/às participantes se também serão obtidos registros fotográficos, sonoros e/ou audiovisuais da conversa, pois é imprescindível esclarecê-los sobre a necessidade da concessão do uso de sua voz, imagem ou opinião incluindo, antes das assinaturas, um box com as opções:

(X) Permito a divulgação da minha imagem/voz/opinião nos resultados publicados da pesquisa;

( ) Não permito a publicação da minha imagem/voz/opinião nos resultados publicados da pesquisa.

1.3 Especificação de possível desconforto emocional e/ou de possíveis riscos físicos e psicossociais (ex.; constrangimento, intimidação, angústia, insatisfação, irritação, mal-estar etc.) e a forma que o pesquisador/a utilizará para minimizar ou sanar os potenciais riscos; bem como os benefícios acadêmicos e sociais decorrentes da participação do participante em sua pesquisa;

1.4 Informação sobre as formas de ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa realizada.

1.5 Informação sobre a forma de acompanhamento e assistência a que terão direito os participantes da pesquisa.

1.6 Garantia do sigilo que assegure a privacidade e o anonimato dos/as participante/s. Do contrário, caso seja do interesse da pesquisa a identificação do participante, faz-se imprescindível esclarecer a ele/ela que também haverá a divulgação do seu nome quando for de interesse do/a mesmo/a ou não houver objeção. Neste caso, incluir, antes das assinaturas, um box com as opções:

(X) Permito a minha identificação através de uso de meu nome nos resultados publicados da pesquisa;

( ) Não permito a minha identificação através de uso de meu nome nos resultados publicados da pesquisa.

1.7 Apresentação da garantia expressa de liberdade do sujeito de se recusar a participar ou retirar o seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado ou à continuidade de seu tratamento;

1.8 Apresentação da garantia expressa de liberdade do/a participante de se recusar a responder questões que lhe causem desconforto emocional e/ou constrangimento em entrevistas e questionários que forem aplicados na pesquisa;

1.9 Declarar aos participantes que os resultados da pesquisa serão tornados públicos, sejam eles favoráveis ou não;

1.10 Apresentação das estratégias de divulgação dos resultados, a menos que se trate de caso de obtenção de patenteamento, neste caso, os resultados devem se tornar públicos, tão logo se encerre a etapa de patenteamento;

1.11 Informação sobre o direito de pleitear indenização (reparação a danos imediatos ou futuros), garantida em lei, decorrentes de sua participação na pesquisa;

1.12 Quando a pesquisa envolver o armazenamento em banco de dados pessoal ou institucional, o/a pesquisador/a deverá informar ou declarar aos participantes que toda pesquisa

a ser feita com os dados que foram coletados deverá ser autorizada pelo/a participante e também será submetida novamente para aprovação do CEP institucional e, quando for o caso, à CONEP. Assim, visando a execução de investigações futuras, devem ser apresentados ao/à participante as seguintes informações: a) justificativa quanto à necessidade, relevância e oportunidade para usos futuros do material que fora coletado; b) declaração de que os resultados da pesquisa serão tornados públicos, sejam eles favoráveis ou não; c) apresentação das estratégias de divulgação dos resultados, a menos que se trate de caso de obtenção de patenteamento, neste caso, os resultados devem se tornar públicos, tão logo se encerre a etapa de patenteamento; d) um box para que os/as participantes autorizem a guarda do material coletado para uso em pesquisas futuras:

(X) Declaro ciência de que os meus dados coletados podem ser relevantes em pesquisas futuras e, portanto, autorizo a guarda do material em banco de dados;

( ) Declaro ciência de que os meus dados coletados podem ser relevantes em pesquisas futuras, mas não autorizo a guarda do material em banco de dados;

2. Consentimento da Participação da Pessoa como Sujeito da Pesquisa:

Eu, ..., inscrito(a) sob o RG/CPF/n.º de prontuário/n.º de matrícula ....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado

“.....”. Informo ter mais de 18 anos de idade, e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui, ainda, devidamente informado(a) e esclarecido(a), pelo pesquisador(a) responsável

....., sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Rio Verde , ... de ..... de .....

_____

Assinatura por extenso do(a) participante

Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório

Pesquisadora

ANEXO C – DECLARAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E INFRAESTRUTURA

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS

DECLARAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E INFRAESTRUTURA

Autorizo a realização da pesquisa intitulada UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM TERMOLOGIA:CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO coordenado pela pesquisadora Cássia Montil Vieira do Nascimento Gregório a ser realizado no Colégio Estadual Miltes Furquim de Oliveira situada na Rua Piauí, bairro Eldorado de Rio Verde Goiás, de acordo com os objetivos e metodologias previamente apresentados. Como representante da referida Escola, estou ciente das responsabilidades associadas ao projeto de pesquisa no compromisso do resguardo da segurança e bem estar dos participantes da pesquisa recrutados. Declaro ainda estar ciente da autonomia de cada indivíduo em aceitar ou recusar a participar da pesquisa, independente da anuência que apresento. Essa autorização está condicionada à aprovação da pesquisa elencada acima por um Comitê de Ética em Pesquisa, legalmente instituído e seus complementares. Os descumprimentos desses condicionamentos, assegura-me o direito de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa. Rio Verde, 23 de novembro de 2024

_____

Leila Alves Fernandes Gestora Escolar Portaria n° 3211/2023