



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

WILLIAM PINHEIRO GOMES

**ENSINO DE TERMODINÂMICA A PARTIR DE CONCEITOS DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS: uma proposta de material didático**

TERESINA

2025

WILLIAM PINHEIRO GOMES

ENSINO DE TERMODINÂMICA A PARTIR DE CONCEITOS DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS: uma proposta de material didático

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Me. Etevaldo Macedo Valadão.

TERESINA

2025

ENSINO DE TERMODINÂMICA A PARTIR DE CONCEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: uma proposta de material didático

William Pinheiro Gomes¹
Etevaldo Macedo Valadão²

RESUMO

Os conceitos da Física precisam ser apresentados aos discentes através de situações-problema que façam sentido. Esse aspecto aponta a necessidade da contextualização dos conceitos físicos, a qual pode ser realizada por meio de situações reais e contemporâneas. O presente trabalho buscou desenvolver uma proposta de material didático que contextualiza os conteúdos da Termodinâmica com acontecimentos relacionados às mudanças climáticas utilizando a perspectiva da Aprendizagem Significativa. Para o alcance desse objetivo, utilizou-se uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e interpretativo, partindo-se de uma revisão bibliográfica. Os resultados evidenciaram que é possível estabelecer a conexão entre a Termodinâmica e acontecimentos relacionados às mudanças climáticas. Assim, foi desenvolvida uma cartilha, destinada a professores de Física, com uma proposta de contextualização dos conteúdos de Termodinâmica a partir de situações-problema correlacionadas às mudanças climáticas. A cartilha oferece aos professores uma proposta metodológica acessível com o potencial de ser aplicada em diferentes contextos e realidades, subsidiando a formação de estudantes mais críticos e conscientes dos desafios socioambientais contemporâneos.

Palavras-chave: termodinâmica; mudanças climáticas; material didático.

ABSTRACT

Physics concepts need to be presented to students through meaningful problem-solving situations. This aspect highlights the need for contextualizing physical concepts, which can be done through real and contemporary situations. This work sought to develop a didactic material proposal that contextualizes the content of Thermodynamics with events related to climate change using the perspective of Meaningful Learning. To achieve this objective, a qualitative, exploratory, and interpretive approach was used, starting from a literature review. The results showed that it is possible to establish a connection between Thermodynamics and events related to climate change. Thus, a booklet was developed, intended for Physics teachers, with a proposal for contextualizing Thermodynamics content based on problem-solving situations correlated to climate change. The booklet offers teachers an accessible methodological proposal with the potential to be applied in different contexts and realities, supporting the training of more critical and aware students of contemporary socio-environmental challenges.

Keywords: thermodynamics; climate change; didactic material.

Data de aprovação: 16/12/2025

¹ Graduando em Licenciatura em Física. Instituto Federal do Piauí. williampinheirogms@gmail.com.

² Professor do Instituto Federal do Piauí. Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Federal do Piauí e mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. etvaladao@ifpi.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

A Física ensinada no Ensino Médio possui várias aplicações cotidianas na vida dos discentes. Os conceitos de calor e de temperatura são, por exemplo, constantemente utilizados nos espaços de vivência social, porém às vezes de maneira errada. Esse acontecimento revela que embora a Física seja considerada uma ciência que apenas utiliza a linguagem matemática para descrever as situações-problema, as suas aplicações se fazem presentes na vida cotidiana e em questões sociais.

Conforme Moreira (2021), o Ensino de Física é permeado de desafios que dificultam o processo de ensino-aprendizagem dessa área do conhecimento. No artigo “Desafios no ensino de física”, Moreira afirma que os conceitos de Física devem ser apresentados aos discentes através de “situações que façam sentido” (Moreira, p. e20200451-2, 2021). Esse fato corresponde à perspectiva de contextualizar os conceitos de Física a partir de situações que aproximem a Física da realidade dos discentes.

O Ensino de Física deve contemplar temas importantes para a sociedade (fontes de energia sustentáveis, mudanças climáticas, aplicações tecnológicas na saúde etc.), uma vez que esses temas estão vinculados aos objetos do conhecimento da Física. Apresentar o diálogo existente entre a Física e as questões sociais aos discentes contribui para a formação de cidadãos.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de material didático visando contextualizar os conceitos de Termodinâmica a partir de acontecimentos relacionados às mudanças climáticas. De modo geral, esse objetivo está inserido na proposta de alinhar a contextualização dos conceitos de Física com situações-problema reais com foco na formação para a cidadania.

O presente trabalho é relevante, uma vez que a temática das mudanças climáticas é amplamente discutida através das mídias sociais e outros meios de comunicação (Teixeira; Saraiva; Castro, 2025). Dessa forma, a articulação dos conceitos da Termodinâmica com as mudanças climáticas pode contribuir para o entendimento de questões atuais pelos discentes.

Para alinhar o ensino de conceitos de Termodinâmica com as mudanças climáticas, foi utilizada a abordagem da Aprendizagem Significativa. Assim, ao final desta pesquisa, o material didático desenvolvido foi uma cartilha sobre o ensino de

conceitos da Termodinâmica a partir de acontecimentos relacionados às mudanças climáticas utilizando uma abordagem da Aprendizagem Significativa, sendo destinada a professores de Física do Ensino Médio.

Dessa maneira, a cartilha contém uma proposta para o ensino de conceitos de Termodinâmica a partir de acontecimentos relacionados às mudanças climáticas. Ademais, foram realizadas discussões sobre a temática das mudanças climáticas e do aquecimento global. Portanto, esse material constitui uma sugestão para professores contextualizarem as aulas de Termodinâmica a partir de situações-problema reais, em particular as mudanças climáticas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, será apresentado um panorama a respeito das mudanças climáticas e do aquecimento global, destacando os fatores naturais e antrópicos que contribuem para variações no clima da Terra. Além disso, será abordada a relação entre a Física e a temática das mudanças climáticas, assim como as contribuições que o Ensino de Física a partir de situações-problema de caráter social podem proporcionar. Essas discussões subsidiaram o desenvolvimento da proposta de material didático.

2.1 BREVE DISCUSSÃO SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas, assim como o efeito estufa, são reconhecidos pelos cientistas como processos naturais, mas que estão sendo acentuados pela ação humana (Rocha, 2020). É importante destacar que existem causas históricas para a intensificação desse processo. De acordo com Rehbein e Ambrizzi (2025), um dos precedentes para o aumento das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) foi a produção industrial, ocasionando a queima de combustíveis fósseis, assim como o desmatamento e as atividades agrícolas não sustentáveis.

Sob essa perspectiva, as mudanças climáticas são causadas por diferentes fatores e, conforme apresenta Oliveira (2024, p. 36),

[...] está relacionada às transformações nos padrões referentes ao clima de uma dada região. Essas variações podem ter causas, tanto naturais como

antropogênicas, das quais estas passaram a ser o principal motivo do aquecimento do planeta, devido a queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) que produzem nesse processo gases que detêm calor na atmosfera.

Nesse sentido, as ações humanas, desde o século XIX, são um dos fatores que impulsionam variações no clima (Jatobá; Silva, 2025). Além disso, os cenários previstos como consequências das mudanças climáticas indicam mudanças na temperatura, eventos climáticos extremos, derretimento de geleiras e, conseqüentemente, elevação do nível do mar (Rehbein; Ambrizzi, 2025).

Sob esse viés, é importante observar que “[...] combater a mudança climática exigirá esforços e transformações nas formas de comportamento, nas políticas públicas, nas economias, nas relações sociais e de consumo da humanidade” (Rocha, 2020, p. 30). Sendo assim, para a autora, esse combate ainda pressupõe esforços coletivos de todas as esferas da sociedade.

Além disso, vale ressaltar que as mudanças climáticas e o aquecimento global são conceitos diferentes. Conforme Ambrizzi *et al.* (2021), as mudanças climáticas são transformações de longo prazo das variáveis que determinam o clima das regiões do planeta enquanto o aquecimento global é a elevação, em média, da temperatura da superfície terrestre.

Na próxima seção, serão apresentadas contraposições sobre o papel da ação humana nas mudanças climáticas, evidenciando que existiram fatores naturais que promoveram transformações no clima terrestre no passado e que esses fatores ainda se fazem presentes.

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E FATORES NATURAIS

Na atual conjuntura, existe uma discussão acerca da influência antropogênica sobre as mudanças climáticas, uma vez que o clima do planeta Terra é determinado por fatores internos e externos (Oliveira, 2024). Além disso, de acordo com Sanches e Pereira (2020), a afirmação de que o aquecimento global é causado pela concentração de gases do efeito estufa possui limitações devido à complexidade de identificar todas as variáveis que determinam o clima e as suas variabilidades.

Nesse viés, alguns dos fatores naturais que influenciam o clima do planeta são, conforme Rehbein e Ambrizzi (2025), a atividade solar que revela a influência de

fatores astronômicos no clima terrestre, assim como o vulcanismo e a composição da atmosfera que representam fatores internos que podem contribuir para o aquecimento do planeta. Esse fato revela que existem muitas variáveis naturais influenciando o clima da Terra, assim como a atividade humana.

Sob essa ótica, existem, ainda, estudos acerca das mudanças climáticas ocorridas no passado, uma vez que, de acordo com Rocha (2020, p.30), “O clima da Terra variou muitas vezes, ao longo de milhares de anos, em resposta às causas naturais e pela primeira vez, pelas ações humanas”. Segundo Sanches e Pereira (2020, p. 21),

Esses estudos do clima do passado são possíveis por meio da análise de registros históricos naturais, chamados de proxy (anéis de árvores, espeleotemas, cilindros de gelo, deposição de sedimentos marinhos, etc.), e por meio de sensores e estações de coleta de dados.

Ademais, as variabilidades do clima da Terra podem ter origem em fatores astronômicos. Um fator astronômico que pode contribuir para mudanças climáticas está relacionado aos movimentos da Terra. De acordo com Jatobá e Silva (2025, p. 72),

As variações periódicas na órbita da Terra e na inclinação do seu eixo, que influenciam a quantidade e a distribuição da radiação solar recebida pelo planeta, numa escala temporal da ordem de milhares de anos são conhecidas como Ciclo de Milankovitch.

Dessa forma, no passado do planeta Terra, houve mudanças climáticas devido a causas naturais como os ciclos de Milankovitch, vulcanismo e composição da atmosfera (Jatobá; Silva, 2025). Esse fato revela que, na atual conjuntura, a tese apresentada é a de que as atividades humanas estão acelerando processos naturais e contribuindo para a intensificação deles.

Portanto, é importante observar que as mudanças climáticas têm um caráter interdisciplinar envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Sendo assim, a Física também é uma das ciências que contribuem para o entendimento das causas e das consequências das mudanças climáticas. Esse é o tema da próxima seção.

2.3 A FÍSICA PRESENTE NOS FENÔMENOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Os fatores naturais que explicam a dinâmica do clima do planeta Terra se

relacionam com as áreas da Física. O espectro eletromagnético, por exemplo, é importante para a compreensão do balanço energético do planeta, uma vez que o Sol transfere energia para a Terra através de radiação eletromagnética (Sanches; Pereira, 2020). Sendo assim, a energia proveniente do Sol influencia o clima do planeta.

Nesse viés, conforme apresenta Barcelos Neto (2023), o espectro eletromagnético engloba as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, a luz visível, o ultravioleta, os raios X e os raios gama, sendo que a diferença entre esses tipos de ondas está no comprimento de onda e na frequência.

No entanto, para o clima do planeta Terra, existem contribuições significativas somente de alguns tipos de ondas. É o caso, conforme Sanches e Pereira (2020), do ultravioleta, da luz visível e do infravermelho que contribuem de maneira expressiva para o clima da Terra. Além disso, é esse processo natural que aquece o planeta, uma vez que a energia recebida não é totalmente refletida para o espaço.

Esse processo de aquecimento ocorre, de acordo com Oliveira (2024), inicialmente com absorção e posteriormente com a reflexão da radiação solar pela superfície da Terra, mas a atmosfera absorve uma parcela dessa radiação refletida. Além disso, a atmosfera reflete novamente uma parcela dessa radiação para a superfície da Terra.

Nessa perspectiva, o processo descrito anteriormente é o efeito estufa. Esse processo pode ser acentuado com o aumento da concentração dos gases dióxido de carbono, metano e vapor de água (Jabotá; Silva, 2025). Entretanto, é importante ressaltar que existem fatores naturais que contribuem para a mudança climática, mas as atividades humanas também são fatores determinantes.

Ademais, a Física contribui ainda para a compreensão da dinâmica presente na atmosfera através de conceitos como pressão atmosférica, fluidos, calor e temperatura. Em relação às mudanças climáticas, a perspectiva é que os processos naturais descritos anteriormente estão sofrendo um desequilíbrio, o qual está sendo promovido pela ação dos seres humanos.

O balanço energético, por exemplo, é influenciado pela quantidade de gases do efeito estufa na atmosfera, pois, com o aumento desses gases, a atmosfera pode funcionar como uma barreira que mantém quantidades maiores de radiação na superfície do planeta Terra (Oliveira, 2024).

Portanto, a Física está presente nos fenômenos das mudanças climáticas

contribuindo com explicações sobre processos naturais que ocorrem no planeta Terra, assim como sobre as eventuais consequências de desequilíbrios nesses processos. No Ensino de Física, por outro lado, é necessário evidenciar essa relação entre a Física e as temáticas de importância social buscando desenvolver uma formação crítica nos discentes.

Dessa forma, na próxima seção, será discutido sobre o Ensino de Termodinâmica a partir do tema mudanças climáticas.

2.4 O ENSINO DE TERMODINÂMICA A PARTIR DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A Termodinâmica é uma área da Física relacionada aos conceitos de temperatura e de calor, sendo desenvolvida inicialmente de maneira fenomenológica (Nussenzveig, 2014). O estudo dessa área da Física envolve, dentre outros, conceitos como: conservação de energia, equilíbrio térmico, transferência de calor (condução, convecção e radiação), estudo dos gases e máquinas térmicas. Esses tópicos são abordados no Ensino Médio.

Nesse sentido, é preciso compreender como essa área da Física se relaciona com as mudanças climáticas. Sendo assim, conforme apresentado na seção 2.3, o balanço energético do planeta Terra se deve à radiação solar. Na Termodinâmica, a radiação, que é um dos processos de transferência de calor que ocorre mesmo no vácuo através da radiação eletromagnética, explica como o Sol atua como uma fonte de calor para a Terra (Nussenzveig, 2014).

Além disso, esse mesmo processo físico é fundamental para a explicação do efeito estufa, uma vez que a não existência desse efeito natural faria com que a Terra tivesse uma temperatura média de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Ambrizzi *et al.*, 2021). A apresentação dessa explicação traz à tona discussões acerca da intensificação desse efeito, isto é, do aquecimento global.

Ademais, devido ao formato do planeta, o processo natural de aquecimento da Terra faz com que haja um gradiente de temperatura, isto é, as regiões próximas ao equador são mais aquecidas do que as regiões polares (Ambrizzi *et al.*, 2021). Em outras palavras, existe um desbalanceamento energético entre as regiões do planeta.

No entanto, o planeta possui processos para alcançar o equilíbrio, fazer trocas de calor entre as regiões, por meio da circulação das camadas de ar na atmosfera,

assim como por meio das correntes marítimas nos oceanos (Ambrizzi *et al.*, 2021). Esses processos são, sob a ótica da Termodinâmica, a convecção, uma troca de calor que acontece geralmente nos fluidos através das chamadas correntes de convecção em que um fluido aquecido fica menos denso e é trocado por um fluido mais frio e denso (Nussenzveig, 2014).

Dessa forma, são desequilíbrios nesses processos que promovem as mudanças climáticas. Sob essa ótica, alguns termos utilizados na discussão dessa temática provocam mal-entendidos, mas do ponto de vista científico têm significados diferentes do senso comum. O aquecimento global, por exemplo, sugere o aumento, em média, da temperatura no globo terrestre tendo como consequências ondas de calor, ondas de frio e outros eventos climáticos extremos em diversas regiões da Terra (Ambrizzi *et al.*, 2021).

Além disso, na discussão sobre as mudanças climáticas, os termos calor e temperatura são constantemente utilizados. No entanto, eles não são sinônimos. O calor é reconhecido como uma forma de energia enquanto a temperatura pode ser associada ao valor, em média, da energia cinética das partículas de, por exemplo, um gás (Nussenzveig, 2014).

Diante disso, pode-se observar que é possível estabelecer o diálogo entre os objetos do conhecimento da Termodinâmica e os acontecimentos ligados às mudanças climáticas. Essa perspectiva pode ser apresentada aos discentes de física do Ensino Médio abordando as aplicações e a importância da Física, assim como promovendo o conhecimento de mundo dos alunos sobre as mudanças climáticas.

2.5 BNCC E PAUTA AMBIENTAL

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) normatiza quais são as aprendizagens essenciais para os discentes da Educação Básica. Dessa forma, ela apresenta competências específicas para cada área do conhecimento, assim como as unidades temáticas, os objetos do conhecimento e as habilidades a serem desenvolvidas.

Nesse viés, um dos objetivos da BNCC é contribuir para a qualidade da educação ao possibilitar que cada discente esteja no mesmo patamar de aprendizagem em cada etapa ou modalidade da Educação Básica (Brasil, 2018). Além

disso, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC é um documento que destaca a importância da discussão da temática ambiental, assim como sobre os impactos socioambientais.

Sob essa perspectiva, as competências específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias contidas na BNCC apresentam questões como efeito estufa, camada de ozônio, desmatamento, sustentabilidade e preservação da vida no planeta Terra (Brasil, 2018). Essas temáticas são destinadas aos discentes do Ensino Médio.

Nesse sentido, as temáticas envolvendo mudanças climáticas e impactos socioambientais devem ser discutidas no Ensino Médio conforme proposto pela BNCC. Sendo assim, as ciências da natureza, em particular a Física, podem apresentar as suas perspectivas acerca dos fenômenos naturais, bem como dos impactos socioambientais provocados pela intensificação das mudanças climáticas.

Sob essa ótica, a discussão dessa temática no Ensino Médio é importante, pois, conforme apresenta Silva (2025), os discentes precisarão utilizar os conhecimentos adquiridos na Educação Básica para compreender o mundo que os rodeiam.

2.6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E ENSINO DE TERMODINÂMICA

A teoria da Aprendizagem Significativa, conforme Moreira (2021), foi formulada por David Ausubel. No Brasil, o ensino de Física a partir de uma abordagem da Aprendizagem Significativa foi pesquisado e difundido por autores como, por exemplo, Marco Antonio Moreira. Sob essa ótica, sobre a definição de Aprendizagem Significativa, Moreira (2011, p. 13) afirma que:

[...] é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Nesse sentido, a partir desse pressuposto, o papel do professor é criar condições favoráveis para a ancoragem do novo conteúdo, tornando o ensino mais contextualizado e contribuindo para que os discentes alcancem uma aprendizagem significativa ao invés da aprendizagem mecânica (Moreira, 2021).

Diante disso, a associação entre os conteúdos de Termodinâmica e as mudanças climáticas se mostra extremamente adequada para favorecer a Aprendizagem Significativa no Ensino Médio, uma vez que os estudantes possuem experiências prévias com o tema ambiental por meio da mídia, da escola e do cotidiano. Além disso, as mudanças climáticas são problemas reais, vivenciados social e ambientalmente, o que dá sentido concreto ao estudo dos conteúdos físicos e do contexto climático.

Dessa forma, como Moreira (2021, p. e20200451-2) apresenta, “é mais importante dar atenção aos conceitos físicos do que às fórmulas. As fórmulas contêm conceitos. Não tem sentido decorar fórmulas sem entender os conceitos que as constituem”. Esse fato revela que o diálogo entre a Termodinâmica e as mudanças climáticas pode contribuir para que os discentes entendam os conceitos físicos dessa área significativamente.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS

Nesta seção, serão apresentados a modalidade da pesquisa, os instrumentos de coleta de dados e o desenvolvimento da proposta de material didático para atingir o objetivo estabelecido.

3.1 MODALIDADE DE PESQUISA

O presente trabalho partiu de uma revisão bibliográfica a fim de aprofundar o conhecimento sobre o tema proposto e, conseqüentemente, ampliar o entendimento acerca de conceitos da Termodinâmica a partir de acontecimentos relacionados às mudanças climáticas utilizando uma abordagem da Aprendizagem Significativa, além de oferecer aos professores subsídios para replicar a proposta em diferentes contextos escolares.

Para isso, entende-se como revisão bibliográfica, conforme Severino (2017), o levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas em diferentes meios escritos ou eletrônicos, tais como: livros, artigos científicos, revistas, *e-book*, teses etc. Dessa forma, a fundamentação teórica é a base para o desenvolvimento de um trabalho científico, haja vista a sustentação do respaldo teórico, uma vez que os dados

serão levantados a partir de outras produções acadêmicas e científicas já percorridas.

Dessa forma, o trabalho possui natureza qualitativa, de cunho exploratório e interpretativo, com foco no desenvolvimento de um material didático voltado para o Ensino Médio, com base na abordagem da Aprendizagem Significativa e na articulação entre os conteúdos da Termodinâmica e a temática das mudanças climáticas.

3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Foi realizado um mapeamento sistemático de produções acadêmicas (artigos científicos, dissertações e teses) que versavam sobre: Ensino de Termodinâmica a partir de conceitos das mudanças climáticas, uso de temas socioambientais no Ensino de Física, abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e Aprendizagem Significativa, assim como Propostas didáticas com foco em mudanças climáticas.

Para tanto, foi realizada uma busca delineada de trabalhos em língua portuguesa no *Google Acadêmico*, *Scientific Electronic Library on-line (SciELO)* e periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), observando o número de citações já feitas desses materiais e a data de submissão e de publicação – seguindo um critério de coleta de até 5 anos para artigos e de até 10 anos para capítulos de livro e monografias dada a publicação.

Para isso, no ambiente de busca do *software* de pesquisa e dos *sites* supracitados, para fins de contextualização, foram realizadas pesquisas utilizando as seguintes palavras-chave: “Ensino de Física e Aquecimento Global”, “Ensino de Física e Mudanças Climáticas”, “Ensino de Termodinâmica e Aquecimento Global” e “Ensino de Termodinâmica e Mudanças Climáticas”.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL DIDÁTICO

A partir do levantamento teórico e documental, foram definidos os conceitos estruturantes da Termodinâmica a serem abordados. Esses conceitos foram correlacionados com eventos e dados reais sobre mudanças climáticas como, por exemplo, aumento da temperatura média global, derretimento de geleiras, uso de

combustíveis fósseis e emissões de gases de efeito estufa.

Com base na definição dos conceitos estruturantes e na análise realizada, foi desenvolvida uma cartilha destinada a professores de Física do Ensino Médio, a qual articula os conceitos da Termodinâmica com acontecimentos relacionados às mudanças climáticas.

A cartilha foi desenvolvida a partir dos seguintes princípios: contextualização a partir de situações-problema reais relacionadas às mudanças climáticas, utilização de mídias digitais e fontes oficiais de dados climáticos, como o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), propostas de atividades práticas, análise de gráficos de temperatura global e discussões sobre as implicações sociais, políticas e tecnológicas da crise climática.

Sob essa perspectiva, a cartilha foi elaborada através do *site Online LaTeX Editor (Overleaf)*. Como o público-alvo da cartilha são professores de Física, a escolha dessa ferramenta facilitou a utilização de equações e as discussões apresentadas. Ademais, a plataforma *Canva* foi uma ferramenta secundária utilizada na elaboração de alguns recursos visuais da cartilha, tais como a capa e um esquema das máquinas térmicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção, serão apresentadas a proposta de material didático, descrevendo sua estrutura e atividades propostas, e as possibilidades e potencial do material desenvolvido, justificando as escolhas metodológicas em conformidade com a literatura.

4.1 PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO

A partir dos conceitos estruturantes e da análise documental, foi desenvolvida uma proposta de material didático destinada a professores de Física do Ensino Médio, isto é, uma cartilha que contextualiza conceitos de Termodinâmica a partir das mudanças climáticas e do aquecimento global.

A cartilha é constituída por quatro capítulos: 1º) Efeito Estufa e Aquecimento Global, 2º) Mudanças climáticas e fatores naturais, 3º) Composição da atmosfera e

efeito estufa e 4º) Termodinâmica e mudanças climáticas. Nos três capítulos iniciais, são realizadas associações entre os conceitos da Termodinâmica com as mudanças climáticas e o aquecimento global. Outrossim, no capítulo quatro, é apresentada uma sequência didática (SD).

Sob esse viés, a SD é constituída por aulas expositivas-dialogadas e atividades que incluem: prática experimental simples que simula o efeito estufa, análise de dados do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e discussão de um texto de divulgação científica intitulado “O que precisamos aprender com o planeta Vênus? Mudanças Climáticas: desafios da nossa sociedade”. As atividades foram planejadas para aulas de 50 minutos, considerando que os princípios da Termodinâmica foram previamente explicados aos discentes.

Nessa perspectiva, a escolha das atividades supracitadas se deve à facilidade de serem adaptadas a diferentes contextos e realidades. Ademais, as aulas expositivas-dialogadas da SD utilizam uma abordagem da Aprendizagem Significativa ao propor maneiras de analisar os conhecimentos prévios dos discentes, assim como utilizá-los como âncora para a aprendizagem do novo conhecimento apresentado pelo professor (Moreira, 2021).

Diante disso, os três capítulos iniciais, além de contextualizarem os conceitos da Termodinâmica a partir das mudanças climáticas, podem ser utilizados para subsidiar as aulas expositivas-dialogadas, assim como as atividades propostas ao longo da SD. Além disso, em observância ao público-alvo a que se destina a cartilha, ou seja, professores, foram realizadas discussões sobre a Física envolvida nos fenômenos das mudanças climáticas utilizando-se as equações pertinentes para descrever as situações-problema.

4.2 POSSIBILIDADES E POTENCIAL DO MATERIAL DESENVOLVIDO

A cartilha visa subsidiar a contextualização das aulas de Termodinâmica a partir de uma situação-problema real, isto é, as mudanças climáticas. Sendo assim, a partir da utilização de uma abordagem da Aprendizagem Significativa, busca-se facilitar a aprendizagem de conceitos essenciais da Termodinâmica na Educação Básica, em particular o Ensino Médio.

Sob essa perspectiva, os três capítulos iniciais da cartilha propõem maneiras

de contextualizar os conceitos da Termodinâmica com as mudanças climáticas. Essa abordagem dialoga com Silva (2020), que enfatiza a necessidade de o Ensino de Física ser contextualizado. No seu trabalho, Silva (2020) propõe um material que contextualiza não apenas os conceitos da Termodinâmica a partir das mudanças climáticas, mas também os conceitos da Dinâmica dos Fluidos.

Ademais, a contextualização dos conceitos da Termodinâmica a partir das mudanças climáticas permite apresentar situações contemporâneas reais que possuem significados para os discentes. Esse fato está de acordo com Moreira (2021), que defende a necessidade de apresentar os conceitos de Física a partir de situações que “façam sentido” aos discentes.

Nessa ótica, a cartilha propõe atividades de análise e discussão de dados sobre aumento da temperatura média global e da concentração de gases do efeito estufa, assim como um experimento simples sobre o efeito estufa. Essas atividades estão em consonância com Conceição (2022), que ressalta a importância da discussão de temas sociocientíficos no ensino de Física e propõe uma ênfase na capacidade argumentativa dos discentes, bem como a utilização de experimentos.

Além disso, essa utilização de diferentes tipos de atividades dialoga com Texeira, Saraiva e Castro (2025), que aplicam a abordagem CTSA para articular os conceitos da Termodinâmica com as mudanças climáticas através de estratégias diversificadas numa sequência didática no Ensino Médio.

Nas discussões apresentadas ao longo da cartilha, buscou-se apresentar contrapontos às perspectivas abordadas sobre as mudanças climáticas e o aquecimento global conforme defendido por Silva (2025), que enfatiza a necessidade de abordar o tema das mudanças climáticas com diferentes visões, contribuindo para o desenvolvimento do senso crítico dos discentes.

Em uma revisão bibliográfica sobre o Ensino de Termodinâmica, Cardoso e Raupp (2024) identificaram apenas um artigo no portal de periódicos da CAPES que associava a Termodinâmica com a pauta ambiental. Dessa forma, a contextualização dos conceitos da Termodinâmica a partir das mudanças climáticas apresentada na cartilha contribui para o fortalecimento do diálogo entre a Termodinâmica e as questões ambientais.

Diante disso, a cartilha oferece aos professores uma proposta metodológica acessível e replicável, fundamentada na Aprendizagem Significativa, que articula

conteúdos da Termodinâmica com as mudanças climáticas, um tema social relevante. Concomitantemente, pode subsidiar a formação de estudantes mais críticos e conscientes dos desafios socioambientais contemporâneos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da cartilha evidenciou que é possível contextualizar os conceitos de Termodinâmica a partir de acontecimentos relacionados às mudanças climáticas. Sendo assim, foi proposta uma abordagem metodológica acessível, com o potencial de alcançar diferentes contextos e realidades. Além disso, as atividades propostas na sequência didática no capítulo quatro da cartilha convergem com as abordagens utilizadas na literatura.

A cartilha, portanto, apresenta sugestões para professores de Física utilizarem em suas aulas de Termodinâmica, corroborando para o diálogo entre a Física e as questões ambientais. Ademais, como as mudanças climáticas são problemáticas reais, contemporâneas e disseminadas nos veículos de comunicação, a utilização da perspectiva da Aprendizagem Significativa pode contribuir para a articulação da Termodinâmica com as mudanças climáticas.

Dessa forma, diante da necessidade de contextualizar os conceitos de Física a partir de situações com significado para os discentes, o material desenvolvido propõe alternativas para contextualizar os conceitos da Termodinâmica a partir de uma situação-problema real, as mudanças climáticas. Destarte, espera-se que a cartilha auxilie as aulas de Termodinâmica, assim como outras pesquisas com essa temática.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T. *et al.* **Mudanças climáticas e a sociedade**. São Paulo: IAG, 2021. *E-book*. ISBN 978-65-88233-03-0. Disponível em: <https://www.climaesociedade.iag.usp.br/#pdf>. Acesso em 16 jun. 2025.

BARCELOS NETO, J. **Física básica para ciências exatas**: luz, mecânica quântica e relatividade. São Paulo: Livraria da Física, 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2025.

CARDOSO, J. M.; RAUPP, D. T. O Ensino de Termodinâmica e as suas relações com questões ambientais: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Prática Docente**, [s. l.], v. 9, p. e24017, 2024. DOI: 10.23926/RPD.2024.v9.e24017.id829. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/829>. Acesso em: 20 ago. 2025.

CONCEIÇÃO, L. C. **Abordagem da termodinâmica a partir de temas sociocientíficos**: contribuições para o aprimoramento da capacidade argumentativa de estudantes do ensino médio. Orientadora: Divanizia do Nascimento Souza. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/17996>. Acesso em: 20 ago. 2025.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. Subsídios à discussão sobre o tema mudanças climáticas. **Ciência Geográfica**, [S. l.], v. 29, n. 1, 2025. DOI: 10.18817/26755122.29.1.2025.4165. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br>. Acesso em: 19 jul. 2025.

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

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Acesso em: 26 jun. 2025.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OLIVEIRA, G. Q. **Mudanças climáticas e seus efeitos no solo**: uma cartilha para a educação básica. Orientadora: Érica Silva Pontes. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Climatologia) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=16069880. Acesso em: 3 de maio de 2025.

ROCHA, V. T. **Educação em mudanças climáticas**: um estudo de caso em passo fundo, RS. Orientadora: Luciana Londero Brandli. 2020. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=9988003. Acesso em: 3 de maio de 2025.

REHBEIN, A.; AMBRIZZI, T. Mudanças climáticas atuais. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 6, n. 1, p. 6–10, 2025. DOI: 10.47456/Cad.Astro.v6n1.47590. Disponível em: [mudanças climáticas atuais](#). Acesso em: 02 ago. 2025.

SANCHES, R. G; PEREIRA, D. N. G. Climatologia: Contribuições à Dinâmica Climática. In: VECCHIA, F. A. S; TECH, A. R. B; NEVES, G. Z. F. (org.).

Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações. São Carlos, SP: RiMa Editora, 2020. ISBN: 978-65-990488-1-4. Disponível em: https://sites.usp.br/climatologia/wp-content/uploads/sites/267/2020/07/CLIMATOLOGIA-DIN%C3%82MICA_Conceitos-T%C3%A9cnicas-e-Aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf. Acesso em: 19 de maio de 2025.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2017. *E-book*.

SILVA, T. L. C. **Proposta de eletiva:** mudanças climáticas e o ensino de Física uma abordagem em termodinâmica. Orientador: Afrânio de Araújo Coelho. 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/80019>. Acesso em: 29 de maio de 2025.

SILVA, W. T. **As mudanças climáticas globais e os ciclones tropicais como uma proposta de ensino de termodinâmica e dinâmica dos fluidos**. Orientador: Wagner Figueiredo. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/220425>. Acesso em: 20 ago. 2025.

TEIXEIRA, R. F. S.; SARAIVA, G. D.; CASTRO, A. J. R. Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente para o ensino de Termodinâmica nas Mudanças Climáticas para alunos do Ensino Médio. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 1–22, 2025. DOI: 10.63595/ambeduc.v29i2.16459. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/16459>. Acesso em: 20 ago. 2025.

APÊNDICE A – CARTILHA



DESVENDANDO A TERMODINÂMICA A PARTIR DE CONCEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UM GUIA PARA PROFESSORES DE FÍSICA

2025

Sumário

Apresentação	3
1 Efeito Estufa e Aquecimento Global	4
1.1 Abordagem do tema a partir de problematizações	4
1.2 Efeito Estufa: um processo natural necessário	5
1.3 Pré-requisitos para a discussão	6
2 Mudanças climáticas e fatores naturais	10
2.1 Abordagem do tema a partir de problematizações	10
2.2 Os fatores naturais que influenciam o clima da Terra	11
2.3 Pré-requisitos necessários para a discussão	12
3 Composição da atmosfera e efeito estufa	15
3.1 Abordagem do tema a partir de problematizações	15
3.2 Composição da atmosfera e efeito estufa	16
3.3 Pré-requisitos necessários para a discussão	17
4 Termodinâmica e mudanças climáticas	20
4.1 Estrutura da sequência didática	20
Referências bibliográficas	34

Apresentação

Esta cartilha é resultado de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Licenciatura em Física. Ela destina-se a professores de Física do Ensino Médio. O objetivo desta cartilha é evidenciar que conceitos básicos (e fundamentais) da Termodinâmica estão presentes na discussão das temáticas aquecimento global e mudanças climáticas. Esse objetivo é alcançado através de uma proposta conceitual, apresentada neste material, que revela que é possível utilizar os objetos do conhecimento da Termodinâmica como temas motivadores à discussão do aquecimento global e das mudanças climáticas.

Sob esse viés, tendo em vista que a Termodinâmica ensinada no Ensino Médio é válida somente para sistemas fechados e em equilíbrio, nesta cartilha utiliza-se os conceitos de Termodinâmica como temas geradores para discutir as temáticas mudanças climáticas e aquecimento global. A cartilha é dividida em quatro capítulos, dentre eles três apresentam um panorama acerca da temática do aquecimento global e das mudanças climáticas, assim como os conceitos da Termodinâmica presentes na discussão desses assuntos.

No quarto capítulo, é apresentada uma proposta de Sequência Didática (SD) constituída por aulas expositivas-dialogadas e atividades que envolvem prática experimental sobre efeito estufa, análise de dados do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e leitura crítico-reflexiva de um texto de divulgação científica sobre mudanças climáticas.

A SD foi elaborada com o objetivo de promover o ensino de conceitos da Termodinâmica a partir de uma situação-problema real: as mudanças climáticas e o aquecimento global. Sendo assim, além do ensino dos objetos do conhecimento dessa área da Física, o professor estará contribuindo para a formação de cidadãos que compreendem o mundo ao seu redor sob a ótica da ciência. Espera-se que a SD possa ser adaptada a diferentes contextos e realidades.

Capítulo 1

Efeito Estufa e Aquecimento Global

A Termodinâmica é uma área da Física relacionada aos conceitos de temperatura e de calor, sendo desenvolvida inicialmente de maneira fenomenológica (Nussenzveig, 2014).

Conceitos envolvidos

- Temperatura e escalas termométricas (Celsius, Fahrenheit e Kelvin)
- Definição de calor
- Processos de transferência de calor (condução, convecção e radiação)
- Lei de Stefan-Boltzmann

1.1 Abordagem do tema a partir de problematizações

O estudo da Termodinâmica é iniciado com a apresentação dos conceitos de temperatura e de calor, assim como escalas termométricas e processos de transferência de calor. Uma explicação introdutória do efeito estufa e do aquecimento global envolve os conceitos listados anteriormente.

Problematizações

- Qual a temperatura média da Terra?
- Como o Sol atua como uma fonte de calor para a Terra?
- Como é calculada a temperatura de equilíbrio dos planetas?

Nesse contexto, a Termodinâmica pode ser utilizada para integrar uma temática de caráter social. As mudanças climáticas e o aquecimento global não somente são questões sociais, mas também envolvem o conhecimento científico da Física para a sua compreensão.

1.2 Efeito Estufa: um processo natural necessário

O Sol é a principal fonte de energia para a Terra, transferindo energia por meio de radiação eletromagnética (Sanches; Perreira, 2020). Da radiação recebida, uma fração é absorvida e uma parcela é refletida pela superfície do planeta (Oliveira, 2024). No entanto, a atmosfera desempenha um papel importante nesse processo, pois ela absorve uma fração da radiação refletida pela superfície da Terra, reflete uma quantidade para a superfície novamente e a outra parcela é emitida para o espaço (Oliveira, 2024).

O processo natural descrito anteriormente é fundamental para o aquecimento do planeta e para a vida, sendo conhecido como efeito estufa (Jatobá; Silva, 2025). Além disso, devido ao formato esférico da Terra, as regiões próximas ao equador são mais aquecidas que as regiões polares, porém através da circulação das camadas de ar e das correntes marítimas ocorrem trocas de calor entre as regiões do planeta (Ambrizzi *et al.*, 2021).

Indicações para a prática docente

Uma estufa consiste num espaço fechado coberto por vidro, sendo utilizada para aumentar a temperatura de um ambiente. É muito utilizada, por exemplo, no cultivo de determinados tipos de plantas. Se os discentes possuírem esse conhecimento prévio, será possível utilizá-lo como âncora para explicar o efeito estufa sofrido pela Terra.

Sob esse viés, o efeito estufa depende da composição da atmosfera, isto é, dos gases que a compõe (Jatobá; Silva, 2025). A presença de gases como dióxido de carbono, metano e vapor de água contribuem para a retenção de calor no planeta e, com a queima de combustíveis fósseis, aumenta a concentração de gases do efeito estufa (Oliveira, 2024). Esse último acontecimento representa o aquecimento global, o qual significa a intensificação do efeito estufa.

Conforme Ambrizzi *et al.* (2021), sem a existência do efeito estufa, a temperatura média global seria de $255K$ enquanto que, com a existência dele, a temperatura média é $288K$.

Em síntese

- O efeito estufa é um processo natural e necessário para a vida.
- A temperatura da Terra seria $255K$ sem o efeito estufa.
- O efeito estufa depende da composição da atmosfera.
- O aquecimento global é a intensificação do efeito estufa.

1.3 Pré-requisitos para a discussão

Na seção anterior, foi possível observar a existência de conteúdos da Termodinâmica na discussão do efeito estufa e do aquecimento global. Dessa forma, esse fato evidencia que, na discussão dessas temáticas, é necessário que os discentes possuam conhecimentos sobre temperatura, escalas termométricas, calor e processos de transferência de calor para a melhor compreensão. Portanto, esses conceitos são pré-requisitos e devem ser explicados antes.

Indicações para a prática docente

Professor, após a discussão dos seguintes conceitos: temperatura, escalas termométricas, calor e processos de transferência de calor, é possível apresentar a temática do efeito estufa e do aquecimento global aos discentes, relacionando-a com os objetos do conhecimento da disciplina.

Inicialmente, os processos de transferência de calor são importantes na discussão, principalmente a radiação. A transferência de energia do Sol para a Terra ocorre através de radiação eletromagnética, a qual não precisa de meio material para ocorrer (Nussenzveig, 2014). Em seguida, a circulação das camadas de ar e as correntes marítimas, do ponto de vista da Física, representam o processo de transferência de calor conhecido como convecção.

Esse processo ocorre principalmente nos fluidos devido à diferença de densidade entre as camadas, pois uma vez aquecida, a camada do fluido tem sua densidade reduzida e, consequentemente, é substituída por uma camada mais densa e fria formando assim uma corrente de convecção (Nussenzveig, 2014).

Conforme apresentado na seção 1.2, a temperatura média da Terra, com o efeito estufa, é $288K$. A unidade kelvin não é tipicamente utilizada no cotidiano, mas sim no meio científico. No entanto, conhecendo as escalas termométricas, é possível realizar a conversão para uma

unidade familiar.

Conversão de kelvin para Celsius

$$T_{Celsius} = T_{kelvin} - 273 \rightarrow T_{Celsius} = 15^{\circ}C \quad (1.1)$$

Dessa forma, de acordo com a equação (1.1), a temperatura média da Terra é $15^{\circ}C$. Por outro lado, sem o efeito estufa, a temperatura corresponderia a $255K$ ou $-18^{\circ}C$. No processo de transferência de calor por radiação eletromagnética, é possível apresentar a lei de Stefan-Boltzmann, a qual afirma que a taxa de energia irradiada pela superfície de um corpo é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta (Serway; Jewett, 2017).

Lei de Stefan-Boltzmann

$$P = e \cdot A \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (1.2)$$

Na equação, P representa a potência total irradiada pela superfície do corpo, e corresponde à emissividade, A é área da superfície do corpo, T é a temperatura absoluta e σ é a constante de Stefan-Boltzmann de valor $5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$. A emissividade é uma grandeza adimensional que, a depender da natureza da superfície do corpo, assume valores entre 0 e 1 e corresponde à capacidade de absorção ou de emissão de radiação pela superfície (Serway; Jewett, 2017). Um corpo negro, por exemplo, representa um modelo com emissividade $e = 1$, pois absorve toda a radiação incidente.

A equação (1.2) também pode ser reescrita para obter-se a intensidade I total da radiação emitida por um corpo. Para tanto, é necessário dividir ambos os lados da equação pela área A , uma vez que $I = \frac{P}{A}$.

Intensidade

$$I = e \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (1.3)$$

Os corpos emitem radiação desde que tenham temperatura acima de 0 kelvin (Ambrizzi *et al.*, 2021). Além de emitir, o corpo também absorve radiação do seu entorno e se essa absorção ocorrer a mesma taxa com que ocorre a emissão, a temperatura do corpo permanece constante e, portanto, ele está em equilíbrio com o seu entorno (Serway; Jewett, 2017).

A partir desse fato pode-se calcular a temperatura de equilíbrio da Terra. Nesse sentido,

inicialmente é preciso calcular as taxas de absorção (T_{abs}) e de emissão (T_{em}) da radiação pela Terra. Para o cálculo da taxa de absorção, conforme Junges *et al.* (2018), é necessário levar em consideração o albedo (representado por α) do planeta, ou seja, a radiação que pode ser refletida, a intensidade solar I e a área A da superfície do planeta em que a radiação incide. Nesse caso, a área A corresponde a um disco circular, ou seja, $A = \pi \cdot R^2$ (Junges *et al.*, 2018). Dessa forma,

Taxa de absorção

$$T_{abs} = I \cdot \pi \cdot R^2 \cdot (1 - \alpha) \quad (1.4)$$

Para calcular a taxa de emissão do planeta (T_{em}), de acordo com Junges *et al.* (2018), deve-se utilizar a equação (1.2), tomando $e = 1$ (tratando o planeta aproximadamente como um corpo negro). Nesse caso, a área A corresponde à área de uma esfera e T_{eq} corresponde a temperatura de equilíbrio. Portanto,

Taxa de emissão

$$T_{em} = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot T_{eq}^4 \quad (1.5)$$

Conforme já apresentado, para o corpo estar em equilíbrio com o seu entorno, as equações (1.4) e (1.5) devem ser equivalentes, ou seja,

$$I \cdot \pi \cdot R^2 \cdot (1 - \alpha) = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot T_{eq}^4 \quad (1.6)$$

Dessa forma, a temperatura de equilíbrio T_{eq} é dada por:

Temperatura de equilíbrio

$$T_{eq} = \sqrt[4]{\frac{I \cdot (1 - \alpha)}{4 \cdot \sigma}} \quad (1.7)$$

A temperatura de equilíbrio da Terra corresponde a $255K$. Para obter esse valor, é preciso substituir, de acordo com Junges *et al.* (2018), $I = 1360 \frac{W}{m^2}$ e $\alpha = 0,3$. A constante σ equivale a $5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K}$. Essa corresponderia à temperatura da Terra sem o efeito estufa. É importante ressaltar que o cálculo da temperatura de equilíbrio apresentado trata-se de um modelo em que a Terra é tratada como um sistema fechado e isolado. Sendo assim, as leis da

Termodinâmica continuam válidas. No entanto, a Terra, na realidade, é um sistema fora do equilíbrio Termodinâmico.

Dessa forma, o objetivo dessa seção foi evidenciar a relação entre a Termodinâmica e a temática não apenas do efeito estufa, mas também do aquecimento global. Nesta seção, ainda foi reiterada a necessidade de apresentar previamente os conteúdos da Termodinâmica para posteriormente se discutir sobre a temática ambiental. Essa sequência deve garantir uma compreensão mais efetiva do efeito estufa e do aquecimento global.

Capítulo 2

Mudanças climáticas e fatores naturais

Neste capítulo, serão discutidas as mudanças climáticas que ocorreram no passado por influência de fatores naturais (tectonismo, vulcanismo, ciclo de Milankovitch, etc.). Além disso, será apresentado um contraponto sobre até que posição as ações humanas contribuem para as mudanças climáticas.

Conceitos envolvidos

- Estados físicos da matéria
- Calor sensível
- Calor latente
- Dilatação Térmica

2.1 Abordagem do tema a partir de problematizações

No decorrer do estudo da Termodinâmica, são apresentados os conceitos de calor sensível e calor latente, assim como estados da matéria. Esses conceitos são importantes para a discussão que será feita na próxima seção.

Problematizações

- De que forma os estados da matéria são importantes para o clima da Terra?
- Qual grandeza física é necessária para a formação de gelo?
- Como o derretimento de gelo pelas mudanças climáticas pode ser prejudicial?

2.2 Os fatores naturais que influenciam o clima da Terra

Inicialmente, é importante definir a que se refere o termo clima. Diferentemente do tempo, o clima é determinado a partir de um período prolongado e corresponde a média das variáveis atmosféricas, tais como pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar (Ambrizzi *et al.*, 2021).

Indicações para a prática docente

Tempo pode ser explicado através do cotidiano dos discentes, uma vez que estes reconhecem que há diferenças entre as condições atmosféricas dos dias. Por exemplo, um dia pode ser ensolarado enquanto outro pode ser chuvoso. Essa diferença a curto prazo corresponde ao tempo (Ambrizzi *et al.*, 2021).

Conforme Oliveira (2024), o clima pode sofrer mudanças devido a fatores naturais, tais como vulcanismo e composição da atmosfera, e a fatores astronômicos (ciclo de Milankovitch, por exemplo). No que se refere aos fatores astronômicos, de acordo com Jatobá e Silva (2025), alterações na órbita da Terra, assim como na inclinação do eixo do planeta podem afetar a quantidade de radiação solar recebida, mas esse acontecimento ocorre numa escala longa (milhares de anos). Esse é o ciclo de Milankovitch.

Nesse sentido, baseando-se na existência desses fatores naturais, uma área conhecida como Paleoclimatologia estuda o passado da Terra, em particular os climas que já existiram (Jatobá; Silva, 2025). As evidências que contribuem para esses estudos são, por exemplo, cilindros de gelo, anéis de árvores e sedimentos marinhos (Sanches; Pereira, 2020). Essas evidências revelaram a existência não apenas de períodos de aquecimento, mas também de resfriamento global (Jatobá; Silva, 2025).

É baseado na diversidade de fatores naturais que influenciam o clima da Terra que existem contrapontos sobre as mudanças climáticas e as suas consequências entre os cientistas (Ro-

cha, 2020). No entanto, os dados científicos divulgados sobre as mudanças climáticas, como, por exemplo, os relatórios divulgados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPPC, sigla em inglês), não apenas avaliam fatores antropogênicos, mas também consideram os fatores naturais nas avaliações climáticas (Jatobá; Silva, 2025).

Sob esse viés, embora tenham ocorrido mudanças no clima através de fatores naturais no passado, as ações humanas, como, por exemplo, a emissão de gases do efeito estufa por meio da queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão natural) e o desmatamento, são um dos fatores que têm acelerado e impulsionado as mudanças do presente (Rocha, 2020). Dentre as consequências das mudanças climáticas, eventos extremos e derretimento de geleiras com consequente elevação do nível do mar são algumas (Oliveira, 2024).

Ademais, as regiões polares do planeta são importantes dentro da perspectiva da reflexão da radiação solar, pois o gelo tem uma capacidade elevada de reflexão (Ambrizzi *et al.*, 2021). Sendo assim, o derretimento das geleiras, eventualmente, pode impactar esse processo também a longo prazo.

2.3 Pré-requisitos necessários para a discussão

Indicações para a prática docente

É preciso que os discentes conheçam, previamente, os conceitos de estados da matéria, calor sensível, calor latente e dilatação térmica. A partir disso é possível relacionar os objetos do conhecimento da disciplina com a temática mudanças climáticas. Da discussão realizada na seção anterior, é possível extrair alguns conceitos da Termodinâmica e discuti-los.

Conforme apresentam Jatobá e Silva (2025), a água desempenha papel importante no efeito estufa e está constantemente mudando de estado físico por meio da condensação e da evaporação. O vapor de água é um dos gases que compõe a atmosfera e contribui para o efeito estufa. Esse fato foi apresentado na seção 1.2.

Além disso, a água no estado sólido, ou seja, o gelo presente nos polos do planeta tem alta capacidade de reflexão da radiação solar conforme foi apresentado na seção anterior. No caso do aquecimento global, isto é, da intensificação do efeito estufa, quanto mais energia ficar retida na atmosfera do planeta, mais gelo será derretido (Silva, 2021). Esse fato, sob a ótica da

Física, está relacionado ao conceito de calor latente L .

Calor latente

$$Q = m \cdot L \quad (2.1)$$

O calor latente é uma grandeza física relacionada à mudança de fase das substâncias, uma vez que a transferência de energia por calor pode resultar em variação de temperatura ou em mudança de fase (Serway; Jewett, 2017). Na equação (2.1), Q representa a quantidade de energia transferida por calor, m corresponde à massa da substância e L é o calor latente da substância. Quando a transferência de energia por calor resulta em variação de temperatura, a grandeza física presente é o calor sensível.

Calor sensível

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

Na equação (2.2), c representa o calor específico da substância e ΔT representa a variação de temperatura.

O calor latente de fusão da água vale $L_F = 3,33 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}$. Dessa forma, para $1kg$ de gelo ser fundido, é preciso fornecer $3,33 \cdot 10^5 J$ de energia. Segundo Jatobá e Silva (2025), no caso do vapor de água que contribui para o efeito estufa, a radiação solar fornece energia para água no estado líquido sofrer a evaporação. O calor latente da água para evaporação é $2,26 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}$. Isso significa que para cada $1kg$ de água líquida, é necessário fornecer $2,26 \cdot 10^6 J$ de energia para fazê-la evaporar.

Dessa forma, uma das consequências das mudanças climáticas e do aquecimento global - o derretimento de geleiras - está relacionada com o calor latente. Sob esse viés, a consequência do derretimento das geleiras é a absorção de mais energia pela superfície (Silva, 2021). Além disso, um processo natural que contribui para o efeito estufa, a evaporação da água, também se relaciona com essa grandeza física.

A retenção de energia no planeta também se relaciona a outro fenômeno físico: a dilatação térmica. Conforme Serway e Jewett (2017), a dilatação é consequência do aumento da separação média entre os átomos que constituem um corpo devido à elevação da temperatura. Por esse motivo, o volume do corpo sólido ou da substância líquida é expandido.

Dilatação volumétrica

$$V = V_0 + \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T \quad (2.3)$$

Na equação (2.3), V representa o volume final após a dilatação, V_0 representa o volume inicial e γ representa o coeficiente de dilatação volumétrica. Na perspectiva do aquecimento global, a retenção de energia na atmosfera do planeta provoca a dilatação do volume dos oceanos, ocorrendo a elevação do nível do mar e representando perigo às populações que vivem em regiões litorâneas (Silva, 2021).

Portanto, o objetivo desta seção foi apresentar a relação dos conceitos de estados físicos da matéria, calor sensível, calor latente e dilatação térmica com os fatos apresentados na seção 2.2.

Capítulo 3

Composição da atmosfera e efeito estufa

Neste capítulo, será apresentada a composição da atmosfera e a relação com o efeito estufa, o que já foi tema dos capítulos anteriores, mas neste serão apresentados mais detalhes. Além disso, será feita uma discussão sobre as leis da Termodinâmica e se é possível relacioná-las com os eventos das mudanças climáticas e do aquecimento global.

Conceitos envolvidos

- Estudo dos gases
- Primeira lei da Termodinâmica
- Segunda lei da Termodinâmica

3.1 Abordagem do tema a partir de problematizações

Após a apresentação dos conceitos citados nos capítulos 1 e 2, a sequência tipicamente seguida no estudo da Termodinâmica é a apresentação do estudo dos gases, bem como a primeira e a segunda leis da Termodinâmica.

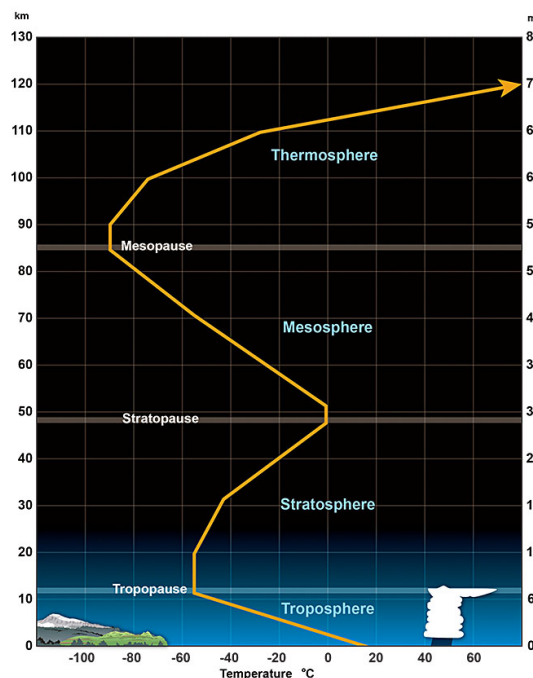
Problematizações

- Os gases ideais são úteis para situações envolvendo gases reais?
- É possível modelar a atmosfera como uma máquina térmica?
- A Revolução Industrial e as máquinas térmicas têm relevância na discussão do aquecimento global?

3.2 Composição da atmosfera e efeito estufa

De acordo com Oliveira (2024), a atmosfera da Terra é comumente dividida nas seguintes camadas: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera, entre elas há camadas de transição conhecidas como tropopausa, estratopausa e mesopausa. A divisão da atmosfera em camadas está representada na figura 3.1. A troposfera não apenas é a camada mais próxima da superfície terrestre, mas também é nela que ocorrem os fenômenos meteorológicos, tais como trovoadas e formação de nuvens (Sanches; Pereira, 2020).

Figura 3.1: Temperatura média das camadas da atmosfera



Fonte: NOAA, 2025.

Na figura 3.1, a termosfera apresenta maior temperatura se comparada com as outras camadas. Em relação à troposfera, à estratosfera e à mesosfera, a termosfera é a camada mais externa e recebe, portanto, radiações de alta frequência e baixo comprimento de onda (chamadas de ondas curtas) como, por exemplo, a radiação ultravioleta (Oliveira, 2024). Esse fato justifica a temperatura elevada da termosfera.

Nesse sentido, as outras camadas da atmosfera estão em altitudes elevadas, por isso há uma variação de temperatura (Oliveira, 2024). Além disso, é na estratosfera que está a camada de ozônio, responsável pela absorção da radiação ultravioleta (Oliveira, 2024). A composição físico-química da atmosfera é majoritariamente nitrogênio (cerca de 78%) seguida do oxigê-

nio (21%), mas em minoria estão gases como argônio (0,9%), dióxido de carbono e metano (Sanches; Pereira, 2020).

A ação da gravidade da Terra mantém esses gases envolta do planeta e a atmosfera é importantíssima para a manutenção da vida (Oliveira, 2024). Ademais, a dinâmica do ar e da água (fluidos) é importante para os climas presentes na Terra, uma vez que, conforme apresentado no capítulo 2, ocorre uma transferência de energia por calor entre as regiões através da circulação do ar e das correntes marítimas (Ambrizzi *et al.*, 2021).

A atmosfera, assim como a superfície terrestre absorve uma fração da radiação solar recebida. Os gases como vapor de água, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso são relevantes para a existência do efeito estufa, pois são eles que contribuem para a retenção de energia no planeta. Dessa forma, a presença desses gases mantém as condições favoráveis à vida. No entanto, é a elevação da concentração desses gases que gera preocupação, pois contribui para a intensificação desse efeito, ou seja, provoca o aquecimento global.

A discussão já apresentada nos capítulos anteriores é sobre a ação humana sobre o aquecimento global. O precedente para o aumento da emissão de gases do efeito estufa foi a Revolução Industrial, sendo assim as atividades de queima de combustíveis fósseis, bem como o desmatamento tornaram-se forçantes climáticos atropicos (Rehbein; Ambrizzi, 2025). Portanto, as ações humanas aceleram as mudanças climáticas.

Em síntese

- A atmosfera é importantíssima para manter as condições necessárias à vida.
- A ação humana é um dos forçantes climáticos.
- Atividades como queima de combustíveis fósseis, desmatamento e atividade agrícola não sustentável contribuem para a emissão de gases do efeito estufa.

3.3 Pré-requisitos necessários para a discussão

A partir da discussão realizada na seção anterior é possível apresentar alguns aspectos físicos presentes nela. O primeiro diz respeito ao estudo dos gases, ou seja, dos gases ideais. Esses gases perfeitos não existem na realidade, pois são modelos (Serway; Jewett, 2017). No entanto, os gases reais discutidos na seção anterior podem ser descritos a partir do modelo do gás ideal desde que estejam a baixas pressões (Serway; Jewett, 2017). Nesse sentido, as

variáveis pressão P , volume V e temperatura T são muito relevantes no estudo dos gases.

Lei dos gases ideais

$$PV = nRT \quad (3.1)$$

Na equação (3.1), n representa o número de mols e $R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$ representa a constante universal dos gases.

A primeira lei da Termodinâmica é a lei de conservação de energia (alguns autores, como Jewett e Serway, tratam a primeira lei como um caso particular da lei de conservação de energia).

Primeira lei da Termodinâmica

$$\Delta U = Q - W \quad (3.2)$$

Na equação (3.2), ΔU representa a variação de energia interna, Q é a quantidade de energia transferida por calor e W representa o trabalho, o qual também é um processo de transferência de energia. De acordo com Sanches e Pereira (2020), a radiação solar que é absorvida pela superfície terrestre pode ser convertida em energia interna U , embora também possa ser utilizada pelo ambiente, mas, nesse caso, na forma de energia cinética ou potencial. Esse fato revela a característica fundamental da energia: ela só pode ser convertida de uma forma a outra, mas não pode ser criada ou destruída.

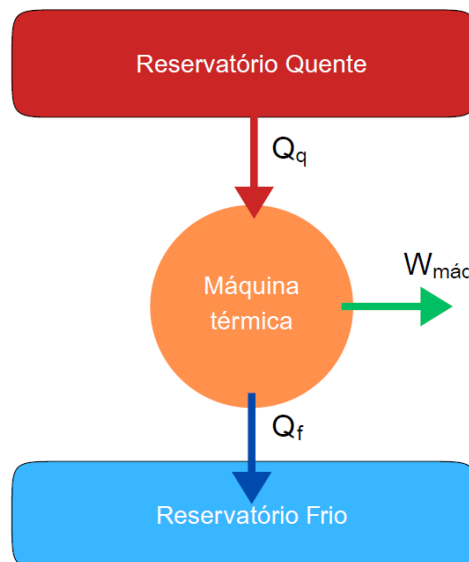
Um exemplo de como a radiação solar recebida pode ser convertida pelo ambiente em energia interna é o calor latente, o qual, por exemplo, é responsável por fazer a água sofrer evaporação (Jatobá; Silva, 2025). No entanto, existe uma ressalva para a primeira lei da Termodinâmica. A apresentação que é feita da primeira lei da Termodinâmica nos livros é válida para sistemas fechados, ou seja, para sistemas em que não há transferência de matéria, mas apenas transferência de energia por calor ou por trabalho (Jewett; Serway, 2017).

Ademais, um fato relevante apresentado na seção 3.2 é a Revolução Industrial enquanto marco para o aumento das emissões de gases do efeito estufa. A Revolução Industrial se relaciona com as máquinas térmicas, as quais, por sua vez, se relacionam com a segunda lei da Termodinâmica.

Uma máquina térmica é um dispositivo que opera entre um reservatório quente e um reservatório frio, realizando trabalho a partir da energia recebida do reservatório quente, no

entanto não é possível converter toda a energia recebida em trabalho (Jewett; Serway, 2017). Em outras palavras, a máquina térmica não tem rendimento de 100%.

Figura 3.2: Representação de uma Máquina Térmica



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Jewett e Serway (2017).

Rendimento de uma máquina térmica

$$R = \frac{W}{|Q_q|} \rightarrow R = 1 - \frac{|Q_f|}{|Q_q|} \quad (3.3)$$

Conforme Serway e Jewett (2017), é possível modelar a atmosfera da Terra como uma máquina térmica em que transferência de energia por radiação representa a entrada de energia. A dinâmica da circulação de ar e água poderia ser considerada uma forma de trabalho causado pela energia recebida, mas se trata apenas de um modelo. Na realidade, a dinâmica Sol-Terra é mais complexa e o modelo é uma apenas uma forma de simplificação. Sob essa ótica, as máquinas térmicas podem ser utilizadas como tema gerador da discussão do aquecimento global.

Indicações para a prática docente

É possível utilizar as leis da Termodinâmica como tema gerador para as discussões sobre aquecimento global e mudanças climáticas. No entanto, é preciso tomar cuidado quanto aos limites da teoria, pois a Termodinâmica apresentada no Ensino Médio é válida para sistemas fechados e em equilíbrio. Por esse motivo, é mais seguro utilizar essa área da Física como tema motivador às discussões.

Capítulo 4

Termodinâmica e mudanças climáticas

Neste capítulo, será apresentada uma sequência didática (SD) que relaciona os objetos do conhecimento da Termodinâmica com a temática das mudanças climáticas.

Orientações

Para promover as discussões e as atividades que relacionam os conceitos da Termodinâmica com o assunto mudanças climáticas, o professor deve apresentar os conceitos físicos previamente aos discentes para posteriormente associar a Termodinâmica com as mudanças climáticas ou utilizar os conceitos da Termodinâmica como temas motivadores às discussões.

4.1 Estrutura da sequência didática

Estruturação da Sequência Didática

A SD foi estruturada com o intuito de relacionar os conceitos da Termodinâmica com a temática das mudanças climáticas por meio da análise de dados reais fornecidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), da utilização de experimentos simples e de discussões sobre as implicações sociais das mudanças climáticas.

A SD foi elaborada considerando que os conceitos básicos da Termodinâmica já foram explicados aos discentes e foi planejada para aulas de 50 minutos. Além disso, ela é constituída por aulas expositivas-dialogadas, além de quatro atividades que envolvem experimentos simples, análise de dados do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e análise de textos de divulgação científica.

Quadro 1 - Organização da sequência didática

Recorte temático	Assuntos envolvidos	Número de aulas
Recorte temático 1	Temperatura, calor, escalas termométricas e processos de transferência de calor	2 encontros
Recorte temático 2	Definição de calor e processos de transferência de calor	3 encontros
Recorte temático 3	Termometria e processos de transferência de calor	2 encontros
Recorte temático 4	Estados físicos da matéria, calor sensível, calor latente e dilatação volumétrica	2 encontros
Recorte temático 5	Calorimetria	2 encontros
Recorte temático 6	Gases ideais e leis da Termodinâmica	3 encontros
Recorte temático 7	Gases ideais e leis da Termodinâmica	2 encontros

Fonte: Autor, 2025.

Recorte temático 1 - Dialogando com o efeito estufa

Nesse recorte temático, o professor irá estabelecer a conexão entre os assuntos temperatura, calor, escalas termométricas e processos de transferência de calor com o efeito estufa. Para tanto, é recomendado utilizar as problematizações apresentadas no capítulo 1.

Orientações para a prática docente

Professor, utilize as informações apresentadas no capítulo 1 como referências.

Habilidade

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

Objetivos

- Reconhecer a utilização dos conceitos de temperatura e calor, assim como das escalas termométricas e dos processos de transferência de calor na explicação do efeito estufa sofrido pela Terra.
- Demonstrar como o efeito estufa se relaciona com o aquecimento global.

Procedimentos Metodológicos

- A partir de uma abordagem expositiva-dialogada o professor irá relacionar os assuntos de temperatura, calor, escalas termométricas e processos de transferência de calor com o efeito estufa. Para tanto, o professor deve promover uma discussão inicial apresentando as seguintes problematizações para os discentes:
 - 1) Qual a temperatura média da Terra?
 - 2) Como o Sol atua como uma fonte de calor para a Terra?
 - 3) Como o efeito estufa se relaciona com as questões anteriores?
- Além disso, o professor pode solicitar que os discentes indiquem uma palavra relacionada ao efeito estufa. Dessa forma, é possível construir uma nuvem de palavras no quadro branco com as respostas dos discentes.
- Após a discussão inicial, o professor deve apresentar os processos naturais e astronômicos que provocam o efeito estufa, revelando que o calor e os processos de transferência de energia são responsáveis pelo balanço energético da Terra. Em seguida, utilizando as escalas termométricas, pode-se apresentar a temperatura média da Terra com e sem o efeito estufa, comparando seus valores em diferentes escalas (Celsius, Fahrenheit e Kelvin). Além disso, é possível enfatizar que o aquecimento global é resultado da intensificação do efeito estufa.
- Ao final da exposição dialogada dos assuntos, o professor pode retomar as problematizações iniciais com o objetivo de fazer os discentes compararem suas respostas iniciais com a nova compreensão do assunto.

Recursos necessários

Quadro branco, pincéis, apagador, *notebook* e projetor.

Recorte temático 2 - Um experimento sobre efeito estufa

Nesse recorte temático, os discentes irão realizar uma prática experimental sobre o efeito estufa. Além de compreender a importância do efeito estufa para a vida na Terra, os discentes irão discutir sobre as eventuais consequências da intensificação desse fenômeno. As aulas serão divididas em dois momentos. No primeiro, será realizada uma atividade experimental sobre o efeito estufa. No segundo momento, ocorrerá a discussão dos resultados, relacionando-os com a temática do aquecimento global e com a definição e os processos de transferência de calor.

Indicações para a prática docente

Para a realização da atividade experimental, o professor pode ressaltar os erros de medidas inerentes e a importância dos resultados experimentais apresentarem as incertezas nas medições.

Atividade

Demonstrar o efeito estufa por meio de um experimento simples, relacionando-o com o aquecimento global e a composição da atmosfera.

Habilidade

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Objetivos

- Compreender como a composição da atmosfera (aumento da concentração de gases do efeito estufa) contribui para a retenção de calor na Terra.
- Relacionar o experimento com os conceitos básicos da Termodinâmica envolvidos no processo de efeito estufa.

Materiais necessários

- Caixa de papelão
- Papel alumínio
- Plástico filme
- Dois copos idênticos de vidro
- Tesoura
- Fita adesiva
- Termômetro

Montagem do experimento

Para a realização do experimento, é preciso, inicialmente, cobrir a superfície interna da caixa de papelão com papel alumínio.

Procedimentos Metodológicos

- Etapa I: Deve-se colocar água nos copos de vidro e medir, com o termômetro, a temperatura ambiente da água em ambos os copos.
- Etapa II: Um dos copos será colocado dentro da caixa de papelão coberta internamente com papel alumínio. Em seguida, deve-se tampar a caixa com plástico filme.
- Etapa III: Em um local com incidência solar, deve-se colocar a caixa com o copo no interior e o copo fora da caixa.
- Etapa IV: Com o termômetro, será preciso medir a temperatura do local em que os copos foram colocados.
- Etapa V: Após 25 minutos, deve-se retirar os copos do local da etapa III e medir as suas respectivas temperaturas.
- As medidas realizadas nas etapas I, IV e V devem ser registradas no caderno para posterior discussão dos resultados.

Discussão dos resultados

- A água atingiu maior temperatura em qual dos copos (o contido na caixa de papelão coberta internamente com papel alumínio, ou o fora da caixa)?
- A que se deve o fato da água contida em um dos copos ter sofrido maior elevação de temperatura?
- Qual a relação desse experimento com o efeito estufa do planeta Terra?
- Quais os conceitos básicos da Termodinâmica envolvidos nesse experimento e, por conseguinte, no efeito estufa da Terra?
- O que ocorrerá se a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera aumentar?

Recorte temático 3 - Efeito Estufa e Aquecimento Global

Nesse recorte temático, os discentes irão analisar o aumento da temperatura da superfície terrestre por meio de dados do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC). As aulas envolverão a habilidade de análise de gráficos, sendo divididas em dois momentos: análise do gráfico e, posteriormente, socialização e discussão das análises.

Atividade

Analisar o aumento da temperatura da superfície global por meio de dados do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, com as iniciais em inglês).

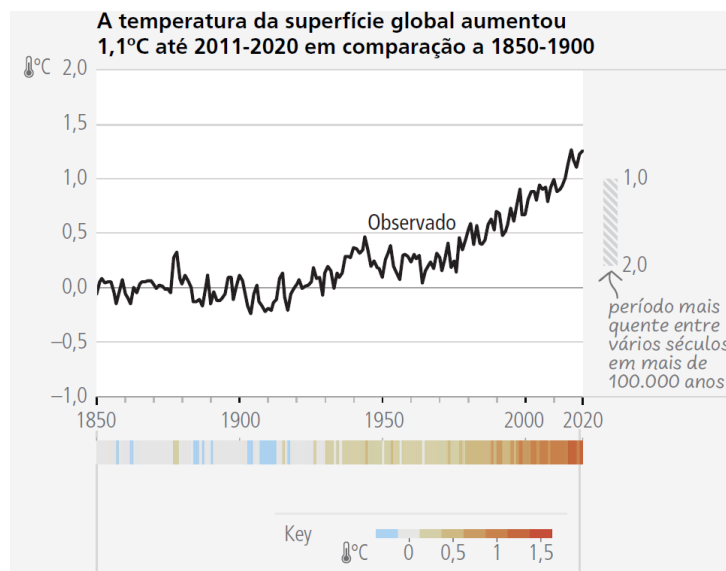
Habilidade

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

Objetivos

- Relacionar os conhecimentos sobre efeito estufa e aquecimento global com os dados do IPCC sobre o aumento da temperatura da superfície global.
- Discutir o papel da Física, em particular da Termodinâmica, diante do aquecimento global.

Figura 4.1: Aumento da temperatura da superfície global



Fonte: AR6, IPCC 2023.

Procedimentos Metodológicos

- O último relatório completo do IPCC foi publicado em 2023. Nesse documento, são apresentadas diferentes informações sobre a mudança do clima. Dentre elas, estão dados sobre o aumento da temperatura da superfície global. Esses dados foram sintetizados no gráfico da figura 4.1. Nessa atividade, o professor deve apresentar o gráfico aos discentes. Em seguida, ressaltar que os dados no gráfico são evidências científicas do aumento da temperatura da superfície global.
- Posteriormente, os discentes deverão analisar o gráfico e responder às perguntas:
 - 1) Na última década, houve aumento significativo da temperatura da superfície global? Em caso afirmativo, quais fatores contribuíram para essa elevação?
 - 2) Em que intervalo de tempo ocorreu, desde o início dos registros da temperatura da superfície global, a menor elevação da temperatura global?
 - 3) Como esses dados servem de alerta para a humanidade diante da situação atual?
- Após a etapa anterior, o professor pode debater as respostas dos discentes sobre a análise do gráfico e promover discussões acerca do efeito estufa e do aquecimento global, analisando as concepções dos discentes acerca dessas temáticas.

Recursos necessários à atividade

Notebook, Projetor multimídia e gráfico da figura 4.1.

Recorte temático 4 - Consequências das mudanças climáticas

Nesse recorte temático, o professor irá estabelecer a correlação entre os assuntos estados físicos da matéria, calor sensível, calor latente e dilatação volumétrica com as mudanças climáticas. As problematizações apresentadas na seção 2.1 podem subsidiar as discussões iniciais.

Orientações para a prática docente

Professor, utilize as informações apresentadas na capítulo 2 como referências.

Habilidade

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

Objetivos

- Analisar a partir dos estados físicos da matéria, assim como dos conceitos de calor sensível, calor latente e dilatação volumétrica as mudanças climáticas e suas consequências.
- Investigar a diferença entre aquecimento global e mudanças climáticas.

Recursos necessários

Quadro branco, pincéis, apagador, *notebook* e projetor.

Procedimentos Metodológicos

- Utilizando uma abordagem expositiva-dialogada, o professor pode estabelecer a conexão entre os assuntos estados físicos da matéria, calor sensível, calor latente e dilatação volumétrica com as mudanças climáticas. Para tanto, é importante promover uma discussão inicial com os discentes a partir das seguintes problematizações:
 - 1) De que forma os estados da matéria são importantes para o clima da Terra?
 - 2) Qual grandeza física é necessária para a formação de gelo?
 - 3) Como o derretimento de gelo pelas mudanças climáticas pode ser prejudicial?
- Ademais, com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios dos discentes sobre mudanças climáticas, o professor pode solicitar que cada aluno indique uma palavra que se relaciona com as mudanças climáticas. Assim, pode-se elaborar uma nuvem de palavras no quadro branco a partir das respostas dos discentes.
- Depois da discussão inicial, o professor pode apresentar como os estados físicos da matéria e o calor latente são importantes para o clima da Terra. Durante a exposição dialogada desse assunto, o professor deve abordar a diferença entre aquecimento global e mudanças climáticas. Posteriormente, é possível discutir de que maneira o calor sensível e a dilatação volumétrica se relacionam com algumas consequências das mudanças climáticas, tais como derretimento de geleiras e aumento do nível do mar.
- Posteriormente à apresentação dos assuntos, o professor pode retomar as problematizações iniciais. Dessa forma, os discentes poderão comparar as suas respostas iniciais com a nova perspectiva sobre as mudanças climáticas e suas consequências sob a ótica da Física.

Recorte temático 5 - Mudanças climáticas e fatores naturais

Atividade

Nesse recorte temático, os discentes irão ler e analisar o texto de divulgação científica "O que precisamos aprender com o planeta Vênus?". A partir do texto referência os discentes irão discutir sobre os fatores naturais que provocam mudanças climáticas.

Habilidade

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Objetivo

- Compreender como o planeta Vênus pode fornecer informações relevantes sobre o efeito estufa da Terra.

Procedimentos Metodológicos

- O texto aborda os estudos sobre o efeito estufa do planeta Vênus. A partir desses trabalhos a autora revela as lições que foram extraídas e que podem servir como modelo para o planeta Terra. O professor pode promover uma discussão com a turma a partir do texto referência. Inicialmente, os discentes devem ler o texto e responder às perguntas:
 - 1) Segundo os estudos apresentados no texto, qual fator determinante provoca a intensificação do efeito estufa no planeta Vênus?
 - 2) Quais lições foram extraídas desses estudos e servem de modelo para o planeta Terra?
 - 3) A intensificação do efeito estufa na Terra provocaria quais tipos de consequências a longo prazo?
 - 4) Quais desafios políticos e sociais impedem ações efetivas de mitigação das mudanças climáticas?
- Após essa etapa, o professor pode discutir sobre os fatores naturais que influenciam o clima da Terra (vulcanismo, composição da atmosfera e fatores astronômicos) e comparar essas concepções com o texto referência. Essa comparação é relevante, uma vez que o senso crítico e os diferentes pontos de vista são imprescindíveis na ciência.

Recursos necessários à atividade

Texto referência "O que precisamos aprender com o planeta Vênus? Mudanças Climáticas: o desafio da nossa sociedade" disponível em: <https://www.ufrgs.br/gespla>.

Recorte temático 6 - Forçantes climáticas

Nesse recorte temático, o professor irá estabelecer a conexão entre estudo dos gases e as leis da Termodinâmica com a temática das mudanças climáticas e aquecimento global. Para subsidiar as discussões iniciais, o professor pode utilizar as problematizações apresentadas na seção 3.1.

Orientações para a prática docente

Professor, utilize as informações apresentadas no capítulo 3 como referências.

Habilidade

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

Objetivos

- Discutir como o estudo dos gases, a primeira e a segunda leis da Termodinâmica podem se relacionar com a temática mudanças climáticas e aquecimento global.
- Investigar como a Revolução Industrial e a segunda lei da Termodinâmica se relacionam, refletindo sobre a influência desse acontecimento histórico para o aquecimento global.

Recursos necessários

Quadro branco, pincéis, apagador, *notebook* e projetor.

Procedimentos Metodológicos

- Por meio de uma abordagem expositiva-dialogada, o professor pode estabelecer a conexão entre os assuntos gases ideais, primeira e segunda leis da Termodinâmica com as mudanças climáticas e o aquecimento global. Recomenda-se que o professor promova uma discussão inicial a partir das seguintes problematizações:
 - 1) Os gases ideais são úteis para situações envolvendo gases reais?
 - 2) É possível modelar a atmosfera como uma máquina térmica?
 - 3) A Revolução Industrial e as máquinas térmicas têm relevância na discussão do aquecimento global?
- O professor pode, ainda, solicitar que cada discente indique uma palavra relacionada às ações que devem ser tomadas no combate das mudanças climáticas. A partir das respostas dos discentes será possível elaborar uma nuvem de palavras no quadro branco.
- Transcorrida a discussão inicial, o professor pode apresentar a importância dos gases na discussão do efeito estufa e do aquecimento global, enfatizando que a partir de uma condição específica (a baixas pressões) é possível tratar um gás real como ideal. Posteriormente, é possível apresentar como a primeira lei da Termodinâmica se relaciona com o balanço energético da Terra. Em seguida, é importante relacionar o desenvolvimento das máquinas térmicas com a segunda lei da Termodinâmica, apresentando a influência da Revolução Industrial para as mudanças climáticas e o aquecimento global.
- Após a exposição dialogada dos conteúdos, o professor deve retomar as problematizações iniciais. O objetivo é permitir que os discentes comparem suas respostas iniciais com a nova compreensão acerca da temática.

Recorte temático 7 - Composição da Atmosfera e efeito estufa

Nesse recorte temático, será discutido sobre a influência da composição da atmosfera no efeito estufa. Para tanto, será realizada uma atividade que visa relacionar a Revolução Industrial e, por conseguinte, as máquinas a vapor com o aumento das concentrações de Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Para tanto, será analisado um gráfico do IPCC sobre o aumento de

GEE.

Atividade

Analisar o aumento das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) por meio de dados do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC).

Habilidade

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

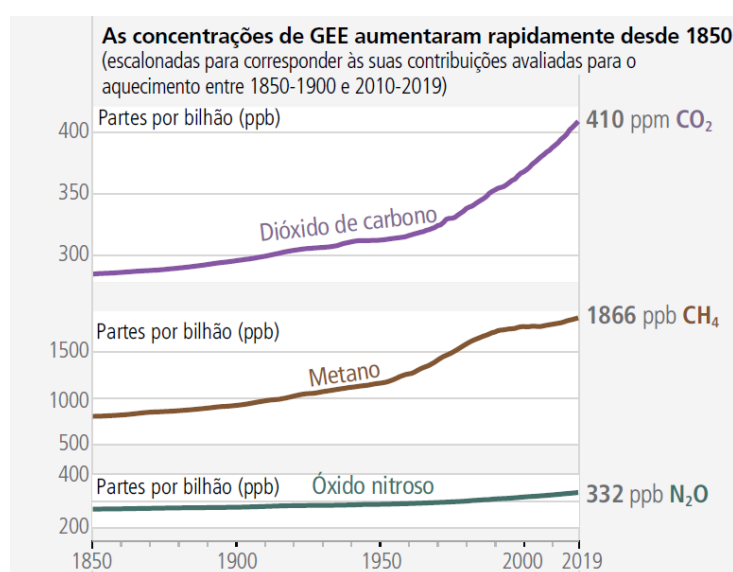
Objetivos

- Relacionar os dados do IPCC sobre o aumento das concentrações de GEE com a discussão sobre composição da atmosfera e efeito estufa.
- Discutir a relação da Revolução Industrial com o aumento das concentrações de GEE.

Recursos necessários à atividade

Notebook, projetor multimídia e gráfico da figura 4.2.

Figura 4.2: Aumento das concentrações de GEE



Fonte: AR6, IPCC 2023.

Procedimentos Metodológicos

- O gráfico na figura 4.2 apresenta dados sobre o aumento da concentração de GEE desde 1850. O professor irá apresentar o gráfico aos discentes, ressaltando que a variação na composição da atmosfera terrestre é um dos fatores que contribuem para a intensificação do efeito estufa. Posteriormente, os discentes deverão analisar o gráfico e responder às questões:
 - 1) O gráfico evidencia o aumento das concentrações de GEE desde 1850. Na sua opinião, quais fatores e acontecimentos históricos corroboraram para esse aumento?
 - 2) Na atual conjuntura, quais atividades humanas contribuem para a emissão de GEE? De que maneira, é possível mitigar essas emissões?
- Após essa etapa, o professor pode discutir as respostas dos discentes e promover um debate com a turma sobre a Revolução Industrial e o aumento das emissões de GEE. Conforme Rehbein e Ambrizzi (2025), a Revolução Industrial, iniciada por volta da segunda metade do século XVIII, é considerada um marco para o início do aumento das emissões de GEE.

A Termodinâmica e a Revolução Industrial

Durante a discussão sobre a Revolução Industrial e o aumento das emissões de GEE, as máquinas térmicas serão incluídas, uma vez que elas tiveram papel fundamental nesse processo. O princípio de funcionamento dessas máquinas foi apresentado na seção 3.3. Dessa forma, o professor deve enfatizar, durante a discussão, a relação entre a Revolução Industrial e as máquinas térmicas. Por sua vez, as máquinas térmicas possuem ligação com a segunda lei da Termodinâmica.

Referências bibliográficas

AMBRIZZI, T. *et al.* **Mudanças climáticas e a sociedade**. São Paulo: IAG, 2021. *E-book*. ISBN 978-65-88233-03-0. Disponível em: www.climaesociedade.iag.usp.br. Acesso em 16 jun. 2025.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Disponível em: Relatório Síntese. Acesso em: 20 de set. 2025.

JATOBÁ, L. SILVA, A. F. Subsídios à discussão sobre o tema mudanças climáticas. **Ciência Geográfica**, [S. l.], v. 29, n. 1, 2025. DOI: 10.18817/26755122.29.1.2025.4165. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br>. Acesso em: 19 jul. 2025.

JEWETT, J. W.; SERWAY, R. A. **Física para cientistas e engenheiros**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

JUNGES, A. L. *et al.* Efeito estufa e aquecimento global : uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 5, 2018. Disponível em: fisica.ufmt.br. Acesso em: 02 de ago. 2025.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. Disponível em: NOAA. Acesso em: 02 ago. 2025.

OLIVEIRA, G. Q. **Mudanças climáticas e seus efeitos no solo**: uma cartilha para a educação básica. Orientadora: Érica Silva Pontes. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Climatologia) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/> . Acesso em: 3 de maio de 2025.

ROCHA, V. T. **Educação em mudanças climáticas**: um estudo de caso em passo fundo, RS. Orientadora: Luciana Londero Brandli. 2020. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br>. Acesso em: 3 de maio de 2025.

REHBEIN, A.; AMBRIZZI, T. Mudanças climáticas atuais. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 6, n. 1, p. 6–10, 2025. DOI: 10.47456/Cad.Astro.v6n1.47590. Disponível em: mudanças climáticas atuais. Acesso em: 02 ago. 2025.

SANCHES, R. G; PEREIRA, D. N. G. Climatologia: Contribuições à Dinâmica Climática. In: VECCHIA, F. A. S; TECH, A. R. B; NEVES, G. Z. F. (org.). **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações**. São Carlos, SP: RiMa Editora, 2020. ISBN: 978-65-990488-1-4. Disponível em: livro digital climatologia dinâmica. Acesso em: 19 de maio de 2025.

SILVA, T. A. V. **FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO**. Orientador: Marcelo Freitas de Andrade. 2021. Dissertação (Mestrado profissional) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br>. Acesso em: 31 de jul. 2025.